



Análisis comparativo del diseño y construcción de una vivienda de planta regular y otra de planta irregular. Con su cálculo, su diseño y el presupuesto respectivo, considerando como: a.- un sistema aporticado, b.- muros portantes de hormigón armado y c.- muros portantes livianos de acero (steel framing).

Daquilema Guaraca, Marco Vinicio; Guamán Ortuño Ebelyn Pamela; Narvárez Chilibingua, Erick Bryan; Oñate Rojas, Fernando Xavier; Tanicuchi Puentestar, Steven Marcelo y Vargas Corrales, Danny Santiago

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Pro Zambrano Raúl Ernesto

07 de marzo del 2022



Firma:

.....

Ing. Pro Zambrano Raúl Ernesto

CC: 1704743317



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de integración curricular, “**Análisis comparativo del diseño y construcción de una vivienda de planta regular y otra de planta irregular. Con su cálculo, su diseño y el presupuesto respectivo, considerando como: a.- un sistema aporticado, b.- muros portantes de hormigón armado y c.- muros portantes livianos de acero (steel framing).**” fue realizado por los señores **Daquilema Guaraca, Marco Vinicio; Guamán Ortuño Ebelyn Pamela; Narvárez Chiliquina, Erick Bryan; Oñate Rojas, Fernando Xavier; Tanicuchi Puentestar, Steven Marcelo y Vargas Corrales, Danny Santiago**, el cual ha sido revisado y analizado en tu totalidad por la herramienta de verificación de similitud y contenido por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 07 de marzo del 2022.

Firma:

.....
Ing. Pro Zambrano Raúl Ernesto

CC: 1704743317



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, Daquilema Guaraca, Marco Vinicio; Guamán Ortuño Ebelyn Pamela; Narváez Chilibuquina, Erick Bryan; Oñate Rojas, Fernando Xavier; Tanicuchi Puentestar, Steven Marcelo y Vargas Corrales, Danny Santiago, con cédulas de ciudadanía No. 1500951304, No. 1751510965, No. 1723767248, No. 1723354559, No. 0401595954, No. 0504307638, respectivamente, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: "Análisis comparativo del diseño y construcción de una vivienda de planta regular y otra de planta irregular. Con su cálculo, su diseño y el presupuesto respectivo, considerando como: a.- un sistema aporticado, b.- muros portantes de hormigón armado y c.- muros portantes livianos de acero (steel framing).", es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Daquilema Guaraca, Marco Vinicio
 CC: 1500951304

Guamán Ortuño Ebelyn Pamela
 CC: 1751510965

Narváez Chilibuquina, Erick Bryan
 CC: 1723767248

Sangolquí, 07 de marzo del 2022.

Oñate Rojas, Fernando Xavier
 CC: 1723354559

Tanicuchi Puentestar, Steven Marcelo
 CC: 0401595954

Vargas Corrales, Danny Santiago
 CC: 0504307638



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, Daquilema Guaraca, Marco Vinicio; Guamán Ortuño Ebelyn Pamela; Narváez Chiliquinga, Erick Bryan; Oñate Rojas, Fernando Xavier; Tanicuchi Puentestar, Steven Marcelo y Vargas Corrales, Danny Santiago, con cédulas de ciudadanía No. 1500951304, No. 1751510965, No. 1723767248, No. 1723354559, No. 0401595954, No. 0504307638, respectivamente, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Análisis comparativo del diseño y construcción de una vivienda de planta regular y otra de planta irregular. Con su cálculo, su diseño y el presupuesto respectivo, considerando como: a.- un sistema aporticado, b.- muros portantes de hormigón armado y c.- muros portantes livianos de acero (steel framing)." en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Daquilema Guaraca, Marco Vinicio
 CC: 1500951304

Guamán Ortuño Ebelyn Pamela
 CC: 1751510965

Narváez Chiliquinga, Erick Bryan
 CC: 1723767248

Sangolquí, 07 de marzo del 2022.

Oñate Rojas, Fernando Xavier
 CC:1723354559

Tanicuchi Puentestar, Steven Marcelo
 CC:0401595954

Vargas Corrales, Danny Santiago
 CC: 0504307638

DEDICATORIA

A Dios quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto.

A mi familia que me dieron su amor y su apoyo cuando más lo necesité, en especial a mi madre que con su bendición me alentaba a no rendirme jamás, aun cuando tropezaba, ya que nunca dudo de mí.

A mis amigos que formaron parte de mi vida universitaria, por el apoyo que me brindaron en días difíciles, para jamás rendirme, porque gracias a ellos siempre llevare anécdotas de superación en la vida.

Daquilema Guaraca Marco Vinicio

A Dios, por sus bendiciones que me han permitido culminar esta etapa académica, a mis padres Vicenta Ortuño y Juan Guamán por su apoyo incondicional, mis hermanos Liz, Erick y Edwin por su constante motivación y compañía, a mis abuelos: Luz y Lorenzo que con su amor nunca permitieron rendirme, mis tíos que fueron un apoyo en los momentos difíciles y finalmente a mis amigos más incondicionales que siempre estuvieron presente en toda la carrera.

Guamán Ortuño Ebelyn Pamela

Este trabajo de investigación está dedicado a Dios por darme la fortaleza para continuar, a mis padres quien con su ejemplo y esfuerzo me han apoyado cada día, a toda mi por haberme han apoyado cada día para poder culminar mi carrera con éxito, también a mis amigos más cercanos quienes con el pasar del tiempo siguen a mi lado.

Narvárez Chilingua Erick Bryan

Dedico de manera especial mi proyecto de titulación a mi madre Manuela Rojas, pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida, sentó en mi la base de responsabilidad y deseos de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero

reflejar pues sus virtudes infinitas, su gran corazón y perseverancia al nunca rendirse contra las adversidades me llevan a admirarla cada día más.

A Fernando Pinto, Jhonatan Cepeda, Karol Paredes, Santiago Vargas, Ebelyn Guamán, Vanessa Moya, Ricardo Vela, amigos que durante el transcurso de la vida han sido mis pilares en las cuales me he apoyado; testigos de mis aciertos, deslices y dudas en el camino recorrido motivándome a descubrir y explotar mis capacidades; estoy inmensamente agradecido por ser parte de su vida.

Y sin dejar atrás a toda mi familia por confiar en mí, por ser mi cubierta en las cuales resguardarme, gracias por permitirme ser parte de su orgullo.

Oñate Rojas Fernando Xavier

Quiero expresar mi gratitud a Dios y dedicarle este trabajo, es quien ha sido la guía en este camino, mi fortaleza y sobre todo porque siempre ha confiado en mí.

A mi madre, Cumanda Puentestar, quién es el pilar fundamental en mi vida, que con su amor, apoyo y esfuerzo me ayudó a cumplir uno de los sueños que teníamos juntos, gracias por ser ese gran ejemplo de perseverancia y dedicación.

A mi segunda madre, Mónica Puentestar, quien supo creer en mi desde mis pequeños pasos y que junto con mi madre han sabido sacarme adelante, gracias por ser ese otro gran ejemplo que faltaba en mi vida y sobre todo por no dejarme solo.

A mi abuelita, Laura Palma, que es un gran ejemplo de vida para mí, que siempre me apoyo incondicionalmente y en especial que tuvo gran esperanza en mí. Quiero que sepa que esto lo hicimos juntos y que se sienta orgullosa de mí.

A todos mis primos en especial a Santiago y Cristian, que son como los hermanos que nunca tuve, pero que a pesar de eso me acogieron como uno, fueron un pilar fundamental en este sueño, gracias por todo lo que han hecho y por ser un ejemplo a seguir.

A mis dos angelitos que están en el cielo Jefferson Puentestar y Polibio Tanicuchi, quienes siempre tuvieron fe en mí, de que lo iba a lograr y que a pesar de que ya no les pueda tener a en mí lado, quiero que sepan que lo logramos y que esto va por ustedes.

Finalmente quiero dedicar a todos mis seres queridos y amigos que forman parte de este gran sueño que he venido formando, por siempre extenderme su mano en los momentos que más necesite y por el amor que cada uno me supo brindar.

A mis amigos: Kevin por ser un gran ejemplo para mí, Grace por ayudarme y apoyarme en lo que necesité, Sani por estar siempre presente, Body Holger que supo guiarme y apoyarme, Paul, Juan Diego, Marco, Alejandra, Bryan, Panita y otros amigos, que hicieron que la carrera universitaria este llena de aventuras y anécdotas que siempre estarán presentes a lo largo de mi vida.

Tanicuchi Puentestar Steven Marcelo

A mis padres Ramiro Vargas y Rosa Corrales, gracias a ustedes, a sus enseñanzas, cariño, motivación y paciencia, durante toda mi vida me han enseñado a ser la persona que soy hoy en día. A mis hermanos Marcela y Christian por su constante apoyo que me motivo para seguir adelante.

A mis amigos, Karol P., Xavi O., Marco D., Fernando P., Vanessa M., Jordan N., Anabel V. y Brayán G., gracias por estar ahí hombro con hombro en cada momento que hemos vivido, y por compartir este largo camino junto a mí.

A Karol Paredes, gracias por tu cariño, tu alegría, tu apoyo, tu motivación, me has ayudado siempre a salir adelante y a esforzarme cada día más, a tu lado cada momento es inmejorable.

Vargas Corrales Danny Santiago

AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares que fueron un apoyo incondicional y creyeron en nosotros, por su amor y motivación para dar nuestro mayor esfuerzo diario,

A la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", por acogernos, cultivando valores y conocimientos durante esta trascendental etapa de preparación profesional.

A nuestros docentes, con gratitud por sus largos años de devoción y compromiso, con admiración por su visión y con humildad ante su capacidad científica y académica.

A nuestros compañeros y amigos, que estuvieron presentes en este proceso, por su motivación y que me supieron acompañar a lo largo de toda la carrera, con buenos consejos y con su apoyo incondicional.

De manera especial, queremos agradecer por la confianza y apoyo al Ing. Raúl Ernesto Pro, que, gracias a sus valiosos conocimientos, experiencias laborales y sobre todo sus indiscutibles valores éticos, nos ha guiado en la elaboración y culminación de este trabajo de integración curricular.

Daquilema Guaraca Marco Vinicio

Guamán Ortuño Ebelyn Pamela

Narváez Chiliquina Erick Bryan

Oñate Rojas Fernando Xavier

Tanicuchi Puentestar Steven Marcelo

Vargas Corrales Danny Santiago

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| Certificación..... | 3 |
| Responsabilidad de Autoría..... | 4 |
| Autorización de Publicación..... | 5 |
| Dedicatoria | 6 |
| Agradecimientos..... | 9 |
| Tabla de Contenido | 10 |
| Índice de Tablas | 15 |
| Índice de Figuras..... | 23 |
| Resumen..... | 31 |
| Abstract | 32 |
| Capítulo I Generalidades | 33 |
| Introducción | 33 |
| Antecedentes..... | 34 |
| Justificación e Importancia..... | 36 |
| Objetivos Generales y Específicos..... | 38 |
| Objetivo General..... | 38 |
| Objetivos Específicos..... | 38 |
| Capítulo II Marco Teórico | 39 |
| Sistemas Estructurales | 39 |
| Sistema Aporticado con viga banda..... | 39 |

| | |
|--|-----|
| | 11 |
| Muros portantes de hormigón armado | 41 |
| Muros portantes alivianados de acero, Steel Framing..... | 46 |
| Capítulo III Descripción de las Estructuras | 69 |
| Estructura Regular | 69 |
| Estructura Irregular | 71 |
| Capítulo IV Predimensionamiento y Análisis de Cargas | 73 |
| Sistema Aporticado con vigas banda | 73 |
| Predimensionamiento de Losa..... | 73 |
| Predimensionamiento de Vigas..... | 74 |
| Predimensionamiento de Columnas | 92 |
| Sistema de muros portantes de hormigón armado..... | 98 |
| Predimensionamiento de Losa..... | 98 |
| Distribución de Muros de las Estructuras | 102 |
| Predimensionamiento de Muros..... | 104 |
| Predimensionamiento de Dalas | 110 |
| Muros portantes livianos de acero, Steel framing..... | 119 |
| Predimensionamiento de Viguetas..... | 120 |
| Carga Sísmica | 152 |
| Coeficiente de Cortante basal..... | 152 |
| Capítulo V Modelamiento de las Estructuras | 155 |
| Sistema Aporticado..... | 155 |

| | |
|---|-----|
| | 12 |
| Ingreso de Materiales | 155 |
| Ingreso de Elementos de las Estructuras | 155 |
| Asignación de Cargas Verticales | 157 |
| Coeficiente Basal..... | 160 |
| Ingreso de Combinaciones de Carga | 160 |
| Ingreso de Espectro de Diseño | 162 |
| Efecto P- Delta..... | 162 |
| Derivas | 163 |
| Modelo de la Estructura | 167 |
| Muros portantes de hormigón armado | 168 |
| Ingreso de Elementos de las Estructuras | 168 |
| Asignación de Cargas Verticales | 170 |
| Coeficiente Basal..... | 172 |
| Ingreso de Combinaciones de Carga | 172 |
| Ingreso de Espectro de diseño | 174 |
| Derivas | 175 |
| Modelo de la Estructura | 179 |
| Muros portantes livianos de acero con Steel Framing | 180 |
| Ingreso de Materiales | 180 |
| Ingreso de Elementos de Estructura | 181 |
| Asignación de Cargas Verticales | 185 |

| | |
|---|-----|
| | 13 |
| Coeficiente Basal..... | 188 |
| Ingreso de Combinaciones de Carga..... | 188 |
| Ingreso de Espectro de diseño..... | 189 |
| Derivas..... | 190 |
| Modelo de la Estructura..... | 193 |
| Capítulo VI Diseño Estructural..... | 194 |
| Sistema Aporticado..... | 194 |
| Diseño de Losa Bidireccional Alivianada..... | 194 |
| Diseño de Vigas..... | 209 |
| Diseño de Columna..... | 245 |
| Diseño de Cimentación..... | 269 |
| Diseño de Gradadas..... | 281 |
| Sistema de muros portantes de hormigón armado..... | 291 |
| Diseño de Muros Portantes de Hormigón..... | 291 |
| Diseño de la Cimentación..... | 309 |
| Diseño de la Losa Bidireccional Alivianada..... | 330 |
| Diseño de Dalas..... | 353 |
| Diseño de Gradadas..... | 370 |
| Sistema Muros portantes livianos de acero, Steel framing..... | 377 |
| Diseño de Vigueta..... | 378 |
| Diseño de Montante..... | 394 |

| | |
|---|-----|
| Diseño sismo resistente, Rigidización de la estructura..... | 406 |
| Diseño de la Cimentación | 407 |
| Diseño de Gradasc..... | 428 |
| Capítulo VII Presupuesto Referencial de Cada Sistema..... | 431 |
| Sistema Aporticado..... | 431 |
| Sistema de muros portantes de hormigón armado..... | 435 |
| Sistema de Steel framing | 438 |
| Comparativa de Presupuestos | 441 |
| Capítulo VIII Conclusiones y Recomendaciones | 443 |
| Conclusiones | 443 |
| Recomendaciones | 444 |
| Bibliografía | 446 |
| Anexos | 447 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. <i>Parámetros de la estructura a diseñar.....</i> | 69 |
| Tabla 2. <i>Resumen cargas sistema aporricado para estructura regular e irregular.....</i> | 73 |
| Tabla 3. <i>Ecuaciones para transformación de Cargas.....</i> | 74 |
| Tabla 4. <i>Transformación de cargas, vigas de entrepiso sentido X.....</i> | 76 |
| Tabla 5. <i>Transformación de cargas, vigas de cubierta sentido X.....</i> | 77 |
| Tabla 6. <i>Pre dimensionamiento, vigas de entrepiso sentido X.....</i> | 79 |
| Tabla 7. <i>Transformación de cargas, vigas de entrepiso sentido Y.....</i> | 80 |
| Tabla 8. <i>Transformación de cargas, vigas de entrepiso sentido Y.....</i> | 82 |
| Tabla 9. <i>Pre dimensionamiento vigas de entrepiso, estructura regular sentido Y.....</i> | 83 |
| Tabla 10. <i>Transformación de cargas, vigas de entrepiso sentido X.....</i> | 86 |
| Tabla 11. <i>Transformación de cargas, vigas de cubierta sentido X.....</i> | 87 |
| Tabla 12. <i>Predimensionamiento de vigas, sentido X.....</i> | 88 |
| Tabla 13. <i>Transformación de cargas, vigas de entrepiso sentido Y.....</i> | 89 |
| Tabla 14. <i>Transformación de cargas, vigas de cubierta sentido Y.....</i> | 90 |
| Tabla 15. <i>Pre dimensionamiento, vigas sentido Y.....</i> | 91 |
| Tabla 16. <i>Pre dimensionamiento de columnas estructura regular primer piso.....</i> | 93 |
| Tabla 17. <i>Pre dimensionamiento de columnas estructura regular segundo piso.....</i> | 95 |
| Tabla 18. <i>Pre dimensionamiento de columnas estructura irregular.....</i> | 97 |
| Tabla 19. <i>Definir tipo de losa.....</i> | 99 |
| Tabla 20. <i>Análisis de tipo de losa.....</i> | 99 |
| Tabla 21. <i>Alturas equivalente de losas.....</i> | 100 |
| Tabla 22. <i>Análisis de Cargas.....</i> | 101 |
| Tabla 23. <i>Área en planta típica.....</i> | 105 |
| Tabla 24. <i>Área de muros portantes primera planta regular.....</i> | 105 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 25. <i>Área de muros portantes segunda planta regular</i> | 106 |
| Tabla 26. <i>Área de muros portantes primera planta</i> | 107 |
| Tabla 27. <i>Área de muros portantes segunda planta</i> | 108 |
| Tabla 28. <i>Valores de R_u para diferentes propiedades de los materiales</i> | 111 |
| Tabla 29. <i>Cargas Equivalente y Altura de dalas N.+2,65 m</i> | 112 |
| Tabla 30. <i>Equivalentes y Altura de dalas N.+5,30</i> | 114 |
| Tabla 31. <i>Cargas Equivalentes y altura de dalas N.+2,65 m</i> | 116 |
| Tabla 32. <i>Cargas Equivalentes y Altura de dalas N.+5,30 m</i> | 117 |
| Tabla 33. <i>Cargas actuantes</i> | 119 |
| Tabla 34. <i>Determinación de perfil viguetas en entrepiso</i> | 122 |
| Tabla 35. <i>Determinación de perfil en viguetas de la cubierta</i> | 127 |
| Tabla 36. <i>Verificación de la deflexión en viguetas de cubierta</i> | 133 |
| Tabla 37. <i>Determinación de perfil de entrepiso</i> | 140 |
| Tabla 38. <i>Verificación de la deflexión en viguetas de entrepiso</i> | 143 |
| Tabla 39. <i>Determinación de perfil en cubierta</i> | 146 |
| Tabla 40. <i>Verificación de la deflexión en viguetas de cubierta</i> | 149 |
| Tabla 41. <i>Coeficientes para el cálculo del cortante basal</i> | 152 |
| Tabla 42. <i>Cálculo del coeficiente cortante basal estructura regular</i> | 153 |
| Tabla 43. <i>Cálculo del coeficiente cortante basal estructura irregular</i> | 153 |
| Tabla 44. <i>Cargas en losa de entrepiso</i> | 157 |
| Tabla 45. <i>Límites de deriva inelástica establecidos</i> | 164 |
| Tabla 46. <i>Cargas verticales modelación ETABS</i> | 170 |
| Tabla 47. <i>Asignación de cargas verticales</i> | 185 |
| Tabla 48. <i>Derivas máximas según la estructura</i> | 191 |
| Tabla 49. <i>Deriva de piso para sismo en X estructura regular</i> | 191 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 50. <i>Deriva de piso para sismo en Y estructura regular</i> | 192 |
| Tabla 51. <i>Deriva de piso para sismo en X estructura irregular</i> | 192 |
| Tabla 52. <i>Deriva de piso para sismo en Y estructura irregular</i> | 192 |
| Tabla 53. <i>Factores de distribución de carga en cada uno de los sentidos, estructura regular</i> | 195 |
| Tabla 54. <i>Resumen del armado del nervio en sentido X, estructura regular</i> | 197 |
| Tabla 55. <i>Resumen del chequeo a corte, estructura regular</i> | 200 |
| Tabla 56. <i>Factores de distribución y carga distribuida en cada uno de los sentidos</i> ... | 203 |
| Tabla 57. <i>Momentos y armadura, sentido X</i> | 205 |
| Tabla 58. <i>Momentos y armadura, sentido Y</i> | 206 |
| Tabla 59. <i>Control de cortante estructura Irregular</i> | 207 |
| Tabla 60. <i>Armado longitudinal primer piso sentido y, estructura regular</i> | 214 |
| Tabla 61. <i>Armado longitudinal segundo piso sentido x, estructura regular</i> | 216 |
| Tabla 62. <i>Armado longitudinal segundo piso sentido y, estructura regular</i> | 220 |
| Tabla 63. <i>Armado longitudinal segundo piso sentido x, estructura regular</i> | 222 |
| Tabla 64. <i>Dimensiones de vigas entrepiso sentido X</i> | 227 |
| Tabla 65. <i>Dimensiones de vigas cubierta, sentido X</i> | 227 |
| Tabla 66. <i>Dimensiones de vigas entrepiso, sentido Y</i> | 228 |
| Tabla 67. <i>Dimensiones de vigas cubierta, sentido Y</i> | 229 |
| Tabla 68. <i>Tabla resumen de Momentos, As</i> | 232 |
| Tabla 69. <i>Armadura de vigas, entrepiso sentido X</i> | 236 |
| Tabla 70. <i>Armadura de vigas, entrepiso sentido Y</i> | 238 |
| Tabla 71. <i>Armadura de vigas, cubierta sentido X</i> | 240 |
| Tabla 72. <i>Armadura de vigas, cubierta sentido Y</i> | 242 |
| Tabla 73. <i>Armadura de vigas, entrepiso</i> | 245 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 74. Armadura de vigas, cubierta..... | 245 |
| Tabla 75. Resumen de armado en columnas estructura regular. | 250 |
| Tabla 76. Resumen de armado en columnas estructura irregular | 258 |
| Tabla 77. Resumen de cargas, momentos, rigideces y geometría de plintos en estructura regular | 270 |
| Tabla 78. Resumen de cargas, momentos, rigideces y geometría de plintos en estructura irregular. | 276 |
| Tabla 79. Chequeo de presiones brutas del suelo y cálculo de presiones últimas en estructura regular | 277 |
| Tabla 80. Chequeo de punzonamiento estructura irregular..... | 278 |
| Tabla 81. Chequeo de cortante en estructura irregular | 279 |
| Tabla 82. Diseño a flexión en estructura irregular | 280 |
| Tabla 83 Cargas que actúan en la losa de escalera..... | 283 |
| Tabla 84. Revisión por Punzonamiento y Corte de losa de descanso | 285 |
| Tabla 85. Cuadro de cargas que actúan en la losa de escalera | 287 |
| Tabla 86. Revisión por punzonamiento y corte en losa de descanso | 290 |
| Tabla 87. Verificación de elementos de borde estructura regular..... | 291 |
| Tabla 88. Verificación de elementos de borde estructura irregular | 293 |
| Tabla 89. Valores obtenidos de V_u diseño para estructura regular | 295 |
| Tabla 90. Valores obtenidos de V_u diseño para estructura irregular | 296 |
| Tabla 91. Valores para el coeficiente α_c | 299 |
| Tabla 92. Comprobación $V_c - V_{c_{max}}$ para estructura regular..... | 299 |
| Tabla 93. Comprobación $V_c - V_{c_{max}}$ para estructura irregular..... | 301 |
| Tabla 94. Comprobación $V_n - V_{n_{max}}$ para estructura regular | 303 |
| Tabla 95. Comprobación $V_n - V_{n_{max}}$ para estructura irregular | 305 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 96. Armado longitudinal para estructura regular | 306 |
| Tabla 97. Armado longitudinal para estructura irregular | 308 |
| Tabla 98. Reacciones por ejes estructura regular | 311 |
| Tabla 99. Reacciones por ejes estructura irregular | 312 |
| Tabla 100. Área de fundación y base adoptada estructura regular..... | 313 |
| Tabla 101. Área de fundación y base adoptada estructura irregular..... | 313 |
| Tabla 102. Altura del cuerpo de la viga estructura regular..... | 317 |
| Tabla 103. Altura del cuerpo de la viga estructura regular..... | 318 |
| Tabla 104. Datos de la cimentación estructura regular..... | 320 |
| Tabla 105. Datos de la cimentación estructura irregular..... | 320 |
| Tabla 106. Valores máximos de esfuerzo, momento y cortante para la estructura regular | 322 |
| Tabla 107. Valores máximos de esfuerzo, momento y cortante para la estructura irregular..... | 323 |
| Tabla 108. Armadura Transversal cimentación estructura regular..... | 324 |
| Tabla 109. Armadura Transversal cimentación estructura irregular..... | 325 |
| Tabla 110. Armadura Longitudinal del cuerpo de la viga estructura regular | 326 |
| Tabla 111. Armadura Longitudinal del cuerpo de la viga estructura regular | 326 |
| Tabla 112. Armadura por cortante cimentación estructura regular | 327 |
| Tabla 113. Armadura por cortante cimentación estructura irregular | 328 |
| Tabla 114. Armadura del ala estructura regular | 328 |
| Tabla 115. Armadura del ala estructura irregular | 329 |
| Tabla 116. Armadura de la viga estructura regular..... | 329 |
| Tabla 117. Armadura de la viga estructura irregular..... | 329 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 118. Coeficientes de diseño para losa de entrepiso Nivel +2,65 Estructura Regular..... | 335 |
| Tabla 119. Coeficientes de diseño para losa de entrepiso Nivel +2,65 Estructura Irregular..... | 336 |
| Tabla 120. Momentos de diseño para losa de entrepiso nivel +2,65 estructura regular | 337 |
| Tabla 121. Momentos de diseño para losa de entrepiso nivel +2,65 estructura irregular | 338 |
| Tabla 122. Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura regular . | 339 |
| Tabla 123. Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura irregular | 340 |
| Tabla 124. Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura regular . | 341 |
| Tabla 125. Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura irregular | 342 |
| Tabla 126. Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura regular . | 343 |
| Tabla 127. Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura irregular | 343 |
| Tabla 128. Coeficientes de diseño losa de cubierta estructura regular..... | 345 |
| Tabla 129. Coeficientes de diseño losa de cubierta estructura irregular..... | 346 |
| Tabla 130. Momentos de diseño para losa de cubierta Nivel +5,30 estructura regular | 347 |
| Tabla 131. Momentos de diseño para losa de cubierta Nivel +5,30 estructura irregular | 347 |
| Tabla 132. Armadura de nervios de losa de cubierta Nivel +5,30 estructura regular ... | 349 |
| Tabla 133. Armadura de nervios de losa de cubierta Nivel +5,30 estructura irregular . | 349 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 134. Armadura de nervios de losa de cubierta piso Nivel +5,30 estructura regular | 350 |
| Tabla 135. Armadura de nervios de losa de cubierta piso Nivel +5,30 estructura irregular | 351 |
| Tabla 136. Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel + 5,30 estructura regular | 352 |
| Tabla 137. Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel + 5,30 estructura irregular | 352 |
| Tabla 138. Armadura de refuerzo para dalas nivel N+2,65 estructura regular | 356 |
| Tabla 139. Armadura de refuerzo para dalas nivel N+5,30 estructura regular | 357 |
| Tabla 140. Armadura transversal para dalas nivel N+2,65 estructura regular | 359 |
| Tabla 141. Armadura transversal para dalas nivel N+5,30 estructura regular | 361 |
| Tabla 142. Armadura de refuerzo para dalas nivel N+2,65 estructura irregular | 364 |
| Tabla 143. Armadura de refuerzo para dalas nivel N+5,30 estructura irregular | 365 |
| Tabla 144. Armadura transversal para dalas nivel N+2,65 estructura irregular | 367 |
| Tabla 145. Armadura transversal para dalas nivel N+5,30 estructura irregular | 368 |
| Tabla 146. Cuadro de cargas que actúa en la losa de Escalera | 371 |
| Tabla 147. Cargas que actúan en losa de escalera | 375 |
| Tabla 148. Datos del perfil G para viguetas | 378 |
| Tabla 149. Esquema de las fuerzas actuantes en el rigidizador | 379 |
| Tabla 150. Condiciones de refuerzo de labio | 381 |
| Tabla 151. Características geométricas aplicando el método lineal | 387 |
| Tabla 152. Momento actuando en la viga | 389 |
| Tabla 153. Datos para la ecuación | 391 |
| Tabla 154. Carga actuante en la viga | 393 |
| Tabla 155. Datos del perfil PGC para montantes | 394 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 156. <i>Condiciones de refuerzo de labio</i> | 399 |
| Tabla 157. <i>Cargas actuantes en montantes</i> | 406 |
| Tabla 158. <i>Reacciones por ejes estructura regular</i> | 409 |
| Tabla 159. <i>Reacciones por ejes estructura irregular</i> | 410 |
| Tabla 160. <i>Área de fundación y base adoptada estructura regular</i> | 411 |
| Tabla 161. <i>Área de fundación y base adoptada estructura irregular</i> | 411 |
| Tabla 162. <i>Altura de cuerpo de la viga estructura regular</i> | 415 |
| Tabla 163. <i>Altura del cuerpo de la viga estructura irregular</i> | 416 |
| Tabla 164. <i>Datos de la cimentación estructura regular</i> | 417 |
| Tabla 165. <i>Datos de la cimentación estructura irregular</i> | 417 |
| Tabla 166. <i>Valores máximos de esfuerzo, momento y cortante para la estructura regular</i> | 420 |
| Tabla 167. <i>Valores máximos de esfuerzo, momento y cortante para la estructura irregular</i> | 421 |
| Tabla 168. <i>Armadura Transversal cimentación estructura regular</i> | 422 |
| Tabla 169. <i>Armadura Transversal cimentación estructura irregular</i> | 423 |
| Tabla 170. <i>Armadura Longitudinal del cuerpo de la viga estructura regular</i> | 424 |
| Tabla 171. <i>Armadura Longitudinal del cuerpo de la viga estructura regular</i> | 425 |
| Tabla 172. <i>Armadura por cortante cimentación estructura regular</i> | 425 |
| Tabla 173. <i>Armadura por cortante cimentación estructura irregular</i> | 426 |
| Tabla 174. <i>Armadura del ala estructura regular</i> | 426 |
| Tabla 175. <i>Armadura del ala estructura irregular</i> | 427 |
| Tabla 176. <i>Armadura de la viga estructura regular</i> | 427 |
| Tabla 177. <i>Armadura de la viga estructura irregular</i> | 428 |
| Tabla 178. <i>Presupuesto de la estructura regular con sistema aporticado</i> | 431 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 179. Presupuesto de la estructura irregular con sistema aporticado..... | 433 |
| Tabla 180. Presupuesto de la estructura regular con muros portantes de hormigón armado..... | 435 |
| Tabla 181. <i>Presupuesto de la estructura irregular con muros portantes de hormigón armado.....</i> | 436 |
| Tabla 182. <i>Presupuesto de la estructura regular con muros livianos de acero Steel Framing.....</i> | 438 |
| Tabla 183. <i>Presupuesto de la estructura irregular con muros livianos de acero Steel Framing.....</i> | 440 |
| Tabla 184. <i>Comparación de presupuesto de los diferentes sistemas analizados.....</i> | 441 |
| Tabla 185. <i>Comparativa de presupuestos con otros sistemas constructivos.....</i> | 442 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. <i>Losa alivianada con viga embebida o banda</i> | 39 |
| Figura 2. <i>Sistema Aporticado con viga banda.....</i> | 40 |
| Figura 3. <i>Muros portantes de hormigón armado</i> | 41 |
| Figura 4. <i>Vivienda dos niveles, techo de cabriadas</i> | 47 |
| Figura 5. <i>Modelos de perfiles.....</i> | 49 |
| Figura 6. <i>Detalle de acoplamiento de montante y solera.....</i> | 49 |
| Figura 7. <i>Identificación de perfiles conformados en frío y sus aplicaciones.....</i> | 50 |
| Figura 8. <i>Muestra el detalle del esquema de anclaje de un panel estructural a una platea</i> | 51 |
| Figura 9. <i>Fundación tipo zapata continua</i> | 52 |
| Figura 10. <i>Efectos de la carga del viento en la estructura: a) Traslación y b) Volcamiento.....</i> | 53 |

| | |
|---|----|
| Figura 11. <i>Esquema de varilla roscada tipo "J"</i> | 54 |
| Figura 12. <i>Tipos de tornillos</i> | 55 |
| Figura 13. <i>Transmisión de la carga vertical a la fundación</i> | 56 |
| Figura 14. <i>Panel típico en Light Steel Framing</i> | 57 |
| Figura 15. <i>"In line framing"</i> | 57 |
| Figura 16. <i>Tipos de dinteles</i> | 58 |
| Figura 17. <i>Diseño esquemático de un panel estructural con ventana</i> | 59 |
| Figura 18. <i>Fijación de las diagonales en los paneles con cartela (Placa Gusset)</i> | 60 |
| Figura 19. <i>Arriostramiento en "k"</i> | 60 |
| Figura 20. <i>Esquema de fijación de placas estructurales con tornillos</i> | 61 |
| Figura 21. <i>Unión de 2 montantes por el alma: a) planta, b) perspectiva</i> | 62 |
| Figura 22. <i>Unión de 3 montantes: a) planta, b) perspectiva</i> | 63 |
| Figura 23. <i>Unión de 2 paneles formando una "T": a) planta, b) perspectiva</i> | 63 |
| Figura 24. <i>Encuentro de 3 paneles: a) planta, b) perspectiva</i> | 64 |
| Figura 25. <i>Estructura de entrepiso en Steel Framing</i> | 65 |
| Figura 26. <i>Aberturas en los perfiles para el paso de cañerías</i> | 65 |
| Figura 27. <i>Diseño esquemático de losa húmeda</i> | 66 |
| Figura 28. <i>Diseño esquemático de un entrepiso seco</i> | 67 |
| Figura 29. <i>Viga inclinada</i> | 67 |
| Figura 30. <i>Panel inclinado</i> | 68 |
| Figura 31. <i>Panel escalonado</i> | 68 |
| Figura 32. <i>Distribución arquitectónica en planta baja regular</i> | 69 |
| Figura 33. <i>Distribución arquitectónica en planta alta regular</i> | 70 |
| Figura 34. <i>Fachada Estructura Regular</i> | 70 |
| Figura 35. <i>Distribución arquitectónica planta baja irregular</i> | 71 |

| | |
|--|-----|
| Figura 36. <i>Distribución arquitectónica de planta alta irregular</i> | 71 |
| Figura 37. <i>Fachadas de estructura irregular</i> | 72 |
| Figura 38. <i>Distribución de vigas en planta baja regular</i> | 75 |
| Figura 39. <i>Distribución de vigas en planta alta regular</i> | 75 |
| Figura 40. <i>Distribución de vigas en planta baja irregular</i> | 85 |
| Figura 41. <i>Distribución de vigas en planta alta irregular</i> | 85 |
| Figura 42. <i>Distribución de columnas en planta regular</i> | 93 |
| Figura 43. <i>Distribución de columnas en planta irregular</i> | 97 |
| Figura 44. <i>Detalle de muros estructura regular N.+ 2,65 m</i> | 102 |
| Figura 45. <i>Detalle de muros estructura regular N.+ 5,30 m</i> | 103 |
| Figura 46. <i>Detalle de muros estructura irregular N.+ 2,65 m</i> | 103 |
| Figura 47. <i>Detalle de muros estructura irregular N.+ 5,30 m</i> | 104 |
| Figura 48. <i>Distribución de muros, dalas y mosaico de cargas N.+ 2,65 m</i> | 111 |
| Figura 49. <i>Distribución de muros, dalas y mosaico de cargas N.+ 5,30 m</i> | 113 |
| Figura 50. <i>Distribución de muros, dalas y mosaico de cargas N. + 2,65 m</i> | 115 |
| Figura 51. <i>Distribución de muros, dalas y mosaico de cargas N.+ 5,30 m</i> | 117 |
| Figura 52. <i>Distribución de vanos de planta N.+2,65 m</i> | 121 |
| Figura 53. <i>Distribución de vanos de planta N.+5,30 m</i> | 127 |
| Figura 54. <i>Determinación de perfil de entrepiso</i> | 140 |
| Figura 55. <i>Determinación de perfil de cubierta</i> | 146 |
| Figura 56. <i>Ingreso de propiedades de materiales</i> | 155 |
| Figura 57. <i>Ingreso de columnas de 30x30</i> | 156 |
| Figura 58. <i>Ingreso de viga de 40x25</i> | 156 |
| Figura 59. <i>Ingreso de losa de 25 cm</i> | 157 |
| Figura 60. <i>Asignación de cargas en losa de entrepiso para estructura regular</i> | 158 |

| | |
|---|-----|
| Figura 61. <i>Asignación de cargas en losa de cubierta para estructura regular</i> | 158 |
| Figura 62. <i>Asignación de cargas en losa de entrepiso y cubierta para estructura irregular</i> | 159 |
| Figura 63. <i>Asignación de cargas en losa de cubierta para estructura irregular</i> | 159 |
| Figura 64. <i>Ingreso de parámetros de para combinaciones de carga</i> | 160 |
| Figura 65. <i>Combinaciones de carga</i> | 161 |
| Figura 66. <i>Ingreso de Espectro de Diseño</i> | 162 |
| Figura 67. <i>Ingreso de combinaciones de carga última para efecto P-Delta</i> | 163 |
| Figura 68. <i>La deriva máxima en sentido X</i> | 164 |
| Figura 69. <i>La deriva máxima en sentido Y</i> | 165 |
| Figura 70. <i>La deriva máxima en sentido X</i> | 166 |
| Figura 71. <i>La deriva máxima en sentido Y</i> | 166 |
| Figura 72. <i>Modelo matemático de estructura regular</i> | 167 |
| Figura 73. <i>Modelo matemático de estructura irregular</i> | 167 |
| Figura 74. <i>Muro de hormigón de 15 cm de espesor para estructura regular e irregular</i> | 168 |
| Figura 75. <i>Ingreso de vigas de 15X20 para estructura regular e irregular</i> | 169 |
| Figura 76. <i>Losa alivianada bidireccional de 20 cm de espesor</i> | 169 |
| Figura 77. <i>Asignación de cargas en losa de cubierta para estructura regular</i> | 170 |
| Figura 78. <i>Asignación de cargas en losa de cubierta para estructura irregular</i> | 171 |
| Figura 79. <i>Asignación de cargas en losa de entrepiso para estructura regular</i> | 171 |
| Figura 80. <i>Asignación de cargas en losa de entrepiso para estructura irregular</i> | 172 |
| Figura 81. <i>Cargas actuantes para estructuras regular e irregular</i> | 173 |
| Figura 82. <i>Combinaciones de cargas para estructura regular e irregular</i> | 174 |
| Figura 83. <i>Ingreso del espectro de diseño para estructura regular e irregular</i> | 175 |

| | |
|--|-----|
| Figura 84. <i>Deriva de piso en sentido X</i> | 176 |
| Figura 85. <i>Deriva de piso en sentido Y</i> | 176 |
| Figura 86. <i>Deriva de piso en sentido X</i> | 177 |
| Figura 87. <i>Deriva de piso en sentido Y</i> | 178 |
| Figura 88. <i>Modelo de estructura regular</i> | 179 |
| Figura 89. <i>Modelo de estructura irregular</i> | 179 |
| Figura 90. <i>Propiedades del acero</i> | 180 |
| Figura 91. <i>Ingreso del perfil de vigueta para estructura regular e irregular</i> | 181 |
| Figura 92. <i>Ingreso del perfil de alféizar para estructura regular e irregular</i> | 181 |
| Figura 93. <i>Ingreso del perfil de viga solera para estructura regular e irregular</i> | 182 |
| Figura 94. <i>Ingreso del perfil de viga dintel para estructura regular e irregular</i> | 182 |
| Figura 95. <i>Encuentro Doble</i> | 183 |
| Figura 96. <i>Encuentro Triple</i> | 183 |
| Figura 97. <i>Encuentro Viga Simple</i> | 184 |
| Figura 98. <i>Encuentro Doble</i> | 184 |
| Figura 99. <i>Ingreso de flejes metálicos para estructura regular e irregular</i> | 185 |
| Figura 100. <i>Asignación de cargas para entepiso estructura regular</i> | 186 |
| Figura 101. <i>Asignación de carga para cubierta estructura regular</i> | 186 |
| Figura 102. <i>Asignación de cargas para entepiso estructura irregular</i> | 187 |
| Figura 103. <i>Asignación de carga para cubierta estructura irregular</i> | 187 |
| Figura 104. <i>Cargas actuantes para estructuras regular e irregular</i> | 188 |
| Figura 105. <i>Combinaciones de carga para la estructura regular e irregular</i> | 189 |
| Figura 106. <i>Ingreso del espectro de diseño de las estructuras</i> | 190 |
| Figura 107. <i>Modelo de estructura regular</i> | 193 |
| Figura 108. <i>Modelo estructura irregular</i> | 193 |

| | |
|---|-----|
| Figura 109. <i>Distribución de los nervios en ambos sentidos estructura regular</i> | 195 |
| Figura 110. <i>Distribución de los nervios en ambos sentidos estructura Irregular</i> | 203 |
| Figura 111. <i>Distribución de vigas estructura Regular</i> | 210 |
| Figura 112. <i>Momentos positivos y negativos</i> | 211 |
| Figura 113. <i>Momentos positivos y negativos</i> | 211 |
| Figura 114. <i>Armadura de viga</i> | 213 |
| Figura 115. <i>Armadura de diseño de viga</i> | 213 |
| Figura 116. <i>Aceros ETABS estructura regular primer piso</i> | 219 |
| Figura 117. <i>Aceros ETABS estructura regular segundo piso</i> | 225 |
| Figura 118. <i>Disposición de vigas de entrepiso</i> | 230 |
| Figura 119. <i>Disposición de vigas de cubierta</i> | 230 |
| Figura 120. <i>Momentos últimos obtenidos de Etabs</i> | 231 |
| Figura 121. <i>Momentos máximos últimos obtenidos de Etabs</i> | 231 |
| Figura 122. <i>Área de refuerzo longitudinal</i> | 232 |
| Figura 123. <i>Armado final de viga</i> | 234 |
| Figura 124. <i>Chequeo de Cuantía</i> | 250 |
| Figura 125. <i>Chequeo de columna fuerte viga débil</i> | 252 |
| Figura 126. <i>Diagrama carga-momento, estructura regular</i> | 254 |
| Figura 127. <i>Chequeo de cuantía, ejes A y B, estructura irregular</i> | 259 |
| Figura 128. <i>Chequeo de cuantía, ejes C y D, estructura irregular</i> | 260 |
| Figura 129. <i>Chequeo de cuantía, ejes 1 y 2, estructura irregular</i> | 261 |
| Figura 130. <i>Chequeo de cuantía, ejes 3 y 4, estructura irregular</i> | 261 |
| Figura 131. <i>Chequeo de cuantía, ejes 5,6,7,8 estructura irregular</i> | 262 |
| Figura 132. <i>Chequeo de cuantía, eje 9 estructura irregular</i> | 263 |
| Figura 133. <i>Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes A,B estructura irregular</i> | 263 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Figura 134. | <i>Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes C,D estructura irregular.....</i> | 264 |
| Figura 135. | <i>Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes 1,2 estructura irregular.....</i> | 265 |
| Figura 136. | <i>Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes 3,4 estructura irregular.....</i> | 266 |
| Figura 137. | <i>Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes 5,6,7 estructura irregular....</i> | 267 |
| Figura 138. | <i>Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes 8,9 estructura irregular.....</i> | 268 |
| Figura 139. | <i>Diagrama carga-momento, estructura irregular.....</i> | 268 |
| Figura 140. | <i>Numeración de cimientos estructura regular.....</i> | 270 |
| Figura 141. | <i>Vista en planta y elevación de grada de estructura regular.....</i> | 282 |
| Figura 142. | <i>Vista en planta y elevación de gradas de estructura irregular.....</i> | 287 |
| Figura 143. | <i>Reacciones en la base estructura regular.....</i> | 310 |
| Figura 144. | <i>Reacciones en la base Estructura Irregular.....</i> | 311 |
| Figura 145. | <i>Viga de Cimentación.....</i> | 315 |
| Figura 146. | <i>Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura regular.....</i> | 321 |
| Figura 147. | <i>Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura regular.....</i> | 321 |
| Figura 148. | <i>Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura irregular.....</i> | 322 |
| Figura 149. | <i>Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura irregular.....</i> | 323 |
| Figura 150. | <i>Modelos estructurales para diseño de losa por flexión.....</i> | 331 |
| Figura 151. | <i>Modelo de fisuración.....</i> | 332 |
| Figura 152. | <i>Vista en planta de losa entrepiso estructura regular.....</i> | 333 |
| Figura 153. | <i>Vista en planta de losa entrepiso estructura irregular.....</i> | 334 |
| Figura 154. | <i>Coeficientes para el diseño de losa.....</i> | 335 |
| Figura 155. | <i>Vista en planta de losa de cubierta estructura regular.....</i> | 344 |
| Figura 156. | <i>Vista en planta de losa de cubierta estructura irregular.....</i> | 345 |
| Figura 157. | <i>Acero requerido en dalas de entrepiso.....</i> | 355 |
| Figura 158. | <i>Acero requerido en dalas de cubierta.....</i> | 355 |

| | |
|---|-----|
| Figura 159. <i>Acero requerido en dalas de entrepiso.....</i> | 363 |
| Figura 160. <i>Acero requerido en dalas de cubierta.....</i> | 363 |
| Figura 161. <i>Vista en planta y elevación de grada de estructura regular.....</i> | 371 |
| Figura 162. <i>Vista en planta y elevación de grada de estructura regular.....</i> | 375 |
| Figura 163. <i>Esquema representativo de las variables establecidas en la condición....</i> | 381 |
| Figura 164. <i>Esquema del ancho efectivo del perfil.....</i> | 383 |
| Figura 165. <i>Esquema de las fuerzas actuantes en el alma.....</i> | 385 |
| Figura 166. <i>Factores de longitud efectiva.....</i> | 395 |
| Figura 167. <i>Esquema representativo de las variables establecidas en la condición....</i> | 400 |
| Figura 168. <i>Esquema del ancho efectivo del perfil.....</i> | 402 |
| Figura 169. <i>Diseño de agujeros en montantes.....</i> | 404 |
| Figura 170. <i>La importancia de las cruces de San Andrés y la placa de OSB en los paneles de steel framing.....</i> | 406 |
| Figura 171. <i>Reacciones en la base estructura regular.....</i> | 408 |
| Figura 172. <i>Reacciones por ejes estructura irregular.....</i> | 409 |
| Figura 173. <i>Viga de Cimentación.....</i> | 412 |
| Figura 174. <i>Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura regular.....</i> | 418 |
| Figura 175. <i>Resultados de Fuerzas y Momentos VigCim estructura regular.....</i> | 419 |
| Figura 176. <i>Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura irregular.....</i> | 421 |
| Figura 177. <i>Vista en planta de grada de estructura regular.....</i> | 429 |
| Figura 178. <i>Vista en planta de grada de estructura irregular.....</i> | 430 |

RESUMEN

El presente trabajo tiene como base diferenciar los aspectos técnicos, económicos del sistema tradicional aporticado, muros portantes de hormigón armado y muros portantes livianos de acero (Steel framing), teniendo como objetivo determinar qué sistema es más práctico para la construcción de viviendas dentro del territorio ecuatoriano. Como consecuencia de la alta demanda de viviendas en el país, se ha vuelto indispensable buscar nuevos sistemas constructivos centrados en el tiempo de construcción, economía y seguridad, tanto los muros de hormigón armado como el Steel framing son sistemas que se han introducido lentamente en el mercado nacional, debido a la falta de experimentación con estos sistemas. Está conformado por ocho capítulos donde el capítulo I trata de las generalidades de la tesis, una breve introducción del tema, antecedentes, justificación y objetivos a tratar, mientras que el capítulo II se desarrolla un marco teórico perteneciente a cada uno de los sistemas. En los capítulos III y IV se procede a realizar la descripción y predimensionamiento de las estructuras regular e irregular de cada sistema constructivo. Posteriormente en el capítulo V se realiza el modelado en computadora, seguidamente del capítulo VI que se refiere al diseño estructural de cada sistema cumpliendo con los parámetros establecidos por la NEC. El capítulo VI se efectúa el análisis y comparación económica de los tres sistemas únicamente con rubros correspondientes a la obra gris, para lo cual se realizaron los respectivos análisis de precios unitarios. Finalmente, en el capítulo VIII se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en la realización del presente trabajo.

Palabras clave

- **SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**
- **DISEÑO ESTRUCTURAL**
- **COMPARACIÓN ECONÓMICA**

ABSTRACT

The present work is based on differentiating the technical and economic aspects of the traditional system of reinforced concrete walls and lightweight steel framing, with the objective of determining which system is more practical for the construction of housing within the Ecuadorian territory. Because of the high demand for housing in the country, it has become indispensable to look for new construction systems focused on construction time, economy, and safety. Both reinforced concrete walls and Steel framing are systems that have been introduced slowly in the national market, due to the lack of experimentation with these systems. It is made up of eight chapters where chapter I deals with the generalities of the thesis, a brief introduction of the project, background, justification and objectives to be addressed, while chapter II develops a theoretical framework pertaining to each of the systems. Chapters III and IV describe and pre-dimension the regular and irregular structures of each construction system. Subsequently, in Chapter V, computer modeling is performed, followed by Chapter VI, which refers to the structural design of each system in compliance with the parameters established by the NEC. Chapter VI contains the analysis and economic comparison of the three systems only with items corresponding to the gray work, for which the respective unit price analyses were carried out. Finally, Chapter VIII presents the conclusions and recommendations obtained from this work.

Keywords

- **BUILDING SYSTEMS**
- **STRUCTURAL DESIGN**
- **ECONOMIC COPARISION**

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Introducción

En el Ecuador debido al aumento progresivo de la población ha generado mayor necesidad de construir viviendas en las ciudades del país, lo cual ha llevado a analizar los diferentes sistemas constructivos existentes, dichos sistemas deben garantizar seguridad, y a su vez ofrecer ahorro económico, además de la reducción de los tiempos de construcción sin dejar de lado la calidad de las viviendas. Por esta razón es primordial comparar los métodos constructivos tradicionales como el hormigón armado con los métodos actuales, los cuales, sirven de referencia al momento de realizar una construcción, debemos tomar en cuenta que el sistema estructural más utilizado hasta la actualidad ha sido los pórticos de hormigón armado, se caracteriza por la desventaja de generar costos financieros elevados.

El presente trabajo de titulación se enfoca en el análisis y comparación del diseño estructural y precios unitarios de los sistemas constructivos: aporticado con viga banda, muros de hormigón armado y Steel Framing. Para ello se diseñará una vivienda de dos pisos con geometría regular e irregular. Además, se realizará una comparativa de su comportamiento sísmico, materiales a utilizar, precios unitarios, ventajas y desventajas de cada método durante su proceso constructivo.

Las características de los sistemas a comparar son: aporticado con viga banda constituido por la unión viga – columna pero siendo la viga embebida en la losa, es decir losa – viga comparten el mismo peralte, siendo este uno de los sistemas más usados en el Ecuador y más conocido por la mano de obra ecuatoriana; el sistema de muros de hormigón armado permite reemplazar lo que es la mampostería por elementos estructurales para constituir un solo cuerpo y generar una alta rigidez de la estructura;

por último tenemos el sistema Steel Framing, siendo este una metodología aparentemente nueva e industrializada el cual se basa principalmente en la utilización de perfiles estructurales de acero en frío liviano, cuyas cualidades más importantes del Steel Framing son : precisión, rapidez de construcción, versatilidad para cualquier proyecto arquitectónico, durabilidad, ecológico y costos económicos, sobre todo esta última va a ser verificada en comparación con los otros dos sistemas constructivos planteados; si su construcción es más económica ayudará a incentivar y facilitar el uso de este sistema a nivel nacional, permitiendo que las personas lo consideren como una opción a la hora de construir una vivienda

Cada sistema tiene una gran cantidad de detalles y componentes que se desarrollarán en el presente trabajo, permitiendo realizar una comparación entre sí y en base a los resultados comprobar si es posible proponer un cambio en la metodología convencional de construcción del país.

Antecedentes

El incorrecto manejo del sistema constructivo puede ser causado por el uso de los materiales inapropiados o también el incumplimiento de la normativa ecuatoriana de la construcción, NEC (15). A lo largo del tiempo las viviendas construidas por el ser humano han sido afectadas por eventos naturales o patologías estructurales, teniendo como consecuencia el colapso parcial o total de la estructura, obteniendo este resultado como consecuencia de un mal diseño estructural o la falta de conocimientos de la mano de obra.

En el Ecuador, en la provincia de Manabí el 16 de abril del 2016 ocurrió uno de los peores acontecimientos sísmicos hasta la actualidad donde se logró evidenciar el incumplimiento de la normativa específicamente el concepto de columna fuerte viga débil que llevó al colapso total de las estructuras afectadas por el sismo, en el cual, una

de las fallas que se evidenció fue la falta de confinamiento en los elementos estructurales; la mayoría de las edificaciones estaban construidas con el sistema aporticado viga banda sin las debidas consideraciones técnicas establecidas en la normativa.

Las viviendas que resultaron más afectadas fueron de aquellas personas de bajos recursos económicos, ocasionando el colapso de sus viviendas por la falta de asesoramiento profesional a la hora de construir sus viviendas por medio de la guía de la normativa ecuatoriana de la construcción (NEC-2015) se permite el diseño y construcción de un sistema aporticado con viga banda siempre y cuando cumpla con parámetros establecidos en el código, el cual, menciona que el valor del coeficiente de factor de reducción de resistencia sísmica (R) será 5, a su vez el peralte de la viga debe ser igual al peralte de la losa y se realizará los mismos chequeos que si se construyera con vigas peraltadas (NEC-SE-HM, 2015).

Por otro lado, según, Carrillo y Alcocer (2012), es importante comprender de una mejor manera el comportamiento sísmico de muros de hormigón armado el cual se utiliza normalmente en viviendas de baja altura en varios países de América Latina cuyas investigaciones consistieron en el ensayo de varios muros expuestos a cargas monotónicas y cíclicas. Parte de estos muros estaban reforzados con el 50% de la cuantía mínima de acero, prescrita por el código ACI 318 (2011), y fueron comparados con muros reforzados con el 100% de la cuantía mínima de acero (Almeida Navarrete, 2015).

Los muros con el 50% de cuantía mínima estaban reforzados con malla de acero electrosoldado, mientras que los muros con 100% de la cuantía mínima, estaban reforzados con barras tradicionales, obteniendo como resultado que, los muros con

malla electro soldada limitan la capacidad de desplazamiento con respecto a los muros con barras tradicionales (Almeida Navarrete, 2015).

En la ciudad de Lima se vienen construyendo en los últimos años edificios de viviendas entre cinco y siete pisos de manera masiva. El sistema estructural más empleado en este tipo de edificaciones es el de muros portantes (Castro & Cristhian, 2016).

Por último, el sistema Steel Framing nace como la evolución del uso de la madera para la construcción de viviendas, este material de fácil acceso y rápida ejecución fue muy utilizado por los colonos norteamericanos en su proceso de expansión durante el siglo XVIII (Gaibor & Cristhian, 2018).

A finales del siglo XIX e inicios del XX gracias al gran desarrollo industrial que tuvo Estados Unidos y sobre todo a la industria metalúrgica, se convirtió cada vez más fácil la obtención de acero para diferentes ámbitos y una de ellas fue la construcción. Pero a igual a lo que ocurrió en la época colonial las vigas y columnas eran muy pesadas por esa razón se necesitaba mucha gente para el remachado de las conexiones es así como en 1933 en la feria mundial de Chicago surgió el primer prototipo de “Steel Framing” de uso residencial el cual reemplazaba la madera por perfiles de acero (Gaibor & Cristhian, 2018).

Justificación e Importancia

Durante la construcción de viviendas en muchas ocasiones las personas, cometen el error de contratar a gente que no cuenta con una capacitación técnica necesaria para el diseño de sus viviendas, al igual que generalmente contratan trabajadores no calificados y los reconocen por su experiencia laboral previamente desarrolladas, creyendo que es suficiente para la construcción de sus viviendas, sin tomar en cuenta que lo primordial en una obra es la seguridad que brinda a los

usuarios, creyendo que se ahorrarían más dinero, gran error, debido a que la contratación de un profesional representa un porcentaje mínimo al costo total del proyecto.

No todos los diseños estructurales de las casas y obras civiles son semejantes, debido a que las condiciones de cada obra son únicas, puede ser que sean parecidas, pero no iguales, por lo que cada proyecto necesita ser analizado de forma independiente; para diseñar y establecer los precios unitarios adecuados para la zona del país donde se construirá.

Por ello es necesario un análisis estructural acompañado de una comparativa de costos, considerando los tipos de materiales, dimensiones, normativas, diseños estructurales, ofreciendo seguridad y calidad a los propietarios de las viviendas.

Utilizando los conocimientos debidos, se podrá aplicar las normas vigentes de construcción que rigen en nuestro país. En la actualidad la industria de la construcción ha renovado sus tecnologías y metodologías, que son usadas en otros países para el bien de la seguridad de las personas, como por ejemplo los muros de acero liviano (Steel Framing).

Este proyecto busca brindar una referencia presupuestaria para dar a conocer los beneficios de estos sistemas constructivos, el cual tendrá un menor impacto en su economía y sobre todo evitará pérdidas humanas. Esto acelerará la implementación de estos sistemas como el Steel framing o los muros de hormigón armado en el mercado ecuatoriano, beneficiando no solo al dueño del proyecto, sino también al futuro contratista que tenga las necesidades inmediatas de llevar a cabo un presupuesto y que disponga de este documento como herramienta de ayuda.

La razón fundamental para desarrollar este trabajo es que puede ser usado como referencia para todos aquellos que estén interesados en aplicar otros sistemas

constructivos, ayudando a desarrollar y facilitar las propuestas complementarias al tema. De esta manera, también se contribuye a impulsar a un amplio sector de la población, que se encuentra buscando construir sus viviendas a un precio económico y seguro, lo cual contribuirá significativamente a mejorar la calidad de vida del país.

Objetivos Generales y Específicos

Objetivo General

Elaborar un análisis comparativo para una vivienda de dos pisos con planta regular y otra de planta irregular, a través del cálculo, diseño y presupuesto, mediante los siguientes sistemas constructivos: aporticado con vigas banda, muros portantes de hormigón armado y muros portantes livianos de acero (Steel Framing).

Objetivos Específicos

- Calcular y diseñar dos estructuras una de planta regular y otra de planta irregular, considerando los sistemas: aporticado con vigas banda, muros portantes de hormigón armado y muros portantes livianos de acero (Steel Framing).
- Realizar el presupuesto de cada vivienda, empleando los sistemas: aporticado con vigas banda, muros portantes de hormigón armado y muros portantes livianos de acero (Steel Framing).
- Comparación de presupuesto por metro cuadrado de las dos diferentes estructuras según los sistemas constructivos empleados: aporticado con vigas banda, muros portantes de hormigón armado y muros portantes livianos de acero (Steel Framing).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Sistemas Estructurales

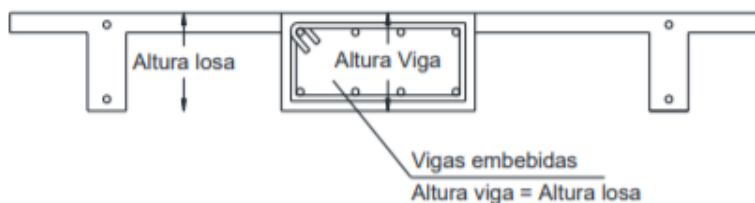
Sistema Aporticado con viga banda

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, considera a un sistema aporticado con vigas banda como una estructura compuesta por columnas y losas con vigas banda (del mismo espesor de la losa) que resisten cargas verticales y de origen sísmico, la conexión losa columna son capaces de resistir las fuerzas y está especialmente diseñada y detallada para presentar un comportamiento estructural dúctil. Para ser aceptable la utilización de la viga banda, ésta debe tener un peralte no menor a 0,25m (NEC-SE-DS, 2015).

Según la Norma NEC-SE-HM 2015, en edificios donde la losa de entrepiso se funde monólicamente con las vigas, y más aún en edificios con vigas banda, el análisis de la capacidad a flexión de las vigas deberá considerar el refuerzo de la franja de losa que aporta resistencia a la viga (NEC-SE-HM, 2015).

Figura 1.

Losas alivianadas con viga embebida o banda



Nota: La imagen de losa alivianada con viga embebida. Adaptado de (Bermeo et al., 2020), link: (<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v45n1/2477-8990-rpolit-45-01-00017.pdf>.)

Ventajas

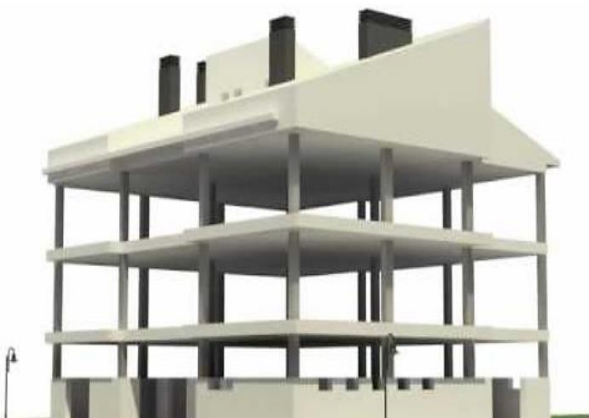
- Facilidad de construcción
- De tipo arquitectónico por la estética.

Desventaja

- Vulnerable al movimiento sísmico
- Momento desbalanceado: Frecuente en losas planas por luces de diferentes longitudes, diferencia de cargas a cada lado de la columna, etc. Esto provoca desplazamientos diferenciales en la parte superior e inferior de la columna, creando así produce momento desbalanceado.
- Problemas de análisis de punzonamiento presente en la unión de losa-columna.
- La viga banda requiere de excesivo acero.

Figura 2.

Sistema Aporticado con viga banda



Nota: Estructura de sistema aporticado con vigas banda. adoptado de (SISTEMA CONSTRUCTIVO APORTICADO, 2018)

(<http://sistemaconstructivoaporticado.blogspot.com/2018/12/sistema-constructivo-aporticado.html>.)

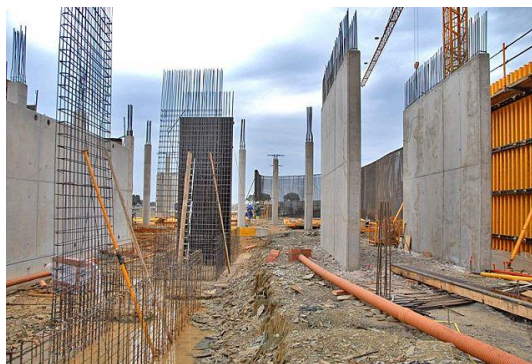
Muros portantes de hormigón armado

Los muros portantes para edificaciones han sido utilizados a lo largo del tiempo, en épocas pasadas se ha documentado el uso de piedras y mortero para su unión. En algunas obras cuando el manejo de la piedra era complicado o su adquisición muy costosa, se aplicaron diferentes métodos como el barro secado al sol, empleando encofrados de madera donde se ubican los bloques de arcilla con un componente adhesivo entre ellos. Posteriormente, se utilizaron ladrillos los cuales tenían más durabilidad y resistencia debido a su cocción en hornos (Castro & Cristhian, 2016).

Los muros portantes son elementos estructurales que tienen como objetivo transmitir cargas verticales y horizontales a lo largo de su longitud y espesor, para finalmente llegar hasta la cimentación. Su principal característica es que posee una longitud mayor con relación a su espesor y específicamente los muros de hormigón armado brinda más resistencia a una estructura mediante el refuerzo de barras de acero corrugadas o mallas electrosoldadas, las cuales proporcionan rigidez y firmeza (NEC-SE-VIVIENDA, 2015).

Figura 3.

Muros portantes de hormigón armado



Nota: En la imagen se muestra el armado de un muro portante de hormigón y un muro ya fundido. Adaptado de Muros armados, de Pablo Espinosa, 2017, SlidesShare (<https://pt.slideshare.net/pabloespinosa32/muros-de-contencin-75321294>).

Una de las características propias del sistema de muros es la rigidez de este, que permite resistir las solicitaciones sísmicas que lleguen hacia la estructura. La Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC - 15), establece ciertos criterios básicos para muros, entre los cuales se destacan: el hormigón utilizado para este tipo de elemento estructural cuya resistencia mínima a la compresión debe ser de al menos 280 kg/cm^2 , con respecto a la armadura se mantiene una fluencia de 4200 kg/cm^2 , cuando se usa barras corrugadas, mientras que si se usa mallas electrosoldadas se puede utilizar una fluencia de hasta los 6000 kg/cm^2 , también se debe considerar que los muros pueden o no tener un acabado final de enlucido (Castro & Cristhian, 2016).

Sin embargo, en el presente proyecto se lo desarrolla con una resistencia de 210 kg/cm^2 debido a que es una residencia común.

Ventajas y desventajas del uso de muros portantes de hormigón armado.

De acuerdo con (Barros & Peñafiel, 2015), la construcción de un muro de hormigón armado puede presentar las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas

- Tiene una excelente respuesta estructural ante un sismo, debido a la rigidez que posee, mejorando su capacidad ante este tipo de eventos distribuyendo las cargas laterales que se puedan presentar.
- El tiempo de construcción se reduce debido a la facilidad de armado y hormigonado en los muros al mantener una continuidad en estos, lo que permite trabajar con los otros elementos estructurales.

Desventajas

- Una desventaja importante es que este tipo de estructuras no permite cambios en la ubicación de las paredes estructurales (muros de hormigón) a futuro.

Requisitos mínimos.

En la Normativa Ecuatoriana de la Construcción se establece que se debe crear una distribución balanceada de los muros portantes de hormigón armado en las dos direcciones, además debe existir continuidad de estos en toda la altura de la edificación. Todos los muros deben anclarse a los elementos que los intersecan, como pisos o cubiertas, otros muros y zapatas. El espesor mínimo para estos sistemas estructurales no debe ser menor de 1/30 de la altura del muro, ni tampoco menor que 80 mm (NEC-SE-VIVIENDA, 2015).

Cuantía del refuerzo de acero en muros portantes de hormigón.

De igual forma el (ACI Committee 318, 2019) define que la cuantía del refuerzo para muros portantes de hormigón armado no puede ser inferior a:

- 0,0018 para barras corrugadas con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, para el eje vertical y horizontal.
- $0,0018 \times 4200 / f_y \text{ (kg/cm}^2\text{)}$; para refuerzo electrosoldado en los ejes vertical y horizontal, pero no menor a 0,0012; pudiendo emplearse mallas electrosoldadas con f_y de hasta 6000 kg/cm^2 .

Con respecto al espaciamiento máximo el código (ACI Committee 318, 2019) establece que el refuerzo vertical y horizontal debe ser el menor entre $3h$, siendo h el espesor del muro y 450mm.

Factor de reducción por los efectos de excentricidad y esbeltez.

Se pueden considerar mediante aproximaciones del factor de reducción F_E los siguientes valores (NEC-SE-HM, 2015).

- $F_E = 0,7$ para muros interiores que soporten claros que no difieran en más de 50%.
- $F_E = 0,6$ para muros extremos o con claros que difieran en más de 50%, así como para casos en que la relación entre cargas vivas y cargas muertas de diseño excede de uno.

Para ambos casos, se debe cumplir con lo siguiente:

Las deformaciones de los extremos superior e inferior del muro en la dirección normal a su plano están restringidas por el sistema de piso, por dadas o por otros elementos.

La excentricidad en la carga axial aplicada es menor o igual que $t/6$ (donde t es el espesor del muro) y no hay fuerzas significativas que actúan en dirección normal al plano del muro.

En caso de no cumplir las condiciones relativas al valor de F_E enunciadas anteriormente, el factor de reducción por excentricidad y esbeltez se determinará como el menor entre lo especificado para F_E y el que se obtiene con la ecuación siguiente:

$$F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right]$$

Donde:

H: Altura libre de un muro entre elementos capaces de darle apoyo lateral

e' : Excentricidad calculada para la carga vertical más una excentricidad accidental que se tomará igual a $t/25$.

k: Factor de altura efectiva del muro que se determinará según el criterio siguiente:

k = 2 muros sin restricción al desplazamiento lateral en su extremo superior.

k = 1 muros extremos en que se apoyan losas.

k = 0,8 muros limitados por dos losas continuas a ambos lados del muro.

t: Espesor del muro

Efecto de las restricciones a las deformaciones laterales.

En los casos en que el muro en cuestión esté vinculado a muros transversales, contrafuertes, columnas o columnas de confinamiento que limiten su deformación lateral, el factor F_E se calculará como (NEC-SE-HM, 2015)

$$F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right] \left(1 - \frac{H}{L'}\right) + \frac{H}{L'} \leq 0,9$$

Consideraciones para los diseños de muros portantes de hormigón armado.

Según la (NEC-SE-VIVIENDA, 2015) las fuerzas a considerar para el diseño de muros portantes de hormigón armado son la de cortante y flexo compresión.

Adicionalmente se debe considerar:

Relación de aspecto.

La relación entre largo y ancho del muro, establece que:

- Muro esbelto si esta relación es mayor a 3
- Muro corto si esta relación es menor a 2
- Muro de acople cuando presenta aberturas para ventanas o puertas (es el resultado de tener 2 muros unidos mediante vigas de acople).

Elementos de borde. Cuando la carga de compresión se ubica en los bordes del muro se evitará su agrietamiento con la presencia de armadura que redistribuye los esfuerzos internos.

Factor de reducción. Es un factor de seguridad que reduce la capacidad de carga del elemento estructural.

Densidad de muro. Es la cantidad de muros que debe tener una estructura para cumplir con la rigidez de esta, si se diera el caso de que no se cumple con las densidades establecidas por la normativa vigente, hay que aumentar el número de muros portantes.

Continuidad estructural. Es la unión de los muros, es decir que desde la cimentación hasta el piso más alto de la estructura debe mantenerse como un solo elemento estructural.

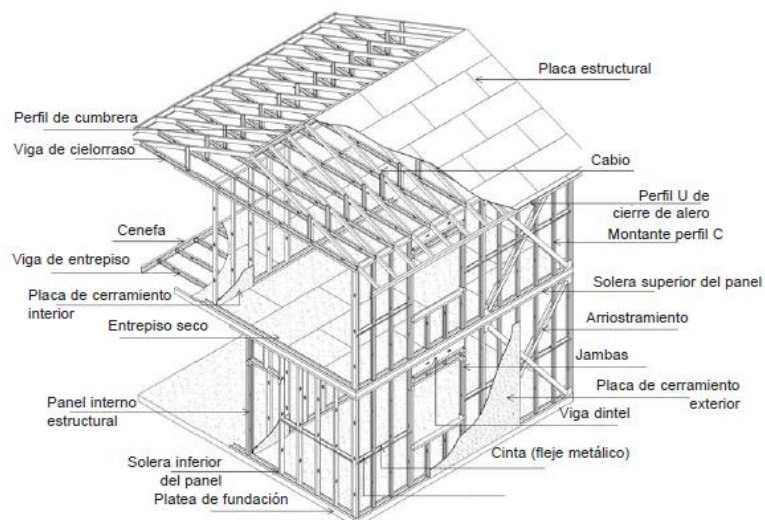
Muros portantes alivianados de acero, Steel Framing

Definición.

El sistema del Steel Framing (SF), es un sistema constructivo, donde la estructura está formada por perfiles de acero galvanizado conformados en frío que son usados para el armado de paneles estructurales y no estructurales, vigas secundarias, vigas de piso y otros componentes (Figura 4). Como sistema industrializado permite una construcción en seco con una rápida ejecución en obra. Gracias a estas características, el sistema Steel Framing también es conocido como Sistema Autoportante de Construcción en Seco (Freitas et al., 2007).

Figura 4.

Vivienda dos niveles, techo de cabriadas



Adaptado de Steel Framing Arquitectura (pág. 14), de Arlene Sarmanho y Renata Morales de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Ventajas y desventajas del Steel Framing.

Según Alacero (2007), menciona que los principales ventajas y desventajas del Steel Framing son:

Ventajas.

- Sus productos están estandarizados, facilitan la producción, reducen costos y se someten a estrictos controles de calidad.
- Durabilidad del material al estar hecho de acero galvanizado haciéndole libre a óxidos y ataques químicos.
- Facilita la movilización y montaje al ser un material liviano.
- Su montaje es llamado “construcción en seco” porque minimiza el uso de recursos naturales y los desperdicios pueden ser reciclados sin perder sus propiedades, lo que le hace una construcción amigable al medio ambiente.

- Es muy versátil porque se combina con cualquier otro sistema constructivo, sea de hormigón, madera o acero y se ajusta a diferentes estilos arquitectónicos.
- Mayor facilidad en reparación ya que sus elementos son desmontables en un menor tiempo.
- Baja inversión en la construcción.
- Son perfiles perforados que facilitan la instalación de paneles (yeso, gypsum, etc.), instalaciones eléctricas e hidráulicas.

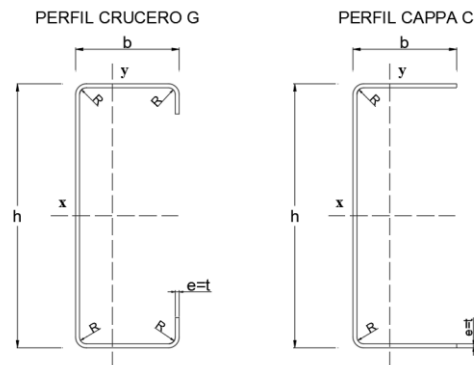
Desventajas.

- El sistema está restringido a una cantidad de niveles del piso.
- Espesores limitados en caso de luces grandes.
- Mano de obra calificada.

Perfiles.

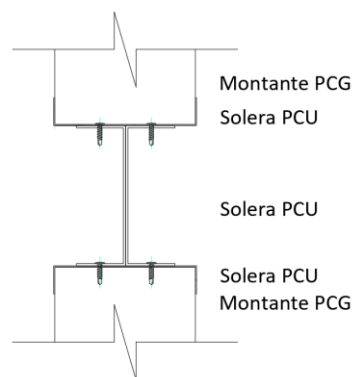
Las estructuras en Steel Framing están formados por perfiles estructurales conformadas en frío que se obtiene a partir del doblado en prensa, siendo los más usados el perfil tipo U y C, para la construcción de edificios residenciales y comerciales (Freitas et al., 2007).

Los perfiles C o G, al poseer mayor espesor son usados como elementos estructurales, como viguetas de entrepiso logrando recibir mayores flexiones, y como montantes al soportar cargas que son transmitidas de nivel superior y que las transfiere a la fundación (Freitas et al., 2007).

Figura 5.*Modelos de perfiles*

Adaptado de catálogo de productos, de TUGALT, 2011, (<https://www.tugalt.com.ec/>).

El Perfil U sirve para conformar entramados estructurales en los paneles de SF. Posee dimensiones mayores con espesores de hasta 0,4 mm, para que los montanes “G” encajen dentro de estos perfiles “U”, para mantener en su posición correcta, con la ayuda de pernos auto perforantes (Freitas et al., 2007).

Figura 6.*Detalle de acoplamiento de montante y solera*

El manual de Steel Framing para arquitectura menciona “Las masas mínimas de revestimiento se encuentran entre los 100 y los 150 gramos por m² computado en ambas caras. La resistencia del perfil de acero depende de la dimensión, forma y límite

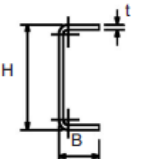
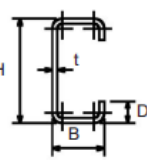
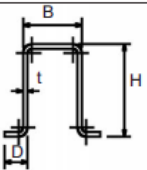
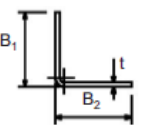

de elasticidad del acero. El límite de elasticidad de los perfiles de acero cincado no debe ser inferior a 230 MPa o 2345,35 kg/cm² (Pág. 22).

Según el manual de Steel Framing es perfil PGC, pero en nuestro medio se le conoce como perfil G, y el perfil PGU, es conocido como perfil C.

Existen otros perfiles con diferentes funciones como se muestra a continuación:

Figura 7.

Identificación de perfiles conformados en frío y sus aplicaciones

| SECCIÓN TRANSVERSAL | Designación | Utilización |
|---|--|---|
|  | Perfil U H x B x t | Solera Puntal Bloqueador Cenefa Atiesador |
|  | Perfil C H x B x D x t | Montante Viga Puntal Atiesador Bloqueador Correa Cableo Larguero |
|  | Perfil Galera H x B x D x t | Correa Larguero Puntal |
|  | Angulo Conector B ₁ x B ₂ x t | Conector Atiesador Puntal |
|  | Cinta Fleje B x t | Riostras Tensores Diagonales |

Designaciones: H Altura del alma (web)
B Ancho del ala (flange)
t Espesor (thickness)
D Ancho de pestaña (lip)

Adaptado de Manual de Steel Framing Arquitectura (Pág. 23), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Cimentación.

El método de construcción es menor en cantidad de hormigón que se requería para otro tipo construcción ya que se generan cargas menores hacia la cimentación por parte de la estructura, lo cual le hace un proceso convencional y que debe tener aislamiento contra la humedad tomando en cuenta que una buena ejecución de la fundación proporcionará una mayor eficiencia estructural (Freitas et al., 2007).

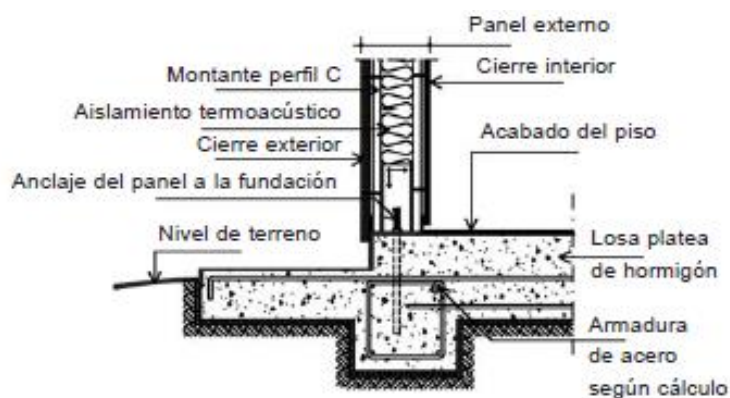
Steel Framing para arquitectura (2007), menciona que existen varios tipos de fundaciones que son:

Plata de hormigón armado.

Es un tipo de fundación superficial que funciona como una losa la cual transmite las cargas de la estructura al terreno, siempre que el terreno lo permita, este tipo de construcción son las más recomendadas para viviendas en construcción de Steel Framing. La dimensión de la losa será diseñada por el calculista estructural con el fin de evitar humedad del suelo con un mínimo espesor de 15 cm.

Figura 8.

Muestra el detalle del esquema de anclaje de un panel estructural a una platea



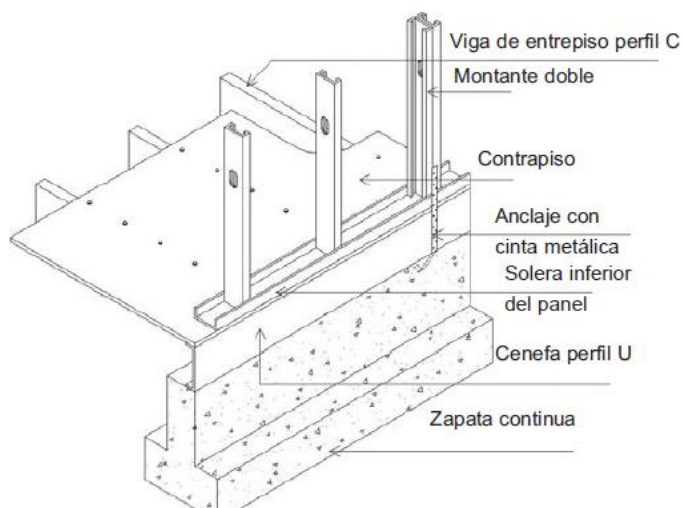
Adaptado de Manual de Steel Framing Arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Zapata continua o viga de fundación.

Es indicado para construcciones con paredes portantes ya que recibe y distribuye las cargas de manera continua. Es tipo de cimentación se usan cuando la capacidad portante del suelo varía de media a alta, la ventaja de esta construcción puede ser constituida por vigas de hormigón armado, bloques de hormigón o mampostería colocados debajo los paneles estructurales.

Figura 9.

Fundación tipo zapata continua



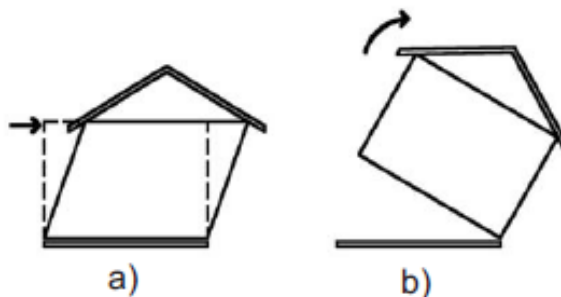
Adaptado de Manual de Steel Framing Arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Fijación de los paneles en la fundación.

Debido a la presión del viento estas estructuras al ser alivianadas deben colocarse pernos de anclaje a la fundación. Ya que se pueden producir movimientos de traslación que se produce lateralmente por la presión de viento o por volcamientos que es ocasionada por la asimetría en la dirección del viento que afecta el edificio.

Figura 10.

Efectos de la carga del viento en la estructura: a) Traslación y b) Volcamiento



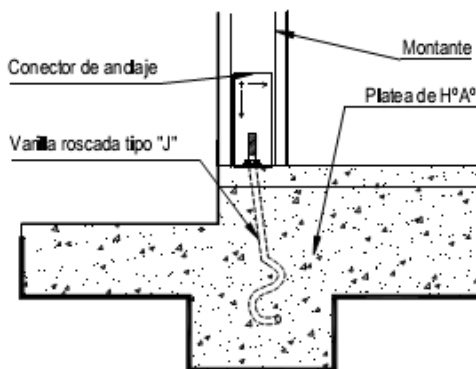
Adaptado de Manual de Steel Framing Arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Existen varios tipos de anclajes conformados en acero galvanizado, más usados y son:

- El anclaje químico con varilla roscada con tuerca que va fijado en el hormigón a través de la perforación, seguido de una resina química para formar una combinación más resistente con el hormigón.
- Anclajes expansibles con bulón de anclaje ya que mientras se ajusta la tuerca que va en la cabeza del perno, el elemento que recubre el perno comienza a expandirse y se pega herméticamente a la fundación.
- Varillas roscada tipo "J", son varillas con forma de S para una mayor sujeción del anclaje con el hormigón siendo las más empleada en la construcción de este último.

Figura 11.

Esquema de varilla roscada tipo "J"



Adaptado de construcción con acero liviano, Consul Steel, 2013, (https://consulsteel.com/tonillos_anclajes/).

Tornillos.

Los tornillos autoperforantes son más usados en las construcciones con Steel Framing debido a su fácil manejo y colocación. Existe varios tipos de tornillo por cada unión, lo que facilita la ejecución en el sitio de obra como la prefabricación de diferentes componentes gracias a que la industria siempre está en constante desarrollo de nuevos procesos como lo es el acero al carbono sometido a tratamientos de cementación y templado, y recubiertos por electro cincado para reducir la corrosión, para aumentar la durabilidad y empeño del tornillo aumentando la confianza en el uso del sistema. Existe otros métodos de unión como lo es la soldadura, pero esto genera daños a la superficie del material galvanizado provocando que nuevamente se dé un tratamiento que es complejo ya que está unida a otro elemento (Freitas et al., 2007).

Los tornillos están disponibles para cualquier tipo de conexión, ya que tiene una serie de dimensiones que lo convierte en indispensable al momento de construir el más usado es el N°6 al N°10.

Figura 12.*Tipos de tornillos*

Adaptado de Manual de Ingeniería de Steel Framing, de Robert G.C Dannemann, 2012, (www.alacero.org).

Paneles estructurales.

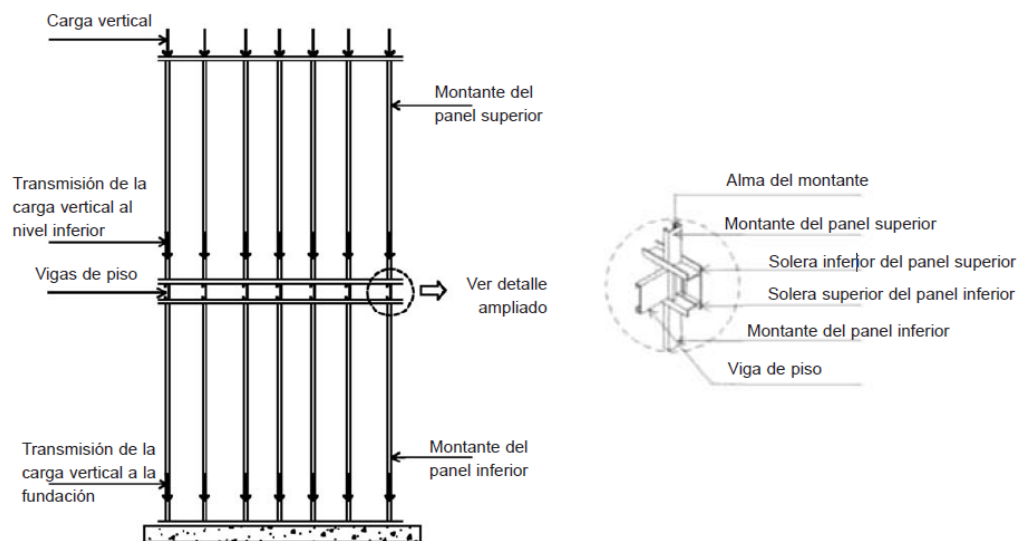
Los paneles estructurales están sujetos a cargas laterales de viento y movimientos sísmicos, así como a las cargas verticales de entrepisos, techos y otros paneles. Estas cargas verticales provienen de la propia estructura y de sus elementos constructivos y la sobrecarga de uso (personal, muebles, máquinas, aguas lluvias, etc.). La función de estos paneles consiste en resistir dichos esfuerzos y transmitirlos hasta la cimentación.

Los montantes transfieren las cargas verticales provenientes del contrapiso de las vigas, por contacto directo a través de sus almas, ya que sus secciones transversales se superponen de un nivel a otro, dando lugar al concepto de estructura alineada como se muestra la Figura 13 (Freitas et al., 2007).

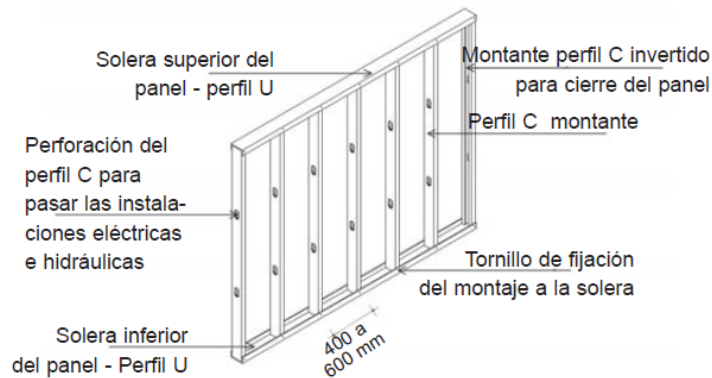
La distancia entre montantes varía de 400 o 600 mm, determinada por la limitación a las que se somete cada perfil. A su vez, cuanto mayor sea la separación entre los montantes, tanto menor será la cantidad de estos y, por ende, recibirá mayor carga el elemento (Freitas et al., 2007).

Figura 13.

Transmisión de la carga vertical a la fundación

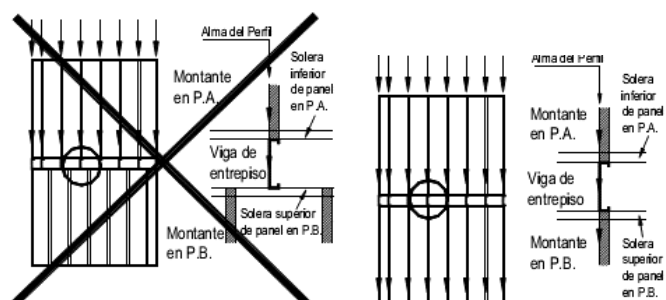


Adaptado de Manual Alacero para Arquitectura (pág. 30), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Figura 14.*Panel típico en Light Steel Framing*

Adaptado de Manual Alacero para arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Al colocar un panel sobre otro se lo conoce como "in line Framing", llamadas así porque las almas de los montantes superior e inferior deben coincidir para evitar cargas excéntricas con la finalidad de no desperdiciar material, logrando así un mayor ahorro, ya que en el caso de no coincidir los elementos se deberá colocar una viga dintel para transmitir uniformemente las cargas en el panel inferior (Gaibor & Cristhian, 2018)

Figura 15.*"In line framing"*

Adaptado de construcción con acero liviano, Consul Steel, 2013,

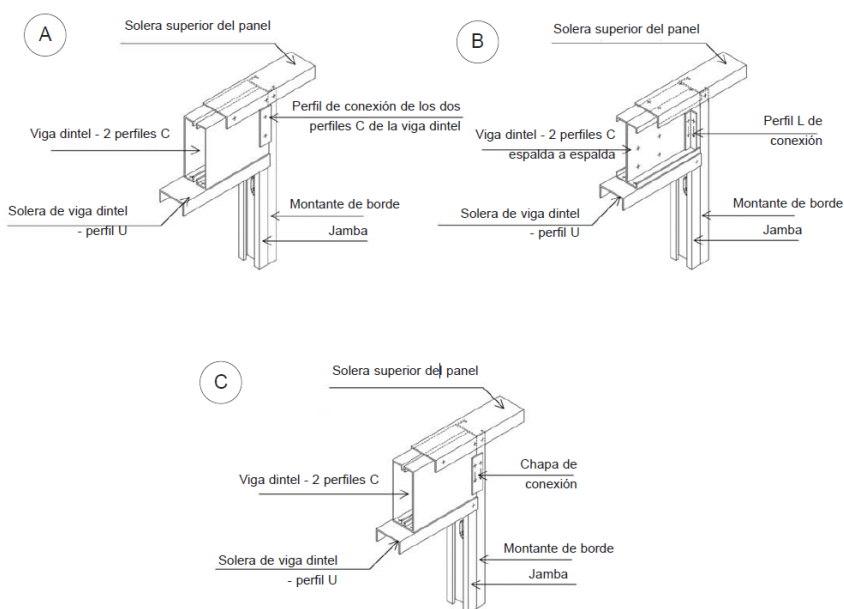
(http://consulsteel.com/4_paneles/).

Para la instalación de puertas y ventanas estos son reforzados por elementos estructurales para redistribuir las cargas de los montantes que han sido reemplazado por dinteles.

La viga dintel está compuesta por dos perfiles C conectadas por un perfil U llamada también solera, por medio de tornillos en cada extremo esta solera va sujeta a las jambas para evitar la rotación de la viga dintel (Freitas et al., 2007).

Figura 16.

Tipos de dinteles

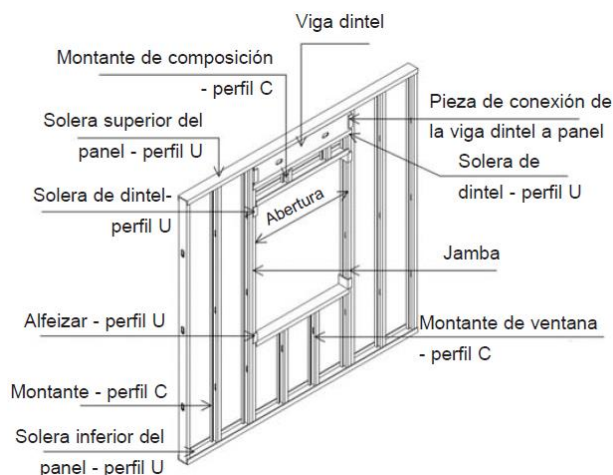


Adaptado de Manual de Steel Framing para arquitectura (pág. 33), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Los perfiles c son ubicados de manera vertical en los bordes, las vigas dintel también van fijadas en los montantes con tornillos estructurales que serán determinados por el calculista para determinar la cantidad de carga que soportara dicha estructura (Freitas et al., 2007).

Figura 17.

Diseño esquemático de un panel estructural con ventana



Adaptado de Manual Steel Framing para arquitectura (pág. 35), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Estabilización de la estructura (Flejes).

Los elementos que forman los paneles no son capaces de resistir fuerzas laterales que existen en la estructura como el viento ya que estos pueden producir inestabilidad, causando colapso. Para evitarlo se debe proporcionar a la estructura con uniones rígidas capaces de transmitir los esfuerzos a las fundaciones.

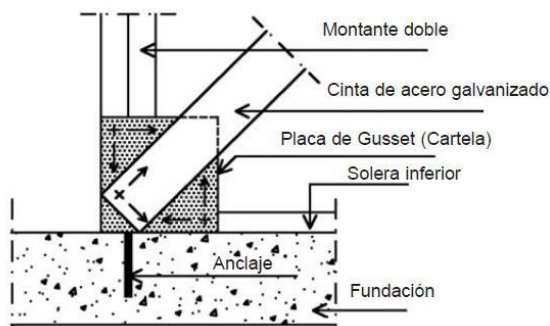
Este mecanismo se observa con un adecuado anclaje de la estructura a la fundación como se menciona a continuación:

Un arriostramiento en el sistema SF es usar cruces de San Andrés en forma de X, consiste en colocar cintas de acero galvanizado en la parte exterior del panel, cuyas dimensiones son calculadas de acuerdo al proyecto estructural, para que estas transmitan el esfuerzo de tracción o compresión provocado por el viento hacia la fundación se recomienda la inclinación de las diagonales debe estar entre 30° y 60°,

tomando en cuenta que estos deben coincidir con el anclaje a fin de absorber los esfuerzos transmitidos (Freitas et al., 2007).

Figura 18.

Fijación de las diagonales en los paneles con cartela (Placa Gusset)

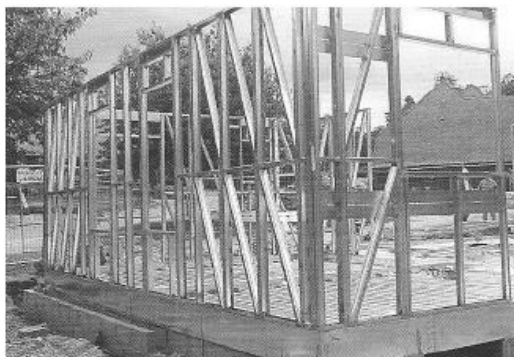


Adaptado de Manual Alacero para arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

La colocación de riostras con las aberturas de puertas y ventanas en fachadas será de acuerdo al diseño del calculista. Caso contrario se colocará con forma de K, usando perfile C, con el propósito de reducir longitudes en las riostras (Freitas et al., 2007).

Figura 19.

Arriostramiento en "k"



Adaptado de SCI citado por Steel framing para arquitectura (pág. 38), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

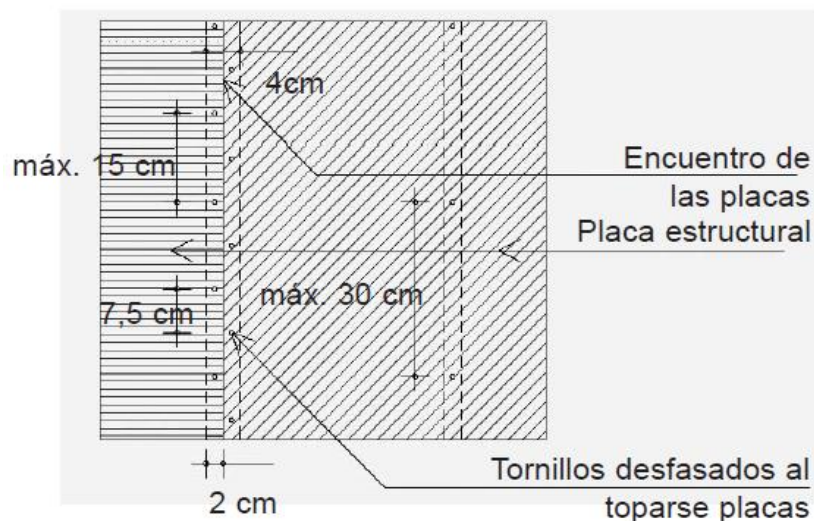
Paneles.

Los paneles actúan frente a la tracción como a compresión y se desempeñan como diafragma de reagudización vertical y horizontal en la construcción de residencias de poca altura, debido a su composición que lo hace flexible antes movimientos sísmicos por tener menor masa produciendo menores derivas.

Su instalación varía de acuerdo con su uso, para que los perfiles y placas actúen a en toda la capacidad de resistencia, estos a su vez son sujetadas por tornillo de fijación entre las placas y los perfiles estructurales la cual estará a una distancia máxima de 150 mm entre sí en todo el perímetro de la placa y a 300 mm en los montantes intermedios. Tomando en cuenta que estos perfiles deben tener una separación entre 400 mm a 600 mm para un correcto funcionamiento de la placa (Freitas et al., 2007).

Figura 20.

Esquema de fijación de placas estructurales con tornillos



Adaptado de Steel framing para arquitectura (pág. 39), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

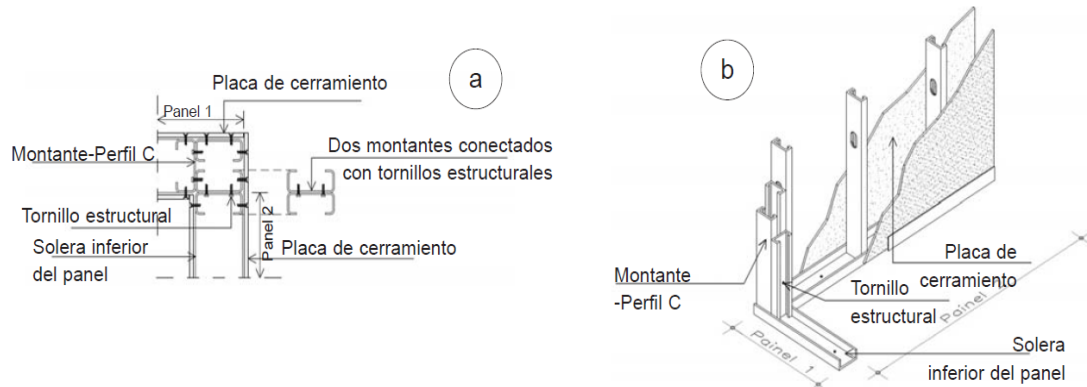
Para el encuentro de paneles varía soluciones constructivas esto depende de la unión de paneles que se da por los montantes por medio de tornillos, tomando en cuenta que se debe garantizar la rigidez del sistema, la resistencia a los esfuerzos, la economía de material. Las principales configuraciones de paneles son:

Unión de dos paneles en esquina.

- Unión de dos montantes:

Figura 21.

Unión de 2 montantes por el alma: a) planta, b) perspectiva

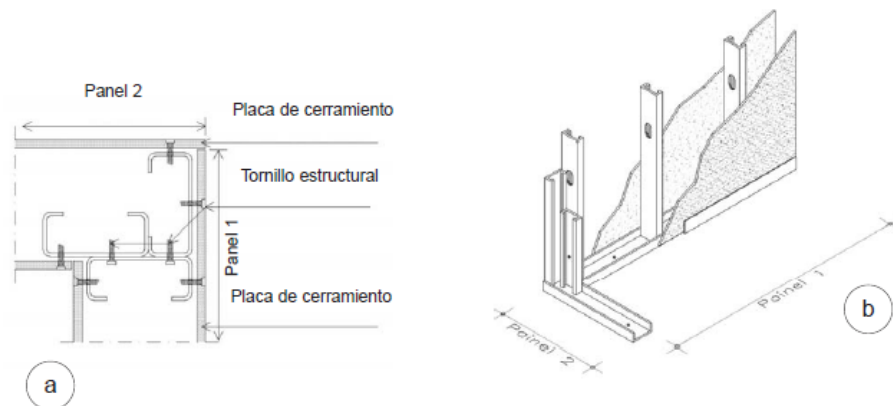


Adaptado de Steel framing para arquitectura (pág. 42), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

- Unión de tres montantes:

Figura 22.

Unión de 3 montantes: a) planta, b) perspectiva

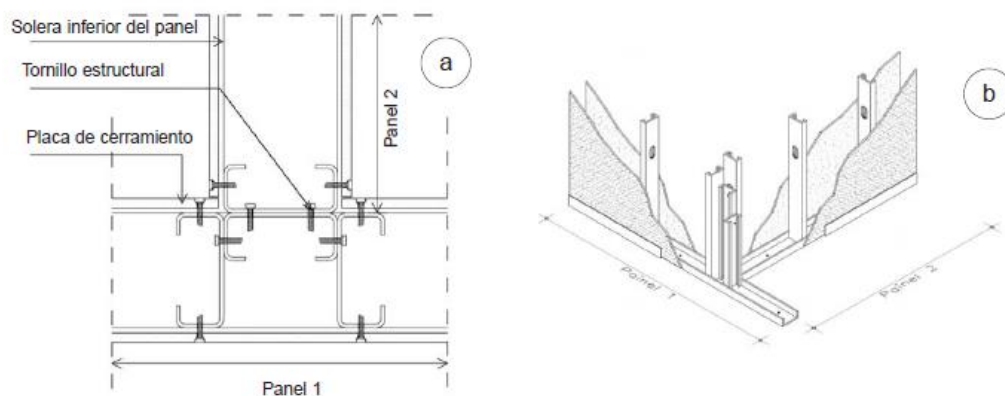


Adaptado de Steel Framing para arquitectura (pág. 43), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Unión de dos paneles formando una "T".

Figura 23.

Unión de 2 paneles formando una "T": a) planta, b) perspectiva

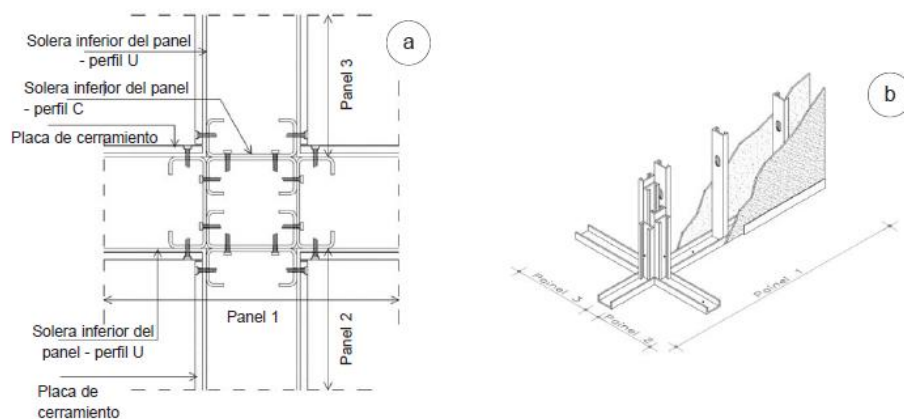


Adaptado de Steel framing para arquitectura (pág. 44), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Unión de tres paneles.

Figura 24.

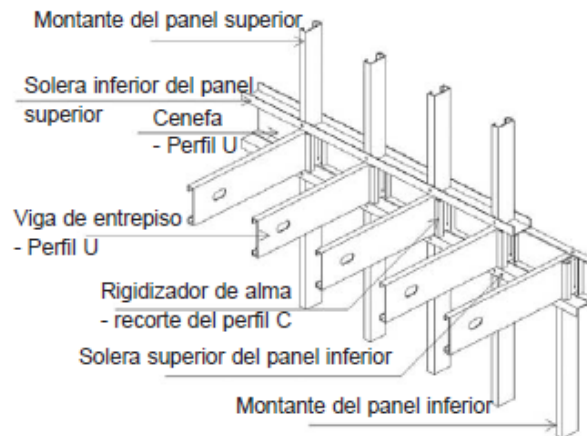
Encuentro de 3 paneles: a) planta, b) perspectiva



Adaptado de Steel framing para arquitectura (pág. 44), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

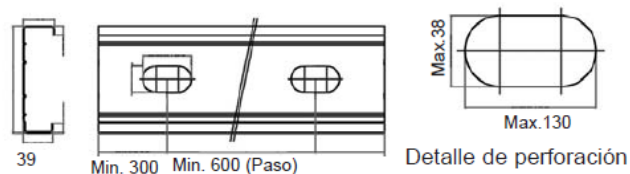
Entrepisos.

El entrepiso del Steel Framing emplea perfiles galvanizados tipo C, cuya distancia equidistan de elementos estructurales que se determina por las cargas a la que son sometidas. (peso propio, personas, equipos etc.). Estos perfiles son colocados de manera horizontal, sobresalen por su dimensión en su alma para poder ser suficientemente resistente y rigidizados ya que soportan cargas y así evitar deformaciones mayores que se producen por luces entre apoyos. Dichos perfiles son enlazados por el perfil tipo U que se llamaría solera y a su vez cenefas que sirven de apoyo en los extremos de las vigas haciéndolos rígidos, sujetadas por tornillo autoperforantes (Freitas et al., 2007).

Figura 25.*Estructura de entrepiso en Steel Framing*

Adaptado de Steel framing para arquitectura (pág. 50), de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Las vigas toman las mismas distancias que los montantes ya que ahí se apoyan para generar el concepto de “in line Framing” que se menciona anteriormente. Estos elementos llevan orificios tanto para instalaciones eléctricas como sanitarias, cuyos centros de perforación sucesivas debe ser mayor a 600 mm y una distancia mínima entre el extremo del perfil y el centro de la primera perforación debe ser de 300 mm (Freitas et al., 2007).

Figura 26.*Aberturas en los perfiles para el paso de cañerías*

Adaptado de Manual Alacero para arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

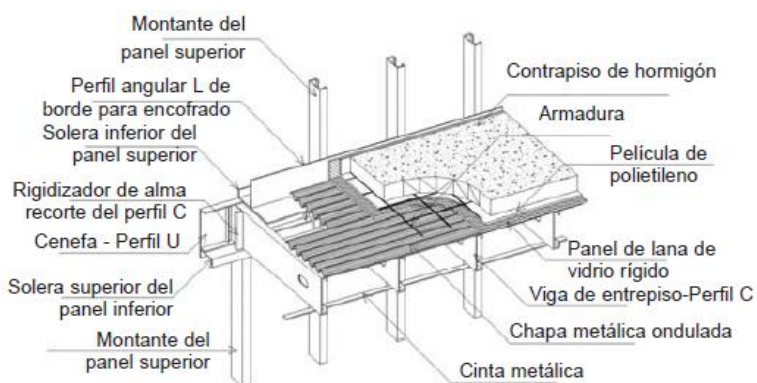
Existen dos tipos de entrepisos las cuales son:

a) Entrepiso húmedo.

Están compuestos por una chapa ondulada la cual sirve como encofrado al hormigón, es sujeta con tornillos a las vigas de entrepisos con una ligera capa de hormigón simple que varía de 4 a 6 cm y una malla electrosoldada, colocada dentro del hormigón, que será la superficie del entrepiso (Freitas et al., 2007).

Figura 27.

Diseño esquemático de losa húmeda



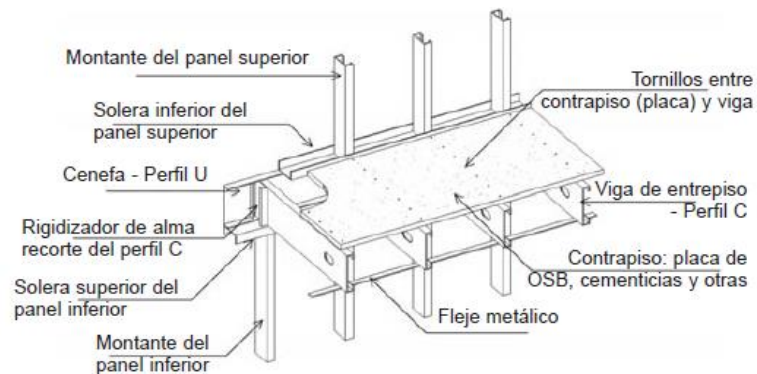
Adaptado de Manual Alacero para arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

b) Entrepiso seco.

Usa placas rígidas atornilladas a las vigas de entrepiso se le conoce también como diafragma horizontal siempre que las placas sean estructurales. Su espesor varía de acuerdo con su uso calculado por el proyectista. Ayuda a disminuir la carga por el peso propio y lo más importante no requiere de agua por lo que se le conoce como construcción en seco (Freitas et al., 2007).

Figura 28.

Diseño esquemático de un entrepiso seco



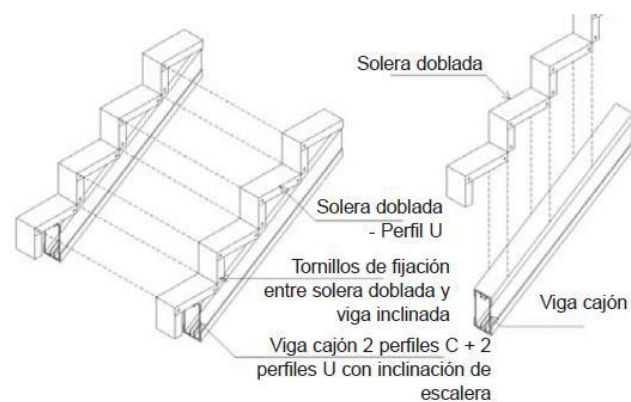
Adaptado de Manual Alacero para arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Escaleras.

Steel framing para arquitectura (2007) menciona que las escaleras están elaboradas por la unión de perfiles tipo U y C, mismo que se usan para los paneles estructurales, para conformar los peldaños y contrahuellas se usan paneles rígidos diseñados por el calculista. Depende del tipo de necesidad y acabados arquitectónicos se le presentan algunas modelos de escaleras y son:

Figura 29.

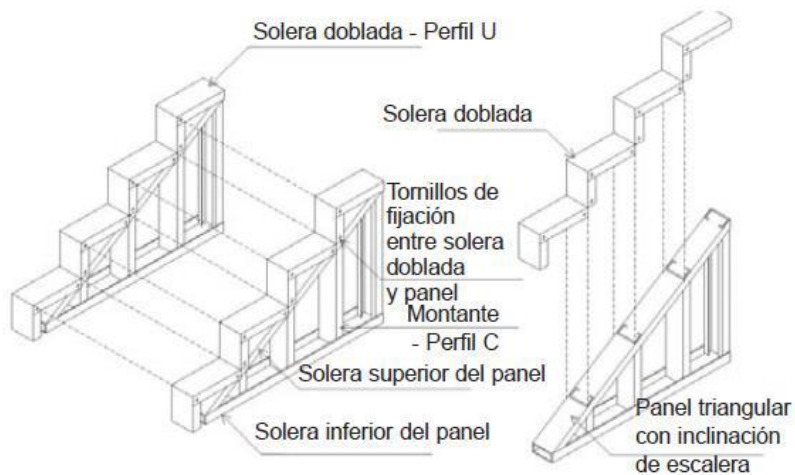
Viga inclinada



Adaptado de Manual Alacero para arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Figura 30.

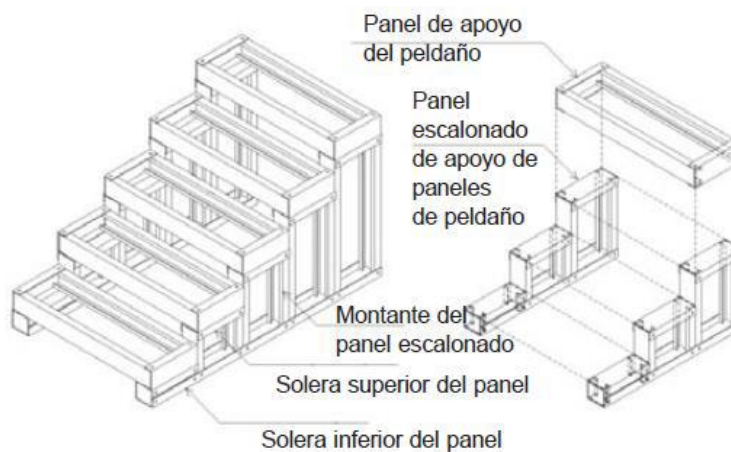
Panel inclinado



Adaptado de Manual Alacero para arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

Figura 31.

Panel escalonado



Adaptado de Manual Alacero para arquitectura, de Arlene Sarmanho y Renata Moraes de Crasto, 2012, (www.construccionacero.com).

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

El presente proyecto plantea dos estructuras una regular y otra irregular que tienen como lineamiento los siguientes parámetros:

Tabla 1.

Parámetros de la estructura a diseñar.

| Parámetro | Dato |
|-----------------------------|---------------------|
| Ubicación | Quito |
| Tipo de Suelo | D |
| Número de Pisos | 2 |
| Uso de Vivienda | Residencial |
| Losa de Cubierta | Inaccesible |
| Altura libre de entrepiso | 2,40 m |
| Esfuerzo portante del Suelo | 25 T/m ² |

Estructura Regular

La estructura tiene un área por planta de 239,35 m².

Figura 32.

Distribución arquitectónica en planta baja regular

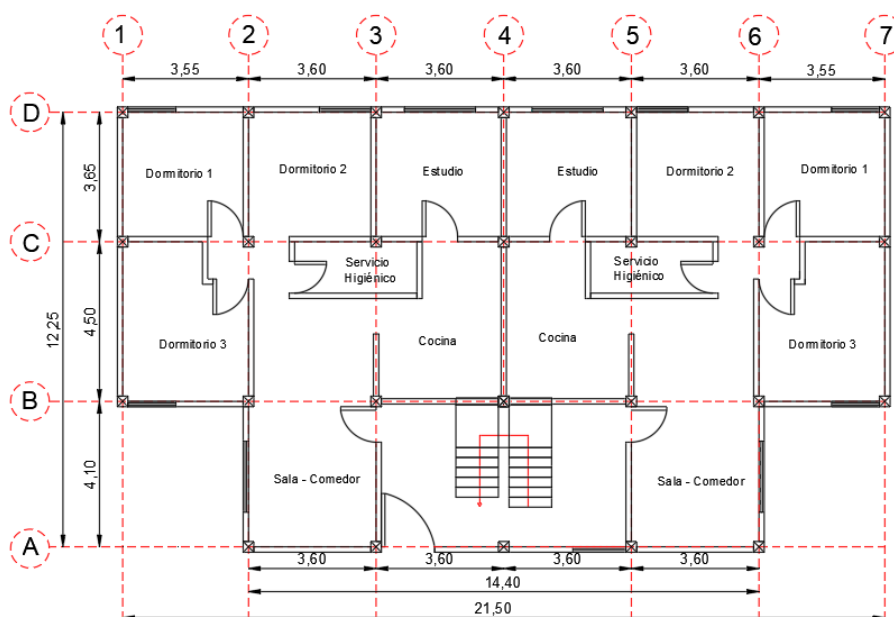


Figura 33.

Distribución arquitectónica en planta alta regular

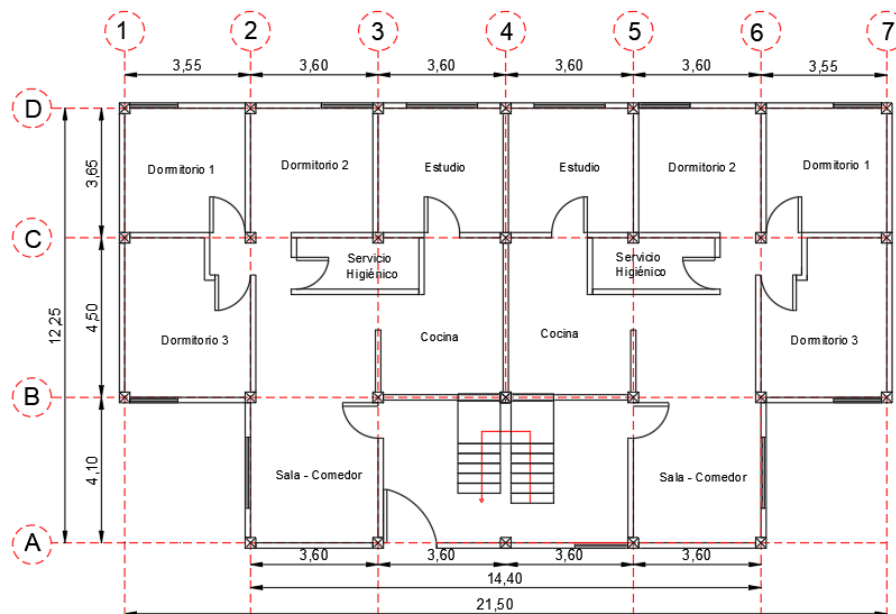
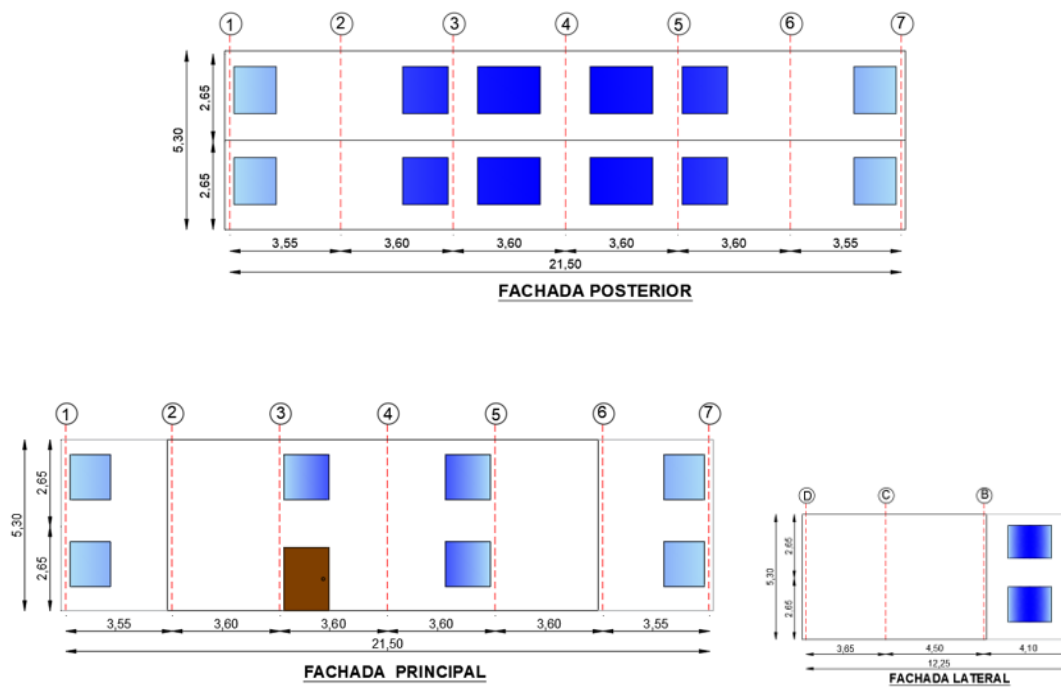


Figura 34.

Fachada Estructura Regular



Estructura Irregular

La estructura irregular tiene un área a construir de 137,81 m².

Figura 35.

Distribución arquitectónica planta baja irregular

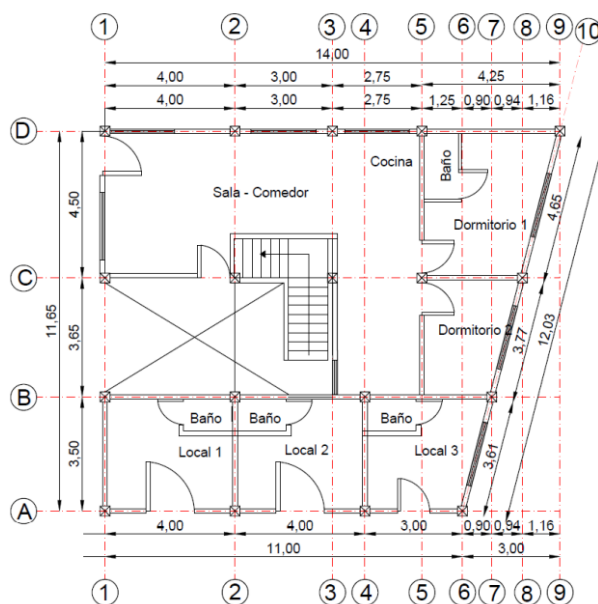


Figura 36.

Distribución arquitectónica de planta alta irregular

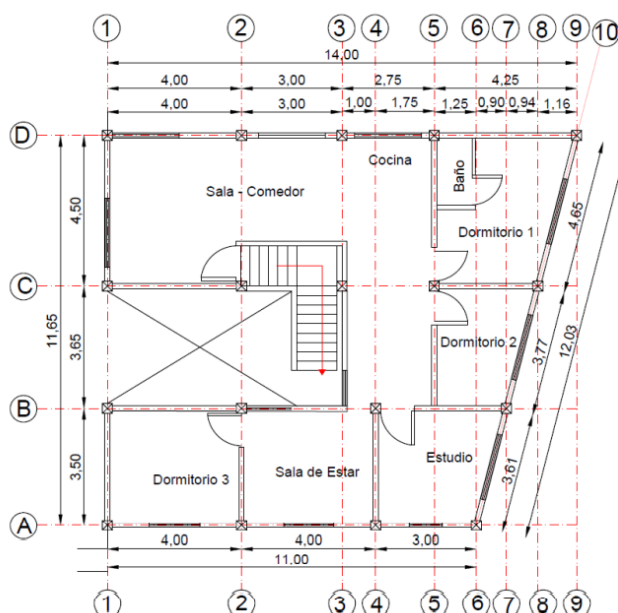
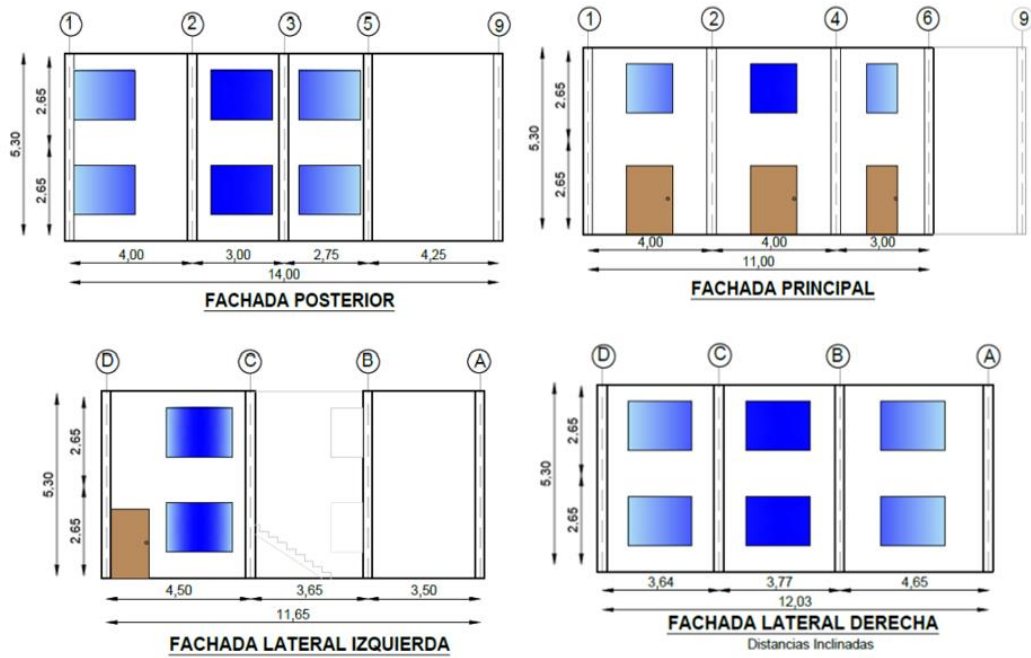


Figura 37.

Fachadas de estructura irregular



CAPÍTULO IV

PREDIMENSIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE CARGAS

Sistema Aporticado con vigas banda

Para el predimensionamiento de sistema aporticado con viga banda; la norma NEC-SE-HM en la sección 5,7, determina que “las vigas banda deben tener un peralte mínimo de 25 cm y cumplir con todos los requisitos de diseño y detallamiento para vigas” (NEC-SE-HM, 2015).

Predimensionamiento de Losa

La altura de prediseño de la losa con vigas banda en las dos estructuras tanto la regular como la irregular es de 25 cm, cuyo valor está definido por la norma NEC-SE-HM espesor tomado por cuanto la máxima distancia entre columnas es de 4,50m. Una vez conocido la altura de la losa alivianada y de las vigas se procede a realizar el análisis de cargas, tanto para la estructura regular como irregular presentado a continuación:

Tabla 2.

Resumen cargas sistema aporticado para estructura regular e irregular

| Descripción | Cálculo | Cantidad | Unidad |
|------------------------------|-------------------------|----------|------------------|
| Carpeta de Compresión | $(1,00*1,00*0,05) *2,4$ | 0,12 | T/m ² |
| Nervios | $0,10*0,2*3,6*2,4$ | 0,17 | T/m ² |
| 8 bloques 20x40x20 | $8*(0,20*0,4*0,20*0,8)$ | 0,10 | T/m ² |
| Peso de Losa | $0,12+0,17+0,10$ | 0,40 | T/m ² |
| Peso Vigas banda | $25\%*(0,40)$ | 0,10 | T/m ² |
| Peso de Paredes | Adoptado | 0,15 | T/m ² |
| Peso de acabados | Adoptado | 0,12 | T/m ² |
| Peso de Columnas | Adoptado | 0,11 | T/m ² |

| Descripción | Cálculo | Cantidad | Unidad |
|----------------------------------|--------------------------|----------|------------------|
| Carga Muerta de Entrepiso | 0,40+0,10+0,15+0,12+0,11 | 0,87 | T/m ² |
| Carga Muerta de Cubierta | 0,40+0,10+0,12 | 0,62 | T/m ² |
| Carga Viva Entrepiso | Vivienda NEC 15 | 0,20 | T/m ² |
| Carga Viva Cubierta | Vivienda NEC 15 | 0,10 | T/m ² |

Predimensionamiento de Vigas

Se determina la distribución de las cargas de acuerdo con la geometría de las secciones que conforman la losa de este modo se pueden obtener cargas distribuidas rectangulares en el caso de losas unidireccionales o trapezoidales y triangulares para losas bidireccionales. El presente caso de estudio se está trabajando con losa bidireccional.

Para este análisis es necesaria la distribución en el mosaico de cargas con las cuales se calcularán las cargas últimas equivalentes rectangulares, que soportan las vigas que conforman los pórticos de la estructura regular e irregular.

Tabla 3.

Ecuaciones para transformación de Cargas

| Carga Triangular | Carga Trapezoidal |
|-----------------------|--|
| $q = \frac{W * s}{3}$ | $q = \frac{W * s}{3} \left(\frac{3 - m^2}{2} \right)$ $m = \frac{s}{L}$ |

Donde:

q : Carga equivalente rectangular

W : Es la carga distribuida original

s : Longitud del vano de menor tamaño

L : Longitud del vano de mayor tamaño

m : Relación entre vanos (corto/largo)

Estructura Regular.

Figura 38.

Distribución de vigas en planta baja regular

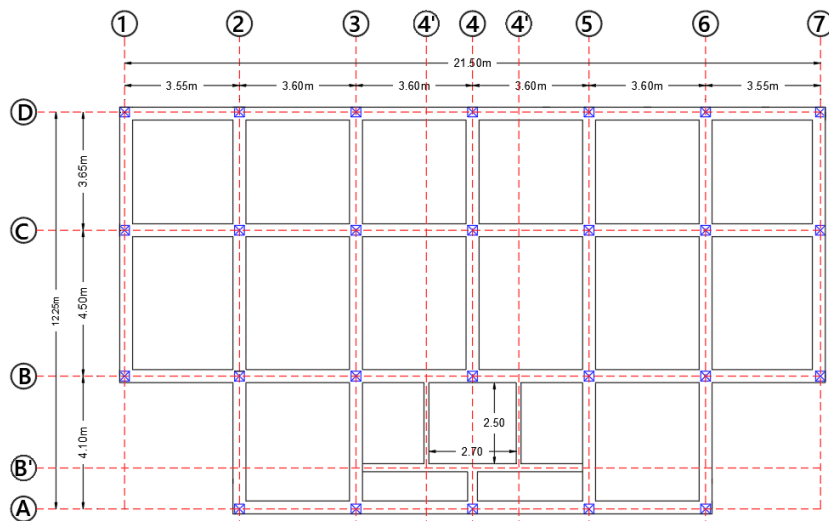
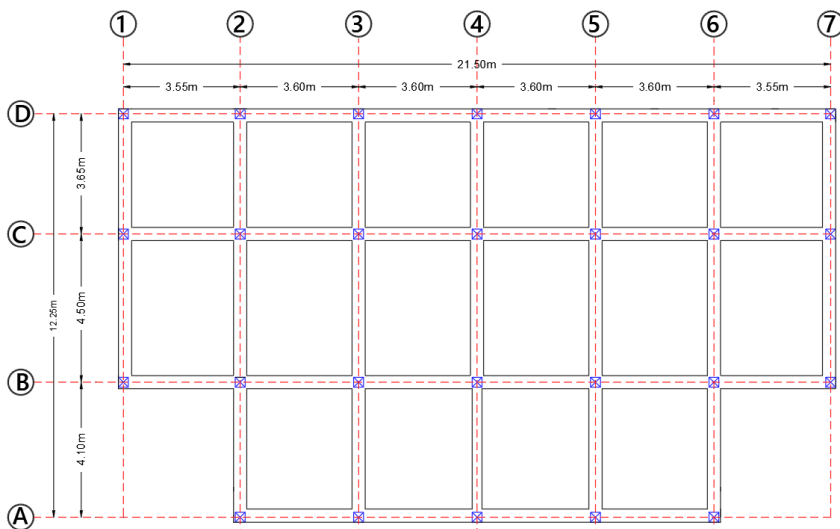


Figura 39.

Distribución de vigas en planta alta regular



Sentido X.

Para el entrepiso las cargas aplicadas son:

$$Carga Muerta = 0,874 T/m^2$$

$$Carga Viva = 0,20 T/m^2$$

Tabla 4.

Transformación de cargas, vigas de entrepiso sentido X

| Sentido X Primer Piso | | | CARGA LINEAL | | MAX CARGA EJE | | |
|-----------------------|---------------|------------|--------------|------|---------------|-------|-------|
| | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | | |
| EJE A | VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | 1,484 | |
| | VIGA 3-4 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | | |
| | VIGA 4-5 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | | |
| | VIGA 5-6 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | | |
| EJE B | VIGA 1-2 | TRIANGULAR | 3,55 | 4,5 | 1,464 | 2,968 | |
| | VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | | |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | | |
| | VIGA 3-4 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | | |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | | |
| | VIGA 4-5 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | | |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | | |
| | VIGA 5-6 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | | |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | | |
| | VIGA 6-7 | TRIANGULAR | 3,55 | 4,5 | 1,464 | | |
| | EJE C | VIGA 1-2 | TRIANGULAR | 3,55 | 3,65 | | 1,464 |
| | | | TRIANGULAR | 3,55 | 4,5 | | 1,464 |
| VIGA 2-3 | | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | | |

| | | Sentido X Primer Piso | | CARGA LINEAL | | MAX CARGA EJE | |
|--------------|------------|-----------------------|------|--------------|-------|---------------|-------|
| | | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | | |
| VIGA 3-4 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 2,968 | | |
| | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | | | |
| VIGA 4-5 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 2,968 | | |
| | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | | | |
| VIGA 5-6 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 2,968 | | |
| | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | | | |
| VIGA 6-7 | TRIANGULAR | 3,55 | 3,65 | 1,464 | 2,927 | | |
| | TRIANGULAR | 3,55 | 4,5 | 1,464 | | | |
| VIGA 1-2 | TRIANGULAR | 3,55 | 3,65 | 1,464 | 1,464 | | |
| VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 1,484 | | |
| EJE D | VIGA 3-4 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 1,484 | 1,484 |
| | VIGA 4-5 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 1,484 | |
| | VIGA 5-6 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 1,484 | |
| | VIGA 6-7 | TRIANGULAR | 3,55 | 3,65 | 1,464 | 1,464 | |
| | | | | | | | |

Para el entrepiso las cargas aplicadas son:

$$Carga Muerta = 0,614 T/m^2$$

$$Carga Viva = 0,10 T/m^2$$

Tabla 5.

Transformación de cargas, vigas de cubierta sentido X

| | | Sentido X Segundo Piso | | CARGA LINEAL | | MAX CARGA EJE | |
|--------------|----------|------------------------|-----|--------------|-------|---------------|-------|
| | | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | |
| EJE A | VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | 1,484 | 1,484 |

| Sentido X Segundo Piso | | CARGA LINEAL | | MAX CARGA EJE | | |
|------------------------|---------------|--------------|------|---------------|-------|-------|
| | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | |
| | VIGA 3-4 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | 1,484 |
| | VIGA 4-5 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | 1,484 |
| | VIGA 5-6 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | 1,484 |
| | VIGA 1-2 | TRIANGULAR | 3,55 | 4,5 | 1,464 | 1,464 |
| | VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | 2,968 |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | |
| | VIGA 3-4 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | 2,968 |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | |
| EJE B | | | | | | 2,968 |
| | VIGA 4-5 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | 2,968 |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | |
| | VIGA 5-6 | TRIANGULAR | 3,6 | 4,1 | 1,484 | 2,968 |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | |
| | VIGA 6-7 | TRIANGULAR | 3,55 | 4,5 | 1,464 | 1,464 |
| | VIGA 1-2 | TRIANGULAR | 3,55 | 3,65 | 1,464 | 2,927 |
| | | TRIANGULAR | 3,55 | 4,5 | 1,464 | |
| | VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 2,968 |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | |
| | VIGA 3-4 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 2,968 |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | |
| EJE C | | | | | | 2,968 |
| | VIGA 4-5 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 2,968 |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | |
| | VIGA 5-6 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 2,968 |
| | | TRIANGULAR | 3,6 | 4,5 | 1,484 | |
| | VIGA 6-7 | TRIANGULAR | 3,55 | 3,65 | 1,464 | 2,927 |
| | | TRIANGULAR | 3,55 | 4,5 | 1,464 | |

| Sentido X Segundo Piso | | | CARGA LINEAL | | MAX CARGA EJE | | |
|------------------------|---------------|------------|--------------|------|---------------|-------|-------|
| | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | | |
| EJE D | VIGA 1-2 | TRIANGULAR | 3,55 | 3,65 | 1,464 | 1,464 | 1,484 |
| | VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 1,484 | |
| | VIGA 3-4 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 1,484 | |
| | VIGA 4-5 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 1,484 | |
| | VIGA 5-6 | TRIANGULAR | 3,6 | 3,65 | 1,484 | 1,484 | |
| | VIGA 6-7 | TRIANGULAR | 3,55 | 3,65 | 1,464 | 1,464 | |

Tomar el peralte de 25 cm y despejar para encontrar el valor del ancho con la fórmula:

$$b = \frac{\frac{Mu}{0,9}}{Ru * d^2}$$

Donde:

Mu : Momento último

d : Peralte de viga banda

$$Ru = 39,71 \frac{kg}{cm^2}$$

Tabla 6.

Pre dimensionamiento, vigas de entrepiso sentido X

| | h | Mu | MR | b | b adoptado |
|------------------------------|----|-------|-----------|-------|------------|
| | cm | T-m | kg-cm | cm | cm |
| Sentido X Primer Piso | | | | | |
| EJE A | 25 | 1,923 | 213719,04 | 13,45 | 30 |
| EJE B | 25 | 3,794 | 421522,05 | 26,53 | 30 |
| EJE C | 25 | 3,794 | 421522,05 | 26,53 | 30 |

| | | | | | |
|-------------------------------|----|-------|-----------|-------|----|
| EJE D | 25 | 1,897 | 210761,03 | 13,27 | 30 |
| Sentido X Segundo Piso | | | | | |
| EJE A | 25 | 1,923 | 213719,04 | 13,45 | 30 |
| EJE B | 25 | 3,794 | 421522,05 | 26,53 | 30 |
| EJE C | 25 | 3,794 | 421522,05 | 26,53 | 30 |
| EJE D | 25 | 1,897 | 210761,03 | 13,27 | 30 |

Sentido Y.

Para el entrepiso las cargas aplicadas son:

$$Carga Muerta = 0,874 T/m^2$$

$$Carga Viva = 0,20 T/m^2$$

Tabla 7.

Transformación de cargas, vigas de entrepiso sentido Y

| | | Sentido Y Primer Piso | | | CARGA LINEAL | q |
|--------------|----------|-----------------------|------|------|--------------|------|
| | | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m |
| EJE 1 | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 4,50 | 1,74 | 1,74 |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 3,65 | 1,50 | 1,50 |
| | VIGA A-B | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,10 | 1,65 | 1,65 |
| EJE 2 | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 4,50 | 1,74 | 3,49 |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,75 | |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 3,65 | 1,50 | 3,01 |
| | | | 3,60 | 3,65 | 1,50 | |
| EJE 3 | VIGA A-B | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,10 | 1,65 | 3,31 |
| | | | 3,60 | 4,10 | 1,65 | |
| | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,50 | 1,75 | 3,50 |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,75 | |

| | | Sentido Y Primer Piso | | CARGA LINEAL | | q | |
|--------------|----------|-----------------------|------|--------------|------|------|------|
| | | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 3,65 | 1,50 | 3,01 | |
| | | | 3,60 | 3,65 | 1,50 | | |
| | VIGA A-B | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,10 | 1,65 | 3,31 | |
| | | | 3,60 | 4,10 | 1,65 | | |
| EJE 4 | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,50 | 1,75 | 3,50 | 3,50 |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,75 | | |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 3,65 | 1,50 | 3,01 | |
| | | | 3,60 | 3,65 | 1,50 | | |
| | VIGA A-B | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,10 | 1,65 | 3,31 | |
| | | | 3,60 | 4,10 | 1,65 | | |
| EJE 5 | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,50 | 1,75 | 3,50 | 3,50 |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,75 | | |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 3,65 | 1,50 | 3,01 | |
| | | | 3,60 | 3,65 | 1,50 | | |
| | VIGA A-B | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,10 | 1,65 | 1,65 | |
| | | | 3,55 | 4,50 | 1,74 | | |
| EJE 6 | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,50 | 1,75 | 3,49 | 3,49 |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,75 | | |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 3,65 | 1,50 | 3,01 | |
| | | | 3,60 | 3,65 | 1,50 | | |
| EJE 7 | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 4,50 | 1,74 | 1,74 | 1,74 |
| | | | 3,55 | 4,50 | 1,74 | | |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 3,65 | 1,50 | 1,50 | |

Para el entrepiso las cargas aplicadas son:

$$Carga Muerta = 0,614 T/m^2$$

$$Carga Viva = 0,10 T/m^2$$

Tabla 8.*Transformación de cargas, vigas de entrepiso sentido Y*

| | | Sentido Y Segundo Piso | | CARGA LINEAL | MAX CARGA EJE | | |
|--------------|----------|------------------------|------|--------------|---------------|------|------|
| | | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | |
| EJE 1 | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 4,50 | 1,26 | 1,26 | 1,26 |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 3,65 | 1,09 | 1,09 | |
| EJE 2 | VIGA A-B | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,10 | 1,20 | 1,20 | 2,53 |
| | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 4,50 | 1,26 | 2,53 | |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,27 | | |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 3,65 | 1,09 | 2,18 | |
| | | | 3,60 | 3,65 | 1,09 | | |
| EJE 3 | VIGA A-B | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,10 | 1,20 | 2,40 | |
| | | | 3,60 | 4,10 | 1,20 | | |
| | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,50 | 1,27 | 2,54 | |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,27 | | |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 3,65 | 1,09 | 2,18 | |
| | | | 3,60 | 3,65 | 1,09 | | |
| EJE 4 | VIGA A-B | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,10 | 1,20 | 2,40 | |
| | | | 3,60 | 4,10 | 1,20 | | |
| | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,50 | 1,27 | 2,54 | |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,27 | | |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 3,65 | 1,09 | 2,18 | |
| | | | 3,60 | 3,65 | 1,09 | | |
| EJE 5 | VIGA A-B | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,10 | 1,20 | 2,40 | |
| | | | 3,60 | 4,10 | 1,20 | | |
| | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,50 | 1,27 | 2,54 | |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,27 | | |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,27 | | |

| | | Sentido Y Segundo Piso | | CARGA LINEAL | MAX CARGA EJE | |
|-------|----------|------------------------|------|--------------|---------------|------|
| | | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 3,65 | 1,09 | 2,18 |
| | | | 3,60 | 3,65 | 1,09 | |
| EJE 6 | VIGA A-B | TRAPEZOIDAL | 3,60 | 4,10 | 1,20 | 1,20 |
| | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 4,50 | 1,26 | 2,53 |
| | | | 3,60 | 4,50 | 1,27 | |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 3,65 | 1,09 | 2,18 |
| 3,60 | | | 3,65 | 1,09 | | |
| EJE 7 | VIGA B-C | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 4,50 | 1,26 | 1,26 |
| | VIGA C-D | TRAPEZOIDAL | 3,55 | 3,65 | 1,09 | 1,09 |

Tomar el peralte de 25 cm y despejar para encontrar el valor del ancho con la fórmula:

$$b = \frac{\frac{Mu}{0,9}}{Ru * d^2}$$

Donde:

Mu : Momento último

d : Peralte de viga banda

$$Ru = 39,71 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 9.

Pre dimensionamiento vigas de entrepiso, estructura regular sentido Y

| N.º | h cm | Mu T-m | MR kg-cm | b cm | b adoptado cm |
|------------------------------|---------|-----------|-------------|---------|------------------|
| Sentido Y Primer Piso | | | | | |
| EJE 1 | 25 | 3,21 | 356693,75 | 22,45 | 40 |

| N.º | h cm | Mu T-m | MR kg-cm | b cm | b adoptado cm |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| EJE 2 | 25 | 6,46 | 717250,28 | 45,15 | 45 |
| EJE 3 | 25 | 6,48 | 719593,33 | 45,30 | 45 |
| EJE 4 | 25 | 6,48 | 719593,33 | 45,30 | 45 |
| EJE 5 | 25 | 6,48 | 719593,33 | 45,30 | 45 |
| EJE 6 | 25 | 6,46 | 717250,28 | 45,15 | 45 |
| EJE 7 | 25 | 3,21 | 356693,75 | 22,45 | 30 |
| Sentido Y Segundo Piso | | | | | |
| EJE 1 | 25 | 2,33 | 258637,58 | 16,28 | 30 |
| EJE 2 | 25 | 4,68 | 520076,04 | 32,74 | 40 |
| EJE 3 | 25 | 4,70 | 521774,98 | 32,85 | 40 |
| EJE 4 | 25 | 4,70 | 521774,98 | 32,85 | 40 |
| EJE 5 | 25 | 4,70 | 521774,98 | 32,85 | 40 |
| EJE 6 | 25 | 4,70 | 520076,04 | 32,74 | 40 |
| EJE 7 | 25 | 2,33 | 258637,58 | 16,28 | 30 |

Estructura Irregular.

Figura 40.

Distribución de vigas en planta baja irregular

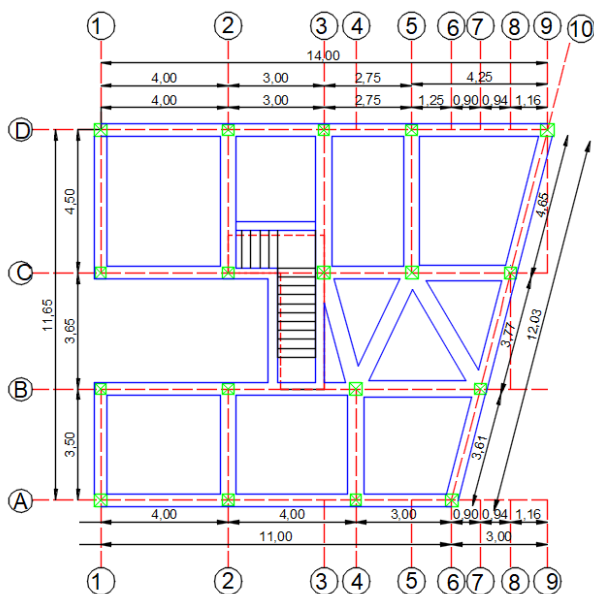
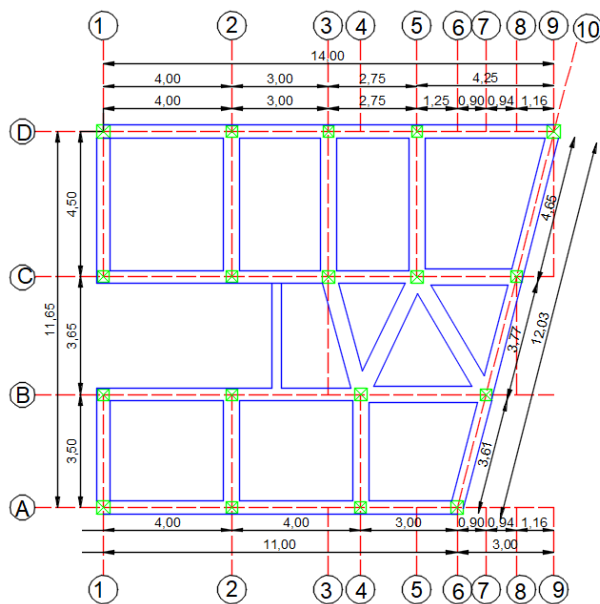


Figura 41.

Distribución de vigas en planta alta irregular



Sentido X.

Para el entrepiso las cargas aplicadas son:

$$Carga Muerta = 0,874 T/m^2$$

$$Carga Viva = 0,20 T/m^2$$

Tabla 10.

Transformación de cargas, vigas de entrepiso sentido X

| Sentido X Primer Piso | | | | | CARGA LINEAL | | q |
|-----------------------|----------|---------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| EJES | TRAMO | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | T/m |
| EJE D | VIGA 1-2 | TRIANGULAR | 4 | 4,5 | 1,65 | 1,649 | 1,649 |
| | VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3 | 4,5 | 1,24 | 1,237 | |
| | VIGA 3-5 | TRIANGULAR | 2,75 | 4,5 | 1,13 | 1,134 | |
| | VIGA 5-9 | TRIANGULAR | 3,67 | 4,575 | 1,51 | 1,513 | |
| EJE C | VIGA 1-2 | TRIANGULAR | 4 | 4,5 | 1,65 | 1,649 | 3,099 |
| | VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3 | 4,5 | 1,24 | 1,237 | |
| | VIGA 3-5 | TRIANGULAR | 2,75 | 4,5 | 1,13 | 2,623 | |
| | | TRAPEZOIDAL | 2,75 | 4,5 | 1,49 | | |
| | VIGA 5-8 | TRIANGULAR | 3,67 | 4,575 | 1,51 | 3,099 | |
| | | TRAPEZOIDAL | 3,495 | 3,91 | 1,59 | | |
| EJE B | VIGA 1-2 | TRAPEZOIDAL | 3,5 | 4 | 1,61 | 1,612 | 3,008 |
| | VIGA 2-4 | TRAPEZOIDAL | 3,5 | 4 | 1,61 | 1,612 | |
| | VIGA 4-7 | TRAPEZOIDAL | 3,495 | 3,91 | 1,59 | 3,008 | |
| | | TRIANGULAR | 3,45 | 3,555 | 1,42 | | |
| EJE A | VIGA 1-2 | TRAPEZOIDAL | 3,5 | 4 | 1,61 | 1,612 | 1,612 |
| | VIGA 2-4 | TRAPEZOIDAL | 3,5 | 4 | 1,61 | 1,612 | |
| | VIGA 4-6 | TRIANGULAR | 3,45 | 3,555 | 1,42 | 1,422 | |

Para la cubierta las cargas aplicadas son:

$$Carga Muerta = 0,614 T/m^2$$

$$Carga Viva = 0,10 T/m^2$$

Tabla 11.

Transformación de cargas, vigas de cubierta sentido X

| Sentido X Segundo Piso | | | CARGA LINEAL | | | | q |
|------------------------|----------|---------------|--------------|------|------|------|------|
| EJES | TRAMOS | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | T/m |
| EJE D | VIGA 1-2 | TRIANGULAR | 4,00 | 4,50 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |
| | VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3,00 | 4,50 | 0,90 | 0,90 | |
| | VIGA 3-5 | TRIANGULAR | 2,75 | 4,50 | 0,82 | 0,82 | |
| | VIGA 5-9 | TRIANGULAR | 3,67 | 4,58 | 1,10 | 1,10 | |
| EJE C | VIGA 1-2 | TRIANGULAR | 4,00 | 4,50 | 1,20 | 1,20 | 2,25 |
| | VIGA 2-3 | TRIANGULAR | 3,00 | 4,50 | 0,90 | 0,90 | |
| | VIGA 3-5 | TRIANGULAR | 2,75 | 4,50 | 0,82 | 1,90 | |
| | | TRAPEZOIDAL | 2,75 | 4,50 | 1,08 | | |
| | VIGA 5-8 | TRIANGULAR | 3,67 | 4,58 | 1,10 | 2,25 | |
| | | TRAPEZOIDAL | 3,50 | 3,91 | 1,15 | | |
| EJE B | VIGA 1-2 | TRAPEZOIDAL | 3,50 | 4,00 | 1,17 | 1,17 | 2,18 |
| | VIGA 2-4 | TRAPEZOIDAL | 3,50 | 4,00 | 1,17 | 1,17 | |
| | VIGA 4-7 | TRAPEZOIDAL | 3,50 | 3,91 | 1,15 | 2,18 | |
| | | TRIANGULAR | 3,45 | 3,56 | 1,03 | | |
| EJE A | VIGA 1-2 | TRAPEZOIDAL | 3,50 | 4,00 | 1,17 | 1,17 | 1,17 |
| | VIGA 2-4 | TRAPEZOIDAL | 3,50 | 4,00 | 1,17 | 1,17 | |
| | VIGA 4-6 | TRIANGULAR | 3,45 | 3,56 | 1,03 | 1,03 | |

Tomar el peralte de 25 cm y despejar para encontrar el valor del ancho con la formula:

$$b = \frac{\frac{Mu}{0,9}}{Ru * d^2}$$

Donde:

Mu : Momento último

d : Peralte de viga banda

$Ru = 39,71 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 12.

Predimensionamiento de vigas, sentido X

| N.º | h cm | Mu T-m | MR kg-cm | b cm | b adoptado cm |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Sentido X Primer Piso | | | | | |
| EJE D | 25 | 2,13 | 236398,94 | 14,88 | 30 |
| EJE C | 25 | 3,8 | 421768,34 | 26,55 | 50 |
| EJE B | 25 | 4,81 | 534756,89 | 33,66 | 50 |
| EJE A | 25 | 2,58 | 286582,59 | 18,04 | 30 |
| Sentido X Segundo Piso | | | | | |
| EJE D | 25 | 1,54 | 171412,17 | 10,79 | 30 |
| EJE C | 25 | 2,75 | 305822,97 | 19,25 | 50 |
| EJE B | 25 | 3,49 | 387750,63 | 24,41 | 50 |
| EJE A | 25 | 1,87 | 207800,19 | 13,08 | 30 |

Sentido Y.

Para el entrepiso las cargas aplicadas son:

$$Carga Muerta = 0,874 T/m^2$$

$$Carga Viva = 0,20 T/m^2$$

Tabla 13.

Transformación de cargas, vigas de entrepiso sentido Y

| Sentido Y Primer Piso | | | | | CARGA | | MAX CARGA |
|-----------------------|------------|---------------|------|------|--------|------|-----------|
| | | | | | LINEAL | | EJE |
| EJES | TRAMO | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | T/m |
| EJE 1 | VIGA D-C | TRAPEZOIDAL | 4,00 | 4,50 | 1,82 | 1,82 | 1,82 |
| | VIGA B-A | TRIANGULAR | 3,50 | 4,00 | 1,44 | 1,44 | |
| EJE 2 | VIGA D-C | TRAPEZOIDAL | 4,00 | 4,50 | 1,82 | 3,40 | 3,40 |
| | | | 3,00 | 4,50 | 1,58 | | |
| | VIGA B-A | TRIANGULAR | 3,50 | 4,00 | 1,44 | 2,89 | |
| | | | 3,50 | 4,00 | 1,44 | | |
| EJE 3 | VIGA D-C | TRAPEZOIDAL | 3,00 | 4,50 | 1,58 | 3,07 | 3,07 |
| | | | 2,75 | 4,50 | 1,49 | | |
| | VIGA C-B | TRIANGULAR | 2,75 | 3,65 | 1,13 | 1,13 | |
| | VIGA C3-B4 | TRIANGULAR | 2,75 | 3,78 | 1,13 | 1,13 | |
| EJE 4 | VIGA B-A | TRIANGULAR | 3,50 | 4,00 | 1,44 | 1,44 | 1,44 |
| | | TRAPEZOIDAL | 3,45 | 3,50 | 1,44 | 1,44 | |
| EJE 5 | VIGA D-C | TRAPEZOIDAL | 2,75 | 4,50 | 1,49 | 3,26 | 3,26 |
| | | | 3,67 | 4,50 | 1,77 | | |

| Sentido Y Primer Piso | | | | CARGA | | | MAX CARGA |
|-----------------------|----------------|-------------|------|--------|------|------|-----------|
| | | | | LINEAL | | | EJE |
| EJE 10 | VIGA C5- B4 | TRAPEZOIDAL | 2,75 | 4,04 | 1,44 | 2,88 | |
| | VIGA C5- B7 | TRAPEZOIDAL | 3,09 | 4,24 | 1,57 | 1,57 | |
| | | TRIANGULAR | 3,09 | 4,24 | 1,27 | 1,27 | |
| | VIGA D-C | TRAPEZOIDAL | 3,67 | 4,65 | 1,80 | 1,80 | |
| | VIGA C-B | TRIANGULAR | 3,09 | 3,77 | 1,27 | 1,27 | 1,80 |
| | VIGA B-A | TRAPEZOIDAL | 3,45 | 3,61 | 1,48 | 1,48 | |

Para la cubierta las cargas aplicadas son:

$$Carga Muerta = 0,614 T/m^2$$

$$Carga Viva = 0,10 T/m^2$$

Tabla 14.

Transformación de cargas, vigas de cubierta sentido Y

| Sentido Y Segundo Piso | | | | CARGA | | | MAX CARGA |
|------------------------|----------|---------------|------|--------|------|------|-----------|
| | | | | LINEAL | | | EJE |
| EJES | TRAMO | TIPO DE CARGA | S | L | T/m | T/m | T/m |
| EJE 1 | VIGA D-C | TRAPEZOIDAL | 4,00 | 4,50 | 1,32 | 1,32 | 1,32 |
| | VIGA B-A | TRIANGULAR | 3,50 | 4,00 | 1,05 | 1,05 | |
| EJE 2 | VIGA D-C | TRAPEZOIDAL | 4,00 | 4,50 | 1,32 | 2,47 | 2,47 |
| | | | 3,00 | 4,50 | 1,15 | | |
| | VIGA B-A | TRIANGULAR | 3,50 | 4,00 | 1,05 | 2,09 | |
| | | | 3,50 | 4,00 | 1,05 | | |
| EJE 3 | VIGA D-C | TRAPEZOIDAL | 3,00 | 4,50 | 1,15 | 2,23 | 2,23 |

| Sentido Y Segundo Piso | | | CARGA | | | | MAX CARGA |
|------------------------|------------|-------------|--------|------|------|------|-----------|
| | | | LINEAL | | | | EJE |
| | | | 2,75 | 4,50 | 1,08 | | |
| | VIGA C3-B4 | TRIANGULAR | 2,75 | 3,78 | 0,82 | 0,82 | |
| EJE 4 | VIGA B-A | TRIANGULAR | 3,50 | 4,00 | 1,05 | 1,05 | 1,05 |
| | | TRAPEZOIDAL | 3,45 | 3,50 | 1,05 | 1,05 | |
| | VIGA D-C | TRAPEZOIDAL | 2,75 | 4,50 | 1,08 | 2,36 | |
| | | | 3,67 | 4,50 | 1,28 | | |
| EJE 5 | VIGA C5-B4 | TRAPEZOIDAL | 2,75 | 4,04 | 1,04 | 2,09 | 2,36 |
| | | | 2,75 | 4,04 | 1,04 | | |
| | VIGA C5-B7 | TRAPEZOIDAL | 3,09 | 4,24 | 1,14 | 1,14 | |
| | | TRIANGULAR | 3,09 | 4,24 | 0,92 | 0,92 | |
| | VIGA D-C | TRAPEZOIDAL | 3,67 | 4,65 | 1,30 | 1,30 | |
| EJE 10 | VIGA C-B | TRIANGULAR | 3,09 | 3,77 | 0,92 | 0,92 | 1,30 |
| | VIGA B-A | TRAPEZOIDAL | 3,45 | 3,61 | 1,08 | 1,08 | |

Tabla 15.

Pre dimensionamiento, vigas sentido Y

| N.º | h | Mu | MR | b | b adoptado |
|------------------------------|----|------|-----------|-------|------------|
| | cm | T-m | kg-cm | cm | cm |
| Sentido Y Primer Piso | | | | | |
| EJE 1 | 25 | 2,64 | 292840,21 | 18,43 | 30 |
| EJE 2 | 25 | 4,92 | 546825,93 | 34,42 | 50 |
| EJE 3 | 25 | 5,66 | 629221,03 | 39,61 | 50 |
| EJE 4 | 25 | 5,66 | 629221,03 | 39,61 | 50 |
| EJE 5 | 25 | 6,22 | 690724,28 | 43,48 | 50 |
| EJE 10 | 25 | 3,19 | 354145,20 | 22,29 | 30 |

| N.º | h cm | Mu T-m | MR kg-cm | b cm | b adoptado cm |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| EJE 3-C3-B4-A4 | 25 | 5,66 | 629221,03 | 39,61 | 50 |
| EJE 5-C5-B4-A4 | 25 | 6,22 | 690724,28 | 43,48 | 50 |
| EJE 5-C5-B7-A6 | 25 | 6,22 | 690724,28 | 43,48 | 50 |
| Sentido Y Segundo Piso | | | | | |
| EJE 1 | 25 | 1,911 | 212337,57 | 13,37 | 30 |
| EJE 2 | 25 | 3,569 | 396501,85 | 24,96 | 50 |
| EJE 3 | 25 | 4,106 | 456246,30 | 28,72 | 50 |
| EJE 4 | 25 | 4,106 | 456246,30 | 28,72 | 50 |
| EJE 5 | 25 | 4,508 | 500842,12 | 31,53 | 50 |
| EJE 10 | 25 | 2,311 | 256789,63 | 16,16 | 30 |
| EJE 3-C3-B4-A4 | 25 | 4,106 | 456246,30 | 28,72 | 50 |
| EJE 5-C5-B4-A4 | 25 | 4,508 | 500842,12 | 31,53 | 50 |
| EJE 5-C5-B7-A6 | 25 | 4,508 | 500842,12 | 31,53 | 50 |

Predimensionamiento de Columnas

Para realizar el predimensionamiento de las columnas, se determinó las respectivas áreas cooperantes que inciden en la distribución de las cargas verticales provenientes de la losa y viga hacia las columnas, considerando únicamente que para el predimensionamiento se usan las cargas de servicio (Riofrio & Vicente, 2019).

De acuerdo con la NEC-SE-HM la dimensión más pequeña de la sección transversal, medida sobre una línea recta que pasa por su centroide geométrico, no será menor que 300 mm. Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0,25 m, pero su área no puede ser menor de $0,09 m^2$ (NEC-SE-HM, 2015)

Estructura regular.

Figura 42.

Distribución de columnas en planta regular

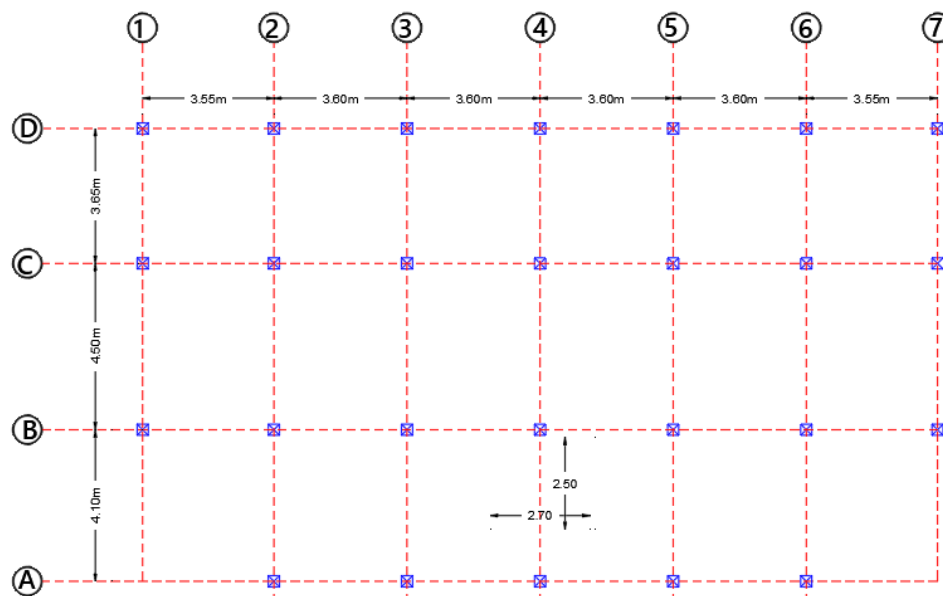


Tabla 16.

Pre dimensionamiento de columnas estructura regular primer piso

| COLUMNA | ÁREA m ² | P T | Ag=20*P cm ² | L cm | L adop cm |
|--------------|------------------------|--------|----------------------------|---------|--------------|
| Eje 1 | | | | | |
| Col B1 | 3,99 | 7,14 | 142,82 | 11,95 | 30 |
| Col C1 | 7,14 | 12,77 | 255,48 | 15,98 | 30 |
| Col D1 | 3,24 | 5,79 | 115,84 | 10,76 | 30 |
| Eje 2 | | | | | |
| Col A2 | 3,69 | 6,6 | 131,95 | 11,49 | 30 |
| Col B2 | 11,73 | 20,98 | 419,6 | 20,48 | 30 |
| Col C2 | 14,57 | 26,05 | 520,96 | 22,82 | 30 |

| COLUMNA | ÁREA m ² | P T | Ag=20*P cm ² | L cm | L adop cm |
|----------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|
| Col D2 | 6,52 | 11,67 | 233,31 | 15,27 | 30 |
| Eje 3 | | | | | |
| Col A3 | 7,38 | 13,2 | 263,91 | 16,25 | 30 |
| Col B3 | 15,48 | 27,68 | 553,56 | 23,53 | 30 |
| Col C3 | 14,67 | 26,23 | 524,6 | 22,9 | 30 |
| Col D3 | 6,57 | 11,75 | 234,94 | 15,33 | 30 |
| Eje 4 | | | | | |
| Col A4 | 7,38 | 13,2 | 263,91 | 16,25 | 30 |
| Col B4 | 15,48 | 27,68 | 553,56 | 23,53 | 30 |
| Col C4 | 14,67 | 26,23 | 524,6 | 22,9 | 30 |
| Col D4 | 6,57 | 11,75 | 234,94 | 15,33 | 30 |
| Eje 5 | | | | | |
| Col A5 | 7,38 | 13,2 | 263,91 | 16,25 | 30 |
| Col B5 | 15,48 | 27,68 | 553,56 | 23,53 | 30 |
| Col C5 | 14,67 | 26,23 | 524,6 | 22,9 | 30 |
| Col D5 | 6,57 | 11,75 | 234,94 | 15,33 | 30 |
| Eje 6 | | | | | |
| Col A6 | 3,69 | 6,6 | 131,95 | 11,49 | 30 |
| Col B6 | 11,73 | 20,98 | 419,6 | 20,48 | 30 |
| Col C6 | 14,57 | 26,05 | 520,96 | 22,82 | 30 |
| Col D6 | 6,52 | 11,67 | 233,31 | 15,27 | 30 |
| Eje 7 | | | | | |
| Col B7 | 3,99 | 7,14 | 142,82 | 11,95 | 30 |
| Col C7 | 7,14 | 12,77 | 255,48 | 15,98 | 30 |
| Col D7 | 3,24 | 5,79 | 115,84 | 10,76 | 30 |

Tabla 17.*Pre dimensionamiento de columnas estructura regular segundo piso*

| COLUMNA | ÁREA m ² | P T | Ag=20*P cm ² | L cm | L adop cm |
|----------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|
| Eje 1 | | | | | |
| Col B1 | 3,99 | 2,85 | 57,03 | 7,55 | 30 |
| Col C1 | 7,14 | 5,10 | 102,02 | 10,10 | 30 |
| Col D1 | 3,24 | 2,31 | 46,26 | 6,80 | 30 |
| Eje 2 | | | | | |
| Col A2 | 3,69 | 2,63 | 52,69 | 7,26 | 30 |
| Col B2 | 11,73 | 8,38 | 167,56 | 12,94 | 30 |
| Col C2 | 14,57 | 10,40 | 208,03 | 14,42 | 30 |
| Col D2 | 6,52 | 4,66 | 93,17 | 9,65 | 30 |
| Eje 3 | | | | | |
| Col A3 | 7,38 | 5,27 | 105,39 | 10,27 | 30 |
| Col B3 | 15,48 | 11,05 | 221,05 | 14,87 | 30 |
| Col C3 | 14,67 | 10,47 | 209,49 | 14,47 | 30 |
| Col D3 | 6,57 | 4,69 | 93,82 | 9,69 | 30 |
| Eje 4 | | | | | |
| Col A4 | 7,38 | 5,27 | 105,39 | 10,27 | 30 |
| Col B4 | 15,48 | 11,05 | 221,05 | 14,87 | 30 |
| Col C4 | 14,67 | 10,47 | 209,49 | 14,47 | 30 |
| Col D4 | 6,57 | 4,69 | 93,82 | 9,69 | 30 |
| Eje 5 | | | | | |
| Col A5 | 7,38 | 5,27 | 105,39 | 10,27 | 30 |
| Col B5 | 15,48 | 11,05 | 221,05 | 14,87 | 30 |

| COLUMNA | ÁREA m ² | P T | Ag=20°P cm ² | L cm | L adop cm |
|----------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|
| Col C5 | 14,67 | 10,47 | 209,49 | 14,47 | 30 |
| Col D5 | 6,57 | 4,69 | 93,82 | 9,69 | 30 |
| Eje 6 | | | | | |
| Col A6 | 3,69 | 2,63 | 52,69 | 7,26 | 30 |
| Col B6 | 11,73 | 8,38 | 167,56 | 12,94 | 30 |
| Col C6 | 14,57 | 10,40 | 208,03 | 14,42 | 30 |
| Col D6 | 6,52 | 4,66 | 93,17 | 9,65 | 30 |
| Eje 7 | | | | | |
| Col B7 | 3,99 | 2,85 | 57,03 | 7,55 | 30 |
| Col C7 | 7,14 | 5,10 | 102,02 | 10,10 | 30 |
| Col D7 | 3,24 | 2,31 | 46,26 | 6,80 | 30 |

Estructura Irregular.

Figura 43.

Distribución de columnas en planta irregular

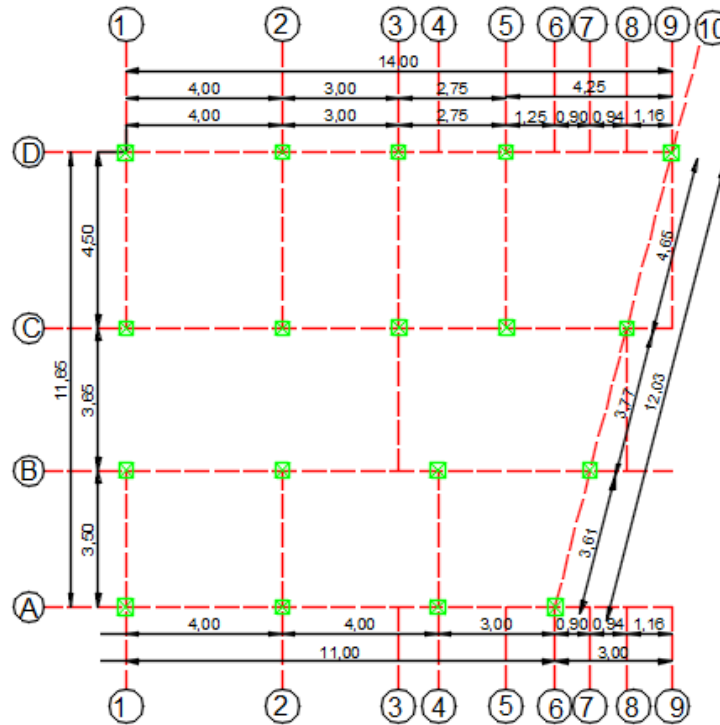


Tabla 18.

Pre dimensionamiento de columnas estructura irregular

| COLUMNA | Área cooperante (m ²) | P(Carga de servicio) (T) | Ag=20P (cm ²) | Sección mínima (cm) | L adoptada (cm) |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Eje D | | | | | |
| Col D1 | 4,50 | 8,05 | 160,92 | 12,69 | 30 |
| Col D2 | 7,88 | 14,08 | 281,61 | 16,78 | 30 |
| Col D3 | 6,47 | 11,57 | 231,32 | 15,21 | 30 |
| Col D5 | 7,88 | 14,08 | 281,61 | 16,78 | 30 |
| Col D9 | 4,14 | 7,40 | 148,05 | 12,17 | 30 |

| COLUMNA | Área cooperante (m²) | P(Carga de servicio) (T) | Ag=20P (cm²) | Sección mínima (cm) | L adoptada (cm) |
|----------------|--|---|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Eje C | | | | | |
| Col C1 | 4,50 | 8,05 | 160,92 | 12,69 | 30 |
| Col C2 | 7,88 | 14,08 | 281,61 | 16,78 | 30 |
| Col C3 | 11,44 | 20,45 | 409,09 | 20,23 | 30 |
| Col C5 | 11,90 | 21,28 | 425,54 | 20,63 | 30 |
| Col C8 | 6,52 | 11,66 | 233,16 | 15,27 | 30 |
| Eje B | | | | | |
| Col B1 | 3,5 | 6,26 | 125,16 | 11,19 | 30 |
| Col B2 | 7 | 12,52 | 250,32 | 15,82 | 30 |
| Col B4 | 14,76 | 26,39 | 527,82 | 22,97 | 30 |
| Col B7 | 7,01 | 12,53 | 250,68 | 15,83 | 30 |
| Eje A | | | | | |
| Col A1 | 3,5 | 6,26 | 125,16 | 11,19 | 30 |
| Col A2 | 7 | 12,52 | 250,32 | 15,82 | 30 |
| Col A4 | 6,13 | 10,96 | 219,21 | 14,81 | 30 |
| Col A6 | 3,02 | 5,40 | 108,00 | 10,39 | 30 |

Sistema de muros portantes de hormigón armado

Predimensionamiento de Losa

En el predimensionamiento de la losa de las estructuras regular e irregular se toma en consideración el análisis de los paneles más críticos de las dos estructuras, para lo cual, se determina la altura y el tipo de losa alivianada (unidireccionales o bidireccionales), en función de las luces de los paneles.

Tabla 19.*Definir tipo de losa*

| Tipo de Losa | Condición |
|----------------------------|--|
| Losa Unidireccional | $\frac{\text{Luz mayor}}{\text{Luz menor}} \geq 2$ |
| Losa Bidireccional | $\frac{\text{Luz mayor}}{\text{Luz menor}} < 2$ |

Teniendo en cuenta que para la estructura regular la luz mayor es de 4,50 m, y la luz menor 3,55 m, y para la estructura irregular la luz mayor es 4,50 m y la luz menor 2,75 m, se calcula:

Tabla 20.*Análisis de tipo de losa*

| Estructura Regular | Estructura Irregular |
|--------------------------------|--------------------------------|
| $\frac{4,50}{3,55} = 1,27 < 2$ | $\frac{4,50}{2,75} = 1,63 < 2$ |
| ∴ es bidireccional | ∴ es bidireccional |

Para calcular la altura de la losa bidireccional alivianada se utilizará las ecuaciones presentadas en el capítulo 8 del código ACI 318-19 para losas macizas.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{F_y}{14000} \right)}{36 + 9\beta} \geq 9 \text{ cm}$$

Donde:

l_n : Corresponde a la luz libre en la dirección larga, medida cara a cara de las vigas (cm).

β : Relación de la luz libre en la dirección larga a la luz libre en la dirección corta de la losa.

f_y : Límite de fluencia del acero (kg/cm^2).

$$\beta = \frac{450}{355} = 1,27$$

$$h = \frac{450 \left(0,8 + \frac{4200}{14000} \right)}{36 + 9(1,27)} = 10,44 \text{ cm} \geq 9 \text{ cm}$$

Esta ecuación permite obtener un resultado de altura inicial de 10,44 cm en las estructuras regular e irregular como losa maciza.

Los valores obtenidos para las dos estructuras corresponden a una losa bidireccional maciza sin embargo no es el tipo de losa a utilizar en el proyecto por este motivo se opta el uso de la tabla de alturas equivalentes entre losa maciza y alivianada.

Tabla 21.

Alturas equivalente de losas

| h Losa Maciza (cm) | h Equivalente de Losa Alivianada (cm) |
|-------------------------|--|
| h < 10,88 | 15 |
| 10,88 ≤ h ≤ 14,5 | 20 |
| 14,5 ≤ h ≤ 18,5 | 25 |
| 18,6 ≤ h ≤ 21,4 | 30 |

Adoptado de Diseños en Hormigón Armado(Marcelo, 2008).

Como las alturas de losa maciza es de 10,44 cm, se puede optar que el espesor de la losa alivianada sea de 15 cm, pero se recomienda que losas de entrepiso tengan un espesor mínimo de 20 cm por efectos de acústica, razón por la cual se opta por una losa alivianada de 20 cm de espesor. A continuación, se procede a realizar el análisis de cargas, tanto para la estructura regular como irregular presentado a continuación:

Tabla 22.

Análisis de Cargas

| Descripción | Cálculo | Cantidad | Unidad |
|---|---------------------------|----------|------------------|
| Carpeta de Compresión | $(1,00*1,00*0,05) *2,4$ | 0,12 | T/m ² |
| Nervios | $0,1*0,15*3,6*2,4$ | 0,13 | T/m ² |
| Bloques 20x40x15 | $8*(0,2*0,4*0,15*0,8)$ | 0,08 | T/m ² |
| Peso de Losa | $0,12+0,13+0,08$ | 0,33 | T/m ² |
| Peso Viga 10%*Peso de Losa | $10%*(0,33)$ | 0,03 | T/m ² |
| Peso de Mampostería (*) | Adoptado | 0,12 | T/m ² |
| Peso de Muros de Hormigón Armado | $1*1*0,15*2,40$ | 0,36 | T/m ² |
| Peso de acabados | Adoptado | 0,13 | T/m ² |
| Carga Muerta de Entrepiso | $0,33+0,3+0,12+0,36+0,13$ | 1,24 | T/m ² |
| Carga Muerta de Cubierta | $0,33+0,03+0,13$ | 0,49 | T/m ² |
| Carga Viva Entrepiso | Vivienda NEC 15 | 0,20 | T/m ² |
| Carga Viva Cubierta | Vivienda NEC 15 | 0,10 | T/m ² |

Nota: (*) Se presenta la tabla con cargas actuantes, en donde el peso de mampostería solo se lo utiliza en ciertos paneles que requieren dicha mampostería, adicionalmente el peso de muros de hormigón armado se lo calcula por m².

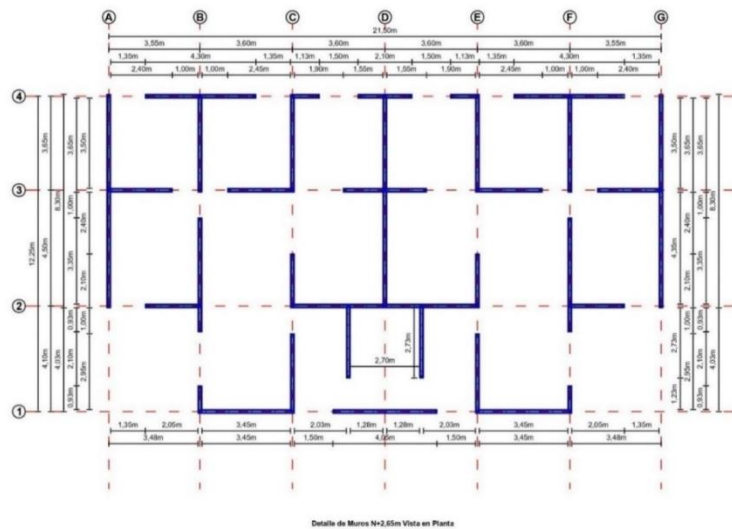
Distribución de Muros de las Estructuras

La distribución de los elementos estructurales busca en gran medida distribuir los muros portantes de hormigón de acuerdo con la estructura arquitectónica, teniendo en cuenta los elementos constituyentes y divisiones de ambientes, de acuerdo con ello se tiene lo siguiente:

Regular.

Figura 44.

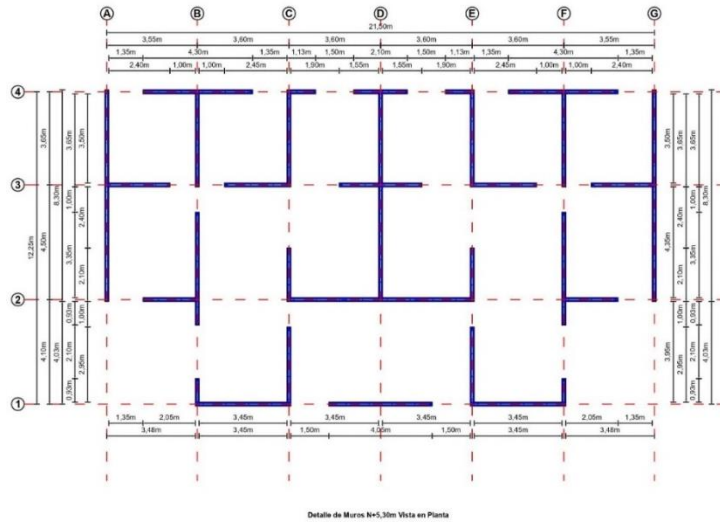
Detalle de muros estructura regular N.+ 2,65 m



Nota: Se presenta la distribución de los muros desde el N.+ 0,00 m al N.+ 2,65 m representados en color azul.

Figura 45.

Detalle de muros estructura regular N.+ 5,30 m

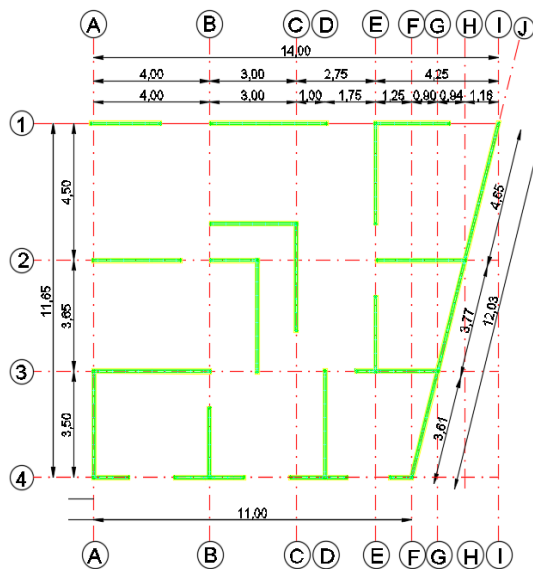


Nota: Se presenta la distribución de los muros desde el N.+ 2,65 m al N.+ 5,30 m representados en color azul.

Irregular.

Figura 46.

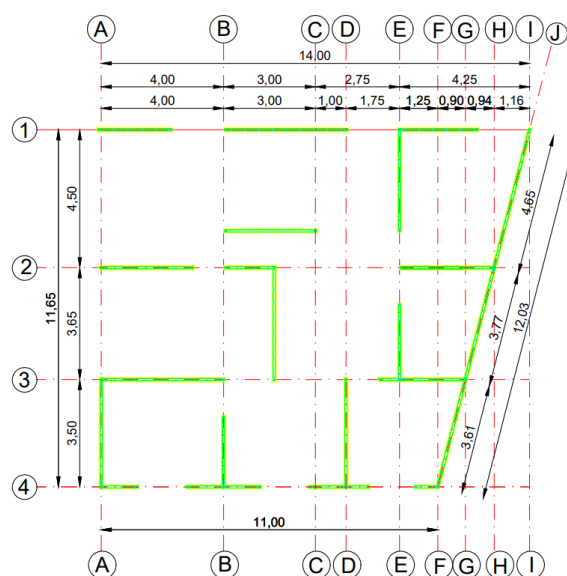
Detalle de muros estructura irregular N.+ 2,65 m



Nota: Se presenta la distribución de los muros desde el N.+ 0,00 m al N.+ 2,65 m representados en color verde.

Figura 47.

Detalle de muros estructura irregular N.+ 5,30 m



Nota: Se presenta la distribución de los muros desde el N.+ 2,65 m al N.+ 5,30 m representados en color verde.

Predimensionamiento de Muros

Para obtener el espesor del muro portante hay que tener en cuenta que el espesor no será menor a 8 cm, ni a $H/30$, ($265/30 = 8,83cm$) de su altura (NEC-SE-HM, 2015). Por lo que mediante las dimensiones de la estructura regular e irregular se adoptará un espesor de 15 cm, el cual brindará seguridad.

Densidades de muros.

El chequeo de la densidad de los muros está dado por la división, entre la sumatoria de las áreas de corte de los muros sobre el área total de la estructura y esta

debe ser mayor a la fórmula del (NEC-SE-DS, 2015), esta comprobación se realiza para la estructura regular e irregular.

$$\frac{\text{Área de corte de los muros}}{\text{Área en planta típica}} = \frac{\sum L * t}{A_p} \geq \frac{Z * U * S * N}{56}$$

Dónde:

$Z = 0,4$ (La vivienda se encuentra en la ciudad de Quito) (NEC-SE-DS, 2015).

$U = 1$ (Edificio destinado a vivienda) (NEC-SE-DS, 2015).

$S = 1,2$ (Coeficiente de perfil del suelo) (NEC-SE-DS, 2015)

$N = 2$ (Número de pisos)

$$\frac{0,4 * 1 * 1,2 * 2}{56} = 0,017$$

Tabla 23.

Área en planta típica

| Área en planta típica | | | |
|------------------------------|-------------|--------|-------------------|
| Regular | 1era Planta | 232,33 | (m ²) |
| | 2da Planta | 239,35 | (m ²) |
| Irregular | 1era Planta | 122,15 | (m ²) |
| | 2da Planta | 129,52 | (m ²) |

Regular.

Tabla 24.

Área de muros portantes primera planta regular

| Muro | Cantidad | L (m) | t (m) | Área (m²) |
|-------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| M1 | 2,00 | 0,93 | 0,15 | 0,28 |
| M2 | 2,00 | 3,75 | 0,15 | 1,13 |
| M3 | 2,00 | 2,95 | 0,15 | 0,89 |
| M4 | 1,00 | 4,05 | 0,15 | 0,61 |

| Muro | Cantidad | L (m) | t (m) | Área (m ²) |
|------|----------|-------|-------|------------------------|
| M5 | 2,00 | 4,43 | 0,15 | 1,33 |
| M6 | 2,00 | 2,05 | 0,15 | 0,62 |
| M7 | 3,00 | 8,30 | 0,15 | 3,74 |
| M8 | 2,00 | 2,40 | 0,15 | 0,72 |
| M9 | 2,00 | 3,65 | 0,15 | 1,10 |
| M10 | 2,00 | 4,30 | 0,15 | 1,29 |
| M11 | 2,00 | 2,45 | 0,15 | 0,74 |
| M12 | 2,00 | 3,80 | 0,15 | 1,14 |
| M13 | 4,00 | 0,98 | 0,15 | 0,59 |
| M14 | 2,00 | 2,10 | 0,15 | 0,63 |
| M15 | 2,00 | 3,45 | 0,15 | 1,04 |
| M16 | 2,00 | 1,55 | 0,15 | 0,47 |
| M17 | 2,00 | 2,73 | 0,15 | 0,82 |

Nota: Contiene la longitud, espesor y área de cada muro de la primera planta para la estructura regular.

$$\frac{\sum L * t}{A_p} = \frac{17,09}{232,33} = 0,073 \geq 0,0171 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Tabla 25.

Área de muros portantes segunda planta regular

| Muro | Cantidad | L (m) | t (m) | Área (m ²) |
|------|----------|-------|-------|------------------------|
| M1 | 2,00 | 0,93 | 0,15 | 0,28 |
| M2 | 2,00 | 3,75 | 0,15 | 1,13 |
| M3 | 2,00 | 2,95 | 0,15 | 0,89 |
| M4 | 1,00 | 4,05 | 0,15 | 0,61 |
| M5 | 2,00 | 4,43 | 0,15 | 1,33 |

| Muro | Cantidad | L (m) | t (m) | Área (m ²) |
|------|----------|-------|-------|------------------------|
| M6 | 2,00 | 2,05 | 0,15 | 0,62 |
| M7 | 3,00 | 8,30 | 0,15 | 3,74 |
| M8 | 2,00 | 2,40 | 0,15 | 0,72 |
| M9 | 2,00 | 3,65 | 0,15 | 1,10 |
| M10 | 2,00 | 4,30 | 0,15 | 1,29 |
| M11 | 2,00 | 2,45 | 0,15 | 0,74 |
| M12 | 2,00 | 3,80 | 0,15 | 1,14 |
| M13 | 4,00 | 0,98 | 0,15 | 0,59 |
| M14 | 2,00 | 2,10 | 0,15 | 0,63 |
| M15 | 2,00 | 3,45 | 0,15 | 1,04 |
| M16 | 2,00 | 1,55 | 0,15 | 0,47 |

Nota: Contiene la longitud, espesor y área de cada muro de la segunda planta para la estructura regular.

$$\frac{\sum L * t}{A_p} = \frac{16,27}{239,35} = 0,068 \geq 0,0171 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Irregular.

Tabla 26.

Área de muros portantes primera planta

| # Muro | t[m] | L[m] | Área [m ²] |
|--------|------|------|------------------------|
| M1 | 0,15 | 3,50 | 0,53 |
| M2 | 0,15 | 2,35 | 0,35 |
| M3 | 0,15 | 3,65 | 0,55 |
| M4 | 0,15 | 3,65 | 0,55 |
| M5 | 0,15 | 2,50 | 0,38 |

| # Muro | t[m] | L[m] | Área [m ²] |
|--------|------|------|------------------------|
| M6 | 0,15 | 3,35 | 0,50 |
| M7 | 0,15 | 1,25 | 0,19 |
| M8 | 0,15 | 2,50 | 0,38 |
| M9 | 0,15 | 2,05 | 0,31 |
| M10 | 0,15 | 0,80 | 0,12 |
| M11 | 0,15 | 4,65 | 0,70 |
| M12 | 0,15 | 3,77 | 0,57 |
| M13 | 0,15 | 3,61 | 0,54 |
| M14 | 0,15 | 4,00 | 0,60 |
| M15 | 0,15 | 2,85 | 0,43 |
| M16 | 0,15 | 3,05 | 0,46 |
| M17 | 0,15 | 1,65 | 0,25 |
| M18 | 0,15 | 3,09 | 0,46 |
| M19 | 0,15 | 3,00 | 0,45 |
| M20 | 0,15 | 2,35 | 0,35 |
| M21 | 0,15 | 4,10 | 0,62 |
| M22 | 0,15 | 2,60 | 0,39 |

Nota: Contiene la longitud, espesor y área de cada muro de la primera planta para la estructura irregular.

$$\frac{\sum L * t}{A_p} = \frac{5,751}{122,52} = 0,0789 \geq 0,0171 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Tabla 27.

Área de muros portantes segunda planta

| # Muro | t[m] | L[m] | Área [m ²] |
|--------|------|------|------------------------|
| M1 | 0,15 | 3,50 | 0,53 |
| M2 | 0,15 | 2,35 | 0,35 |

| # Muro | t[m] | L[m] | Área [m ²] |
|--------|------|------|------------------------|
| M3 | 0,15 | 3,65 | 0,55 |
| M4 | 0,15 | 2,50 | 0,38 |
| M5 | 0,15 | 3,35 | 0,50 |
| M6 | 0,15 | 1,25 | 0,19 |
| M7 | 0,15 | 2,50 | 0,38 |
| M8 | 0,15 | 2,05 | 0,31 |
| M9 | 0,15 | 0,80 | 0,12 |
| M10 | 0,15 | 4,65 | 0,70 |
| M11 | 0,15 | 3,77 | 0,57 |
| M12 | 0,15 | 3,61 | 0,54 |
| M13 | 0,15 | 4,00 | 0,60 |
| M14 | 0,15 | 2,85 | 0,43 |
| M15 | 0,15 | 3,05 | 0,46 |
| M16 | 0,15 | 1,65 | 0,25 |
| M17 | 0,15 | 3,09 | 0,46 |
| M18 | 0,15 | 3,00 | 0,45 |
| M19 | 0,15 | 2,35 | 0,35 |
| M20 | 0,15 | 4,10 | 0,62 |
| M21 | 0,15 | 2,60 | 0,39 |

Nota: Contiene la longitud, espesor y área de cada muro de segunda planta.

$$\frac{\sum L * t}{A_p} = \frac{9,10}{129,52} = 0,0702 \geq 0,0171 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Predimensionamiento de Dalas

Se determina la distribución de las cargas de acuerdo con la geometría de las secciones que conforman la losa y muros, de este modo se pueden obtener cargas distribuidas de variada geometría y transformarlas a cargas equivalentes rectangulares.

Para el análisis es necesaria la distribución en el mosaico de cargas con las cuales se calcularán las áreas de influencia sobre las dalas a predimensionar y las cargas últimas equivalentes rectangulares.

Debido a la geometría no uniforme de las áreas sometidas a carga se emplea el uso de la siguiente expresión:

$$q = \frac{A_c * W}{L_v}$$

Donde:

q : Carga equivalente rectangular

W : Es la carga distribuida original

L_v : Longitud de la sección cargada

A_c : Área de contribución cargada

Adicionalmente se tiene que a partir del predimensionamiento de los muros portantes de hormigón armado el espesor de estos mismos es de:

$$e_m = 0,15 \text{ m}$$

Siendo este valor el asumido como base para las dalas de las estructuras regular e irregular.

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\phi * R_u * b}}$$

Tabla 28.

Valores de Ru para diferentes propiedades de los materiales

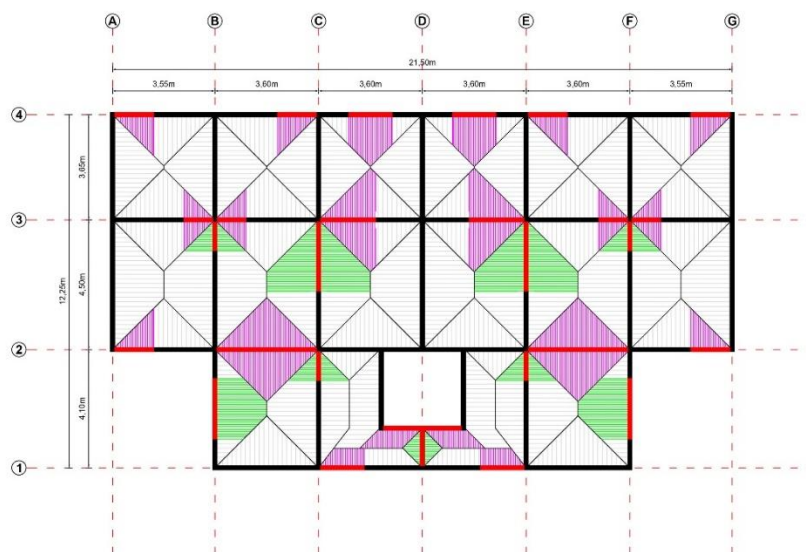
| $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | Valores de Ru para valores de Fy y $f'c=210(\text{kg/cm}^2)$ | | $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ | Valores de Ru para valores de Fy y $f'c=240(\text{kg/cm}^2)$ | | $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ | Valores de Ru para valores de Fy y $f'c=280(\text{kg/cm}^2)$ | |
|-----------------------------|--|-------------------------|-----------------------------|--|-------------------------|-----------------------------|--|-------------------------|
| | Fy(kg/cm ²) | Ru(kg/cm ²) | | Fy(kg/cm ²) | Ru(kg/cm ²) | | Fy(kg/cm ²) | Ru(kg/cm ²) |
| | 4200 | 39.714 | | 4200 | 45.387 | | 4200 | 52.952 |
| | 3500 | 42.107 | | 3500 | 48.122 | | 3500 | 56.142 |
| | 2800 | 44.794 | | 2800 | 51.193 | | 2800 | 59.725 |

Nota: Adaptado de Guía Práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 (SGR, MIDUVI, 2016)

Estructura Regular.

Figura 48.

Distribución de muros, dalas y mosaico de cargas N.+ 2,65 m



Nota: Las dalas cargadas se encuentran representadas de color rojo, muros color negro, adicionalmente se representa el área de carga de las dalas.

Carga muerta = 0,73 T/m

Carga viva = 0,20 T/m

Tabla 29.

Cargas Equivalente y Altura de dalas N.+2,65 m

| Eje | Vano | Longitud (m) | Área (m²) | Carga (T/m²) | Carga Eq. (T/m) | Momento (T-m) | d (cm) |
|------------|-------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| 4 | A-B | 1,43 | 1,02 | 1,05 | 0,75 | 0,13 | 4,86 |
| | B-C | 1,43 | 1,02 | 1,05 | 0,75 | 0,13 | 4,86 |
| | C-D | 1,50 | 2,14 | 1,05 | 1,50 | 0,28 | 7,24 |
| | D-E | 1,50 | 2,14 | 1,05 | 1,50 | 0,28 | 7,24 |
| | E-F | 1,43 | 1,02 | 1,05 | 0,75 | 0,13 | 4,86 |
| | F-G | 1,43 | 1,02 | 1,05 | 0,75 | 0,13 | 4,86 |
| 3 | A-B | 1,08 | 1,16 | 1,05 | 1,13 | 0,11 | 4,51 |
| | B-C | 1,08 | 1,16 | 1,05 | 1,13 | 0,11 | 4,51 |
| | C-D | 1,98 | 3,84 | 1,05 | 2,04 | 0,66 | 11,13 |
| | D-E | 1,98 | 3,84 | 1,05 | 2,04 | 0,66 | 11,13 |
| | E-F | 1,08 | 1,16 | 1,05 | 1,13 | 0,11 | 4,51 |
| | F-G | 1,08 | 1,16 | 1,05 | 1,13 | 0,11 | 4,51 |
| 2 | A-B | 1,43 | 1,02 | 1,05 | 0,75 | 0,13 | 4,86 |
| | B-C | 3,45 | 5,47 | 1,05 | 1,67 | 1,65 | 17,56 |
| | E-F | 3,45 | 5,47 | 1,05 | 1,67 | 1,65 | 17,56 |
| | F-G | 1,43 | 1,02 | 1,05 | 0,75 | 0,13 | 4,86 |
| 1 | C-D | 1,58 | 0,89 | 1,05 | 0,59 | 0,12 | 4,79 |
| | D-E | 1,58 | 0,89 | 1,05 | 0,59 | 0,12 | 4,79 |
| B | 3-2 | 1,08 | 1,16 | 1,05 | 1,13 | 0,11 | 4,51 |
| | 2-1 | 2,10 | 3,14 | 1,05 | 1,57 | 0,58 | 10,38 |
| C | 3-2 | 2,48 | 5,67 | 1,05 | 2,41 | 1,23 | 15,15 |

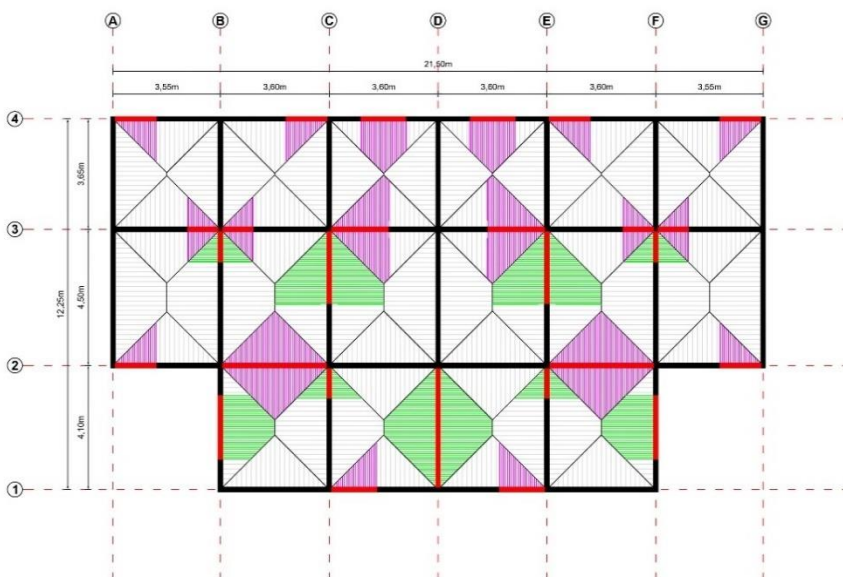
| Eje | Vano | Longitud (m) | Área (m ²) | Carga (T/m ²) | Carga Eq. (T/m) | Momento (T-m) | d (cm) |
|----------|------|-----------------|---------------------------|------------------------------|--------------------|------------------|-----------|
| | 2-1 | 1,08 | 1,16 | 1,05 | 1,13 | 0,11 | 4,51 |
| D | 2-1 | 1,38 | 0,95 | 1,05 | 0,72 | 0,11 | 4,61 |
| E | 3-2 | 2,48 | 5,67 | 1,05 | 2,41 | 1,23 | 15,15 |
| | 2-1 | 1,08 | 1,16 | 1,05 | 1,13 | 0,11 | 4,51 |
| F | 3-2 | 1,08 | 1,16 | 1,05 | 1,13 | 0,11 | 4,51 |
| | 2-1 | 2,10 | 3,14 | 1,05 | 1,57 | 0,58 | 10,38 |

La altura crítica se encuentra en el eje 2 en los vanos B-C y E-F, en las cuales se asume una altura igual al de la losa de:

$$h_{viga} = 20 \text{ cm}$$

Figura 49.

Distribución de muros, dalas y mosaico de cargas N.+ 5,30 m



Nota: Las dalas cargadas se encuentran representadas de color rojo, muros color negro, adicionalmente se representa el área de carga de las dalas.

Carga muerta = 0,59 T/m

Carga viva = 0,10 T/m

Tabla 30.

Equivalentes y Altura de dalas N.+5,30

| Eje | Vano | Longitud (m) | Área (m²) | Carga (T/m²) | Carga Eq. (T/m) | Momento (T-m) | d (cm) |
|------------|-------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| 4 | A-B | 1,43 | 1,02 | 0,75 | 0,53 | 0,09 | 4,10 |
| | B-C | 1,43 | 1,02 | 0,75 | 0,53 | 0,09 | 4,10 |
| | C-D | 1,50 | 2,14 | 0,75 | 1,07 | 0,20 | 6,10 |
| | D-E | 1,50 | 2,14 | 0,75 | 1,07 | 0,20 | 6,10 |
| | E-F | 1,43 | 1,02 | 0,75 | 0,53 | 0,09 | 4,10 |
| | F-G | 1,43 | 1,02 | 0,75 | 0,53 | 0,09 | 4,10 |
| 3 | A-B | 1,08 | 1,16 | 0,75 | 0,80 | 0,08 | 3,80 |
| | B-C | 1,08 | 1,16 | 0,75 | 0,80 | 0,08 | 3,80 |
| | C-D | 1,98 | 3,84 | 0,75 | 1,45 | 0,47 | 9,39 |
| | D-E | 1,98 | 3,84 | 0,75 | 1,45 | 0,47 | 9,39 |
| | E-F | 1,08 | 1,16 | 0,75 | 0,80 | 0,08 | 3,80 |
| | F-G | 1,08 | 1,16 | 0,75 | 0,80 | 0,08 | 3,80 |
| 2 | A-B | 1,43 | 1,02 | 0,75 | 0,53 | 0,09 | 4,10 |
| | B-C | 3,60 | 5,47 | 0,75 | 1,14 | 1,23 | 15,12 |
| | E-F | 3,60 | 5,47 | 0,75 | 1,14 | 1,23 | 15,12 |
| | F-G | 1,43 | 1,02 | 0,75 | 0,53 | 0,09 | 4,10 |
| 1 | C-D | 1,58 | 0,89 | 0,75 | 0,42 | 0,09 | 4,04 |
| | D-E | 1,58 | 0,89 | 0,75 | 0,42 | 0,09 | 4,04 |
| B | 3-2 | 1,08 | 1,16 | 0,75 | 0,80 | 0,08 | 3,80 |
| | 2-1 | 2,10 | 3,14 | 0,75 | 1,12 | 0,41 | 8,76 |
| C | 3-2 | 2,48 | 5,67 | 0,75 | 1,71 | 0,87 | 12,77 |

| Eje | Vano | Longitud (m) | Área (m ²) | Carga (T/m ²) | Carga Eq. (T/m) | Momento (T-m) | d (cm) |
|----------|------|-----------------|---------------------------|------------------------------|--------------------|------------------|-----------|
| | 2-1 | 1,08 | 1,16 | 0,75 | 0,80 | 0,08 | 3,80 |
| D | 2-1 | 3,95 | 7,10 | 0,75 | 1,34 | 1,75 | 18,05 |
| E | 3-2 | 2,48 | 5,67 | 0,75 | 1,71 | 0,87 | 12,77 |
| | 2-1 | 1,08 | 1,16 | 0,75 | 0,80 | 0,08 | 3,80 |
| F | 3-2 | 1,08 | 1,16 | 0,75 | 0,80 | 0,08 | 3,80 |
| | 2-1 | 2,10 | 3,14 | 0,75 | 1,12 | 0,41 | 8,76 |

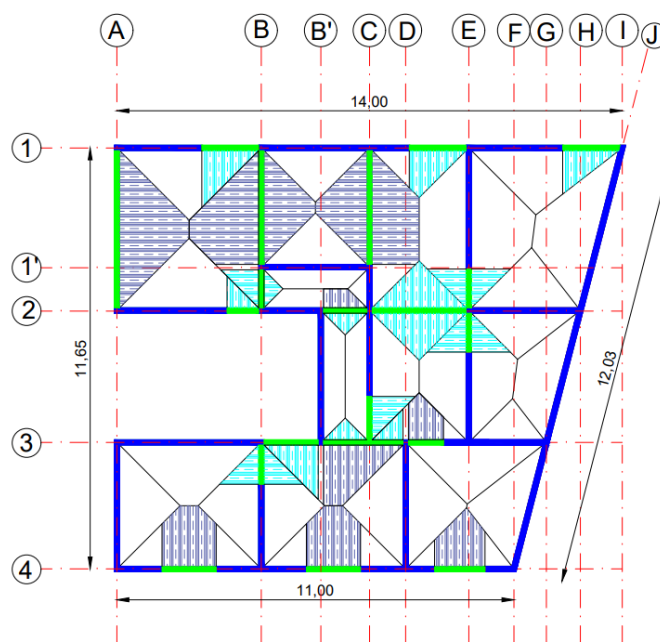
La altura crítica se encuentra en el eje D en el vano 2-1, en las cuales se asume una altura igual al de la losa de:

$$h_{viga} = 20 \text{ cm}$$

Estructura Irregular.

Figura 50.

Distribución de muros, dalas y mosaico de cargas N. + 2,65 m



Nota: Las dalas cargadas se encuentran representadas de color verde, muros color azul, adicionalmente se representa el área de carga de las dalas.

$$Carga\ muerta = 0,61 \frac{T}{m}$$

$$Carga\ viva = 0,20 \frac{T}{m}$$

Tabla 31.

Cargas Equivalentes y altura de dalas N.+2,65 m

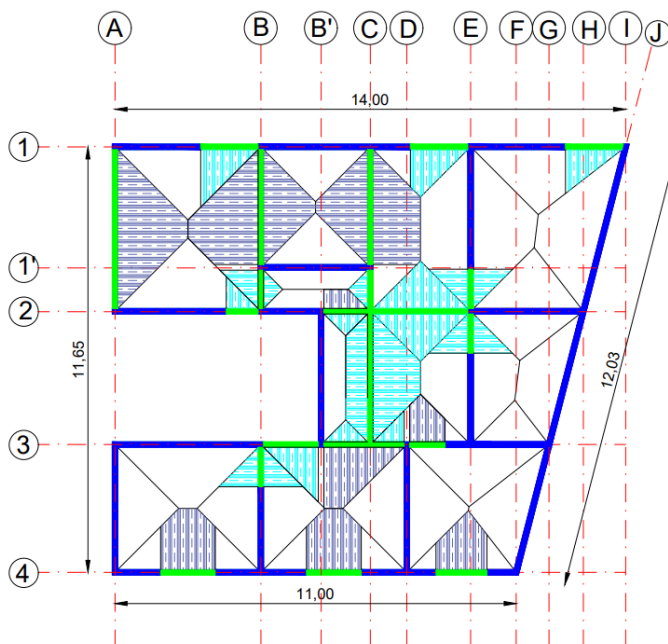
| Eje | Vano | Longitud (m) | Área (m²) | Carga (T/m²) | Carga Eq. (T/m) | Momento (T-m) | d (cm) |
|------------|-------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| 1 | A-B | 1,58 | 1,24 | 1,05 | 0,83 | 0,171 | 5,65 |
| | D-E | 1,58 | 1,16 | 1,05 | 0,78 | 0,161 | 5,48 |
| | E-I | 1,59 | 0,93 | 1,05 | 0,62 | 0,130 | 4,93 |
| 2 | A-B | 0,88 | 0,38 | 1,05 | 0,46 | 0,029 | 2,34 |
| | C-E | 2,60 | 1,69 | 1,05 | 0,68 | 0,385 | 8,48 |
| 4 | A-B | 1,50 | 2,26 | 1,05 | 1,59 | 0,298 | 7,45 |
| | B-D | 1,50 | 2,26 | 1,05 | 1,59 | 0,298 | 7,45 |
| | D-F | 1,40 | 1,70 | 1,05 | 1,28 | 0,208 | 6,23 |
| A | 1-2 | 4,35 | 4,67 | 1,05 | 1,13 | 1,780 | 18,23 |
| | 1-2 | 3,15 | 6,41 | 1,05 | 2,14 | 1,769 | 18,17 |
| B | 1'-2 | 1,05 | 0,55 | 1,05 | 0,55 | 0,051 | 3,08 |
| | 3-4 | 1,08 | 1,17 | 1,05 | 1,14 | 0,111 | 4,56 |
| C | 1-1' | 3,15 | 5,70 | 1,05 | 1,90 | 1,575 | 17,14 |
| | 2-3 | 1,20 | 0,72 | 1,05 | 0,63 | 0,076 | 3,76 |
| E | 1'-2 | 1,08 | 1,16 | 1,05 | 1,13 | 0,109 | 4,51 |
| | 2-3 | 1,08 | 1,16 | 1,05 | 1,13 | 0,109 | 4,51 |

La altura crítica se encuentra en el eje A en el vano 1-2, por lo cual se asume una altura igual al de la losa de:

$$h_{\text{viga}} = 20 \text{ cm}$$

Figura 51.

Distribución de muros, dalas y mosaico de cargas N.+ 5,30 m



Nota: Las dalas cargadas se encuentran representadas de color verde, muros color azul, adicionalmente se representa el área de carga de las dalas.

$$\text{Carga muerta} = 0,49 \text{ T/m}$$

$$\text{Carga viva} = 0,10 \text{ T/m}$$

Tabla 32.

Cargas Equivalentes y Altura de dalas N.+5,30 m

| Eje | Vano | Longitud (m) | Área (m ²) | Carga (T/m ²) | Carga Eq. (T/m) | Momento (T-m) | d (cm) |
|-----|------|-----------------|---------------------------|------------------------------|--------------------|------------------|-----------|
| 1 | A-B | 1,58 | 1,24 | 0,75 | 0,59 | 0,122 | 4,77 |
| | D-E | 1,58 | 1,16 | 0,75 | 0,55 | 0,114 | 4,62 |

| Eje | Vano | Longitud (m) | Área (m ²) | Carga (T/m ²) | Carga Eq. (T/m) | Momento (T-m) | d (cm) |
|----------|------|-----------------|---------------------------|------------------------------|--------------------|------------------|-----------|
| | E-I | 1,59 | 0,93 | 0,75 | 0,44 | 0,093 | 4,16 |
| 2 | A-B | 0,88 | 0,38 | 0,75 | 0,33 | 0,021 | 1,97 |
| | B-C | 1,20 | 0,85 | 0,75 | 0,53 | 0,064 | 3,45 |
| | C-E | 2,60 | 1,69 | 0,75 | 0,49 | 0,274 | 7,15 |
| | B-B' | 1,50 | 1,13 | 0,75 | 0,56 | 0,105 | 4,43 |
| 3 | B'-D | 2,20 | 2,64 | 0,75 | 0,90 | 0,362 | 8,22 |
| | D-E | 0,98 | 1,00 | 0,75 | 0,76 | 0,060 | 3,36 |
| 4 | A-B | 1,50 | 2,26 | 0,75 | 1,13 | 0,212 | 6,28 |
| | B-D | 1,50 | 2,26 | 0,75 | 1,13 | 0,212 | 6,28 |
| | D-F | 1,40 | 1,70 | 0,75 | 0,91 | 0,148 | 5,26 |
| A | 1-2 | 4,35 | 4,67 | 0,75 | 0,80 | 1,266 | 15,37 |
| B | 1-2 | 3,15 | 6,41 | 0,75 | 1,52 | 1,258 | 15,32 |
| | 1'-2 | 1,05 | 0,55 | 0,75 | 0,39 | 0,036 | 2,59 |
| | 3-4 | 1,08 | 1,17 | 0,75 | 0,81 | 0,079 | 3,84 |
| C | 1-1' | 3,15 | 5,70 | 0,75 | 1,35 | 1,120 | 14,45 |
| | 2-3 | 1,20 | 0,72 | 0,75 | 0,45 | 0,054 | 3,17 |
| E | 1'-2 | 1,08 | 1,16 | 0,75 | 0,80 | 0,077 | 3,80 |
| | 2-3 | 1,08 | 1,16 | 0,75 | 0,80 | 0,077 | 3,80 |

La altura crítica se encuentra en el eje A en el vano 1-2, por lo cual se asume una altura igual al de la losa de:

$$h_{viga} = 20 \text{ cm}$$

Muros portantes livianos de acero, Steel framing

Se procede a realizar el análisis de cargas, tanto para la estructura regular como irregular presentado a continuación:

- Fibrocemento 20 mm = 29.80 kg/m² = 30 kg/m²
- Fibrocemento 10 mm = 14.90 kg/m² = 15 kg/m²
- Imprevistos = 20 kg/m²
- Tumbado = 10 kg/m²
- Porcelanato = 40 kg/m²

Tabla 33.

Cargas actuantes

| Descripción | Planta baja | Cubierta | Unidad |
|--------------------------|-------------|----------|------------------|
| Fibrocemento 20mm | 0,03 | 0,03 | T/m ² |
| Fibrocemento 10mm | 0,015 | - | T/m ² |
| Imprevisto | 0,02 | 0,02 | T/m ² |
| Porcelanato | 0,04 | 0,04 | T/m ² |
| Tumbados | 0,01 | 0,01 | T/m ² |
| Carga muerta | 0,15 | 0,10 | T/m ² |
| Carga viva | 0,2 | 0,10 | T/m ² |

Dichas cargas se colocaron de acuerdo con su área cooperante como se muestra:

Área cooperante= 0,61m

Carga entrepiso

$$CM = 0,115 \frac{T}{m^2} * 0,61m = 0,070 \frac{T}{m} \approx 75,00 \frac{kg}{m}$$

$$CV = 0,20 \frac{T}{m^2} * 0,61m = 0,122 \frac{T}{m} \approx 122,00 \frac{kg}{m}$$

Carga cubierta

$$CM = 0,100 \frac{T}{m^2} * 0,61m = 0,061 \frac{T}{m} \approx 75,00 \frac{kg}{m}$$

$$CV = 0,100 \frac{T}{m^2} * 0,61m = 0,061 \frac{T}{m} \approx 65,00 \frac{kg}{m}$$

Predimensionamiento de Viguetas

Para el predimensionamiento de los perfiles para viguetas se considera los siguientes datos:

Estructura Regular.

Longitud crítica (vano más grande) = 3,60 m

Carga Muerta = 75 kg/m

Carga Viva = 122 kg/m

Sección del perfil PGC 200x1,60mm

Para determinar el peralte necesario de la viga se calcula:

$$h = \frac{L}{25} = \frac{360}{25} = 14,4 \text{ cm}$$

Después se procede al cálculo de momento para la obtención del módulo de la sección necesario:

$$M = \frac{W * L^2}{8}$$

Donde:

W: Carga distribuida factorizada

L: Longitud factorizada

$$W = 1,2 * 75 + 1,6 * 122 = 285,2 \text{ kg/m}$$

$$M = \frac{W * L^2}{8} \quad M = \frac{285,2 * 3,60^2}{8} = 462,024 \text{ kg * m}$$

Por lo tanto, el módulo de sección necesario es:

$$S_{x_{necesario}} = \frac{M}{f_y * \phi_f} = \frac{462,024}{2600 * 0,95} = 18,705 \text{ cm}^3$$

Con el módulo de la sección tomada por del catálogo un perfil PGC 200 x 1,60mm con un módulo de sección es $S = 27,19 \text{ cm}^3$ es suficiente para el módulo necesario de que es de $S_x = 18,705 \text{ cm}^3$

También se realiza la verificación de la deflexión que debía ser menor a:

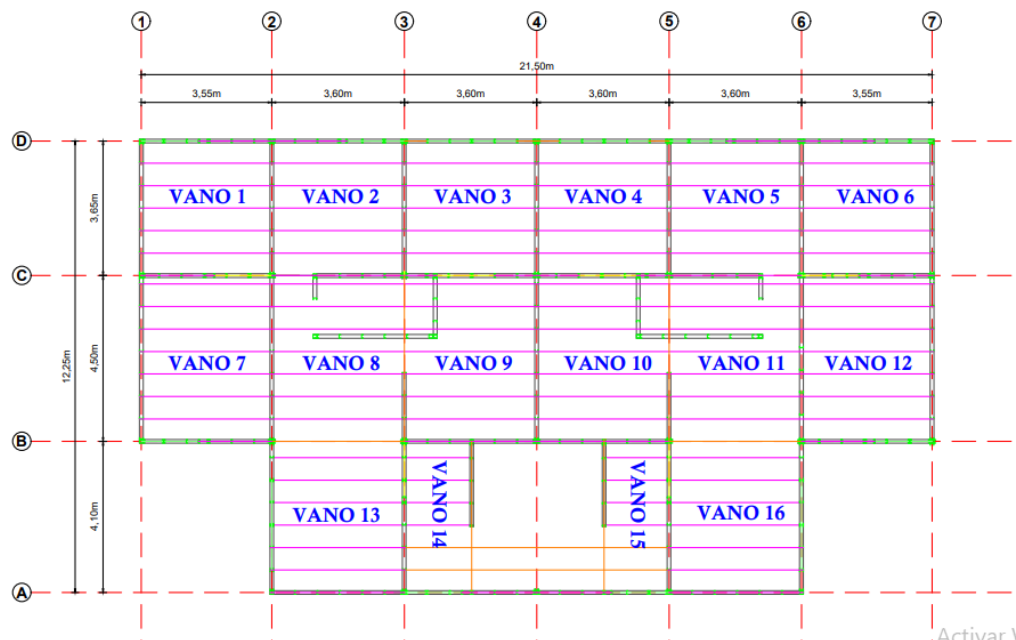
$$\Delta_{max} = \frac{L}{360} = \frac{360}{360} = 1 \text{ cm} \quad \Delta_{obtenido} = 0,7 \text{ cm}$$

$$\Delta_{obtenido} < \Delta_{max}, \quad \therefore \text{OK}$$

Es por esto por lo que se ha distribuido a en vanos para la clasificación de las viguetas y realizar las comprobaciones respectivas tanto del módulo de sección como la deflexión:

Figura 52.

Distribución de vanos de planta N.+2,65 m



Activar 1

Tabla 34.

Determinación de perfil viguetas en entrepiso

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|---------------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| VANO 1 | 3,55 | 1,07 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,15 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| VANO 2 | 3,60 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,18 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 3 | 3,60 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,18 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 4 | 3,60 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|---------------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| | 3,60 | 2,18 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 0,83 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,18 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 5 | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,16 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,55 | 1,07 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| VANO 6 | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| VANO 7 | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|----------------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 4,55 | 2,78 | 75 | 122 | 0,18 | 738,04 | 29,88 | 1,26 |
| | 5,55 | 3,39 | 75 | 122 | 0,22 | 1098,11 | 44,46 | 1,54 |
| | 3,55 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| VANO 8 | 3,60 | 1,51 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 9 | 3,60 | 1,51 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 10 | 3,60 | 1,51 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|----------------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 1,51 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 11 | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| VANO 12 | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,60 | 1,89 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 13 | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|----------------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 1,10 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 1,83 | 0,96 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| VANO 14 | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 0,56 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 0,96 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| VANO 15 | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 0,56 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 3,60 | 1,89 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 16 | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,60 | 1,10 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |

Al tener el módulo de sección de cada una de las viguetas se obtiene que el mayor de ellos es $S_x = 18,71 \text{ cm}^3$ y es por esto por lo que se selecciona el perfil tipo PGC 200 x 1,60 mm que tiene un módulo de sección de $S_x = 27,19 \text{ cm}^3$ y cumple con el requerimiento.

Con los datos obtenidos en el software SAP 2000 se logró comprobar que todas las viguetas del entrepiso con la sección establecida no presentan deflexión.

Figura 53.

Distribución de vanos de planta N.+5,30 m

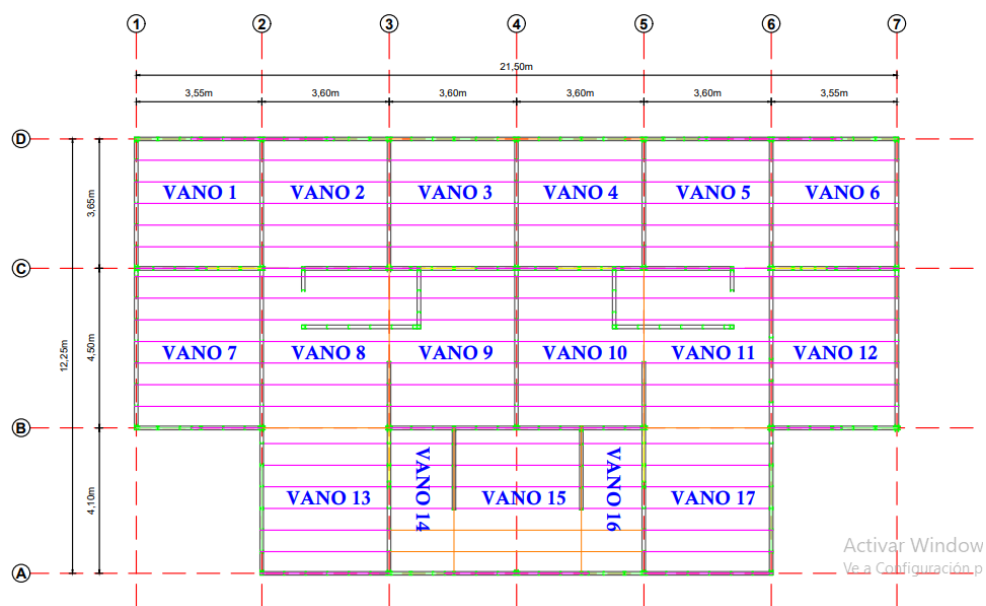


Tabla 35.

Determinación de perfil en viguetas de la cubierta

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δ máx= L/360 (cm) |
|--------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|--------------------------------|
| VANO 1 | 3,55 | 1,07 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,15 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | $\Delta m_{\text{máx}} =$ L/360 (cm) |
|---------------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|--|
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 0,00 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,6 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,18 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 2 | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,18 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 3 | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,18 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 4 | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|---------------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 0,83 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,18 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 5 | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,16 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,55 | 1,07 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| VANO 6 | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| VANO 7 | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 2,17 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 4,55 | 2,78 | 75 | 122 | 0,18 | 738,04 | 29,88 | 1,26 |
| | 5,55 | 3,39 | 75 | 122 | 0,22 | 1098,11 | 44,46 | 1,54 |
| | 3,55 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|----------------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| VANO 11 | 3,6 | 1,51 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 12 | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,49 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| | 3,55 | 1,08 | 75 | 122 | 0,14 | 449,28 | 18,19 | 0,99 |
| VANO 13 | 3,6 | 1,89 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 1,10 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 14 | 1,83 | 0,96 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|----------------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 0,56 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 3,6 | 1,89 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 15 | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 2,20 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 1,10 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 1,83 | 0,96 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| VANO 16 | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 1,12 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 1,83 | 0,56 | 75 | 122 | 0,07 | 119,39 | 4,83 | 0,51 |
| | 3,6 | 1,89 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 1,10 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| VANO 17 | 3,6 | 1,10 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 1,10 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |

| TIPO | Longitud (m) | Área tributaria (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | $\Delta_{\text{máx}} =$ L/360 (cm) |
|------|-----------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|--|
| | 3,6 | 1,10 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 1,10 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |
| | 3,6 | 1,10 | 75 | 122 | 0,14 | 462,02 | 18,71 | 1,00 |

Al tener el módulo de sección de cada una de las viguetas se obtiene que el mayor de ellos es $S_x = 18,71 \text{ cm}^3$ y es por esto por lo que se selecciona el perfil tipo PGC 200 x 1,60 mm que tiene un módulo de sección de $S_x = 27,19 \text{ cm}^3$ y cumple con el requerimiento.

Tabla 36.

Verificación de la deflexión en viguetas de cubierta

COMPROBACIÓN DE DEFLEXIÓN

| TIPO | Mu obtenido | Δ obtenido (cm) | Comprobación | |
|--------|----------------|---------------------------|--------------|----|
| VANO 1 | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| VANO 2 | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |

| TIPO | Mu | Δ | Comprobación | |
|---------|----------|---------------|--------------|----|
| | obtenido | obtenido (cm) | | |
| VANO 12 | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| | 281,58 | 0,69 | OK | OK |
| VANO 13 | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| VANO 14 | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| VANO 15 | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |

| TIPO | Mu | Δ | Comprobación | |
|----------------|----------|---------------|--------------|----|
| | obtenido | obtenido (cm) | | |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| VANO 16 | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 74,82 | 0,04 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| VANO 17 | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |
| | 289,56 | 0,73 | OK | OK |

Con los datos obtenidos en el software SAP 2000 se logró comprobar que todas las viguetas de cubierta con la sección establecida no presentan deflexión.

Estructura Irregular.

Longitud crítica (vano más grande) = 4,09 m

Carga Muerta = 75 kg/m

Carga Viva = 122 kg/m

Sección del perfil PGC 200 x 1,60mm

Para determinar el peralte necesario de la viga se calcula:

$$h = \frac{L}{25} = \frac{409}{25} = 16,36 \text{ cm}$$

Después se procede al cálculo de momento para la obtención del módulo de la sección necesario:

$$M = \frac{W * L^2}{8}$$

Donde:

W: Carga distribuida factorizada

L: Longitud de la viga

$$W = 1,2 * 75 + 1,6 * 122 = 285,2 \text{ kg/m}$$

$$M = \frac{W * L^2}{8} \quad M = \frac{285,2 * 4,09^2}{8} = 596,357 \text{ kg * m}$$

Por lo tanto, el módulo de sección necesario es:

$$Sx_{necesario} = \frac{M}{fy * \varphi f} = \frac{462,024 * 100}{2600 * 0,95} = 24,144 \text{ cm}^3$$

Con el módulo de la sección tomada por del catálogo un perfil PGC 200 x 1,60 con un módulo de sección es $S = 27,19 \text{ cm}^3$ es suficiente para el módulo necesario de que es de $Sx = 24,144 \text{ cm}^3$

También se realiza la verificación de la deflexión que debía ser menor a:

$$\Delta_{max} = \frac{L}{360} = \frac{409}{360} = 1,136 \text{ cm} \quad \Delta_{obtenido} = 0,77 \text{ cm}$$

$$\Delta_{obtenido} < \Delta_{max}, \quad \therefore \text{OK}$$

A continuación, se calcula el predimensionamiento de la viga de la estructura Irregular

| Tipo | Longitud (m) | Área T. (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|-------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| | 4,00 | 1,68 | 75 | 122 | 0,16 | 570,40 | 23,09 | 1,11 |
| | 3,05 | 1,78 | 75 | 122 | 0,12 | 331,63 | 13,43 | 0,85 |
| VANO | 3,05 | 1,86 | 75 | 122 | 0,12 | 331,63 | 13,43 | 0,85 |
| 2 | 3,05 | 1,86 | 75 | 122 | 0,12 | 331,63 | 13,43 | 0,85 |
| | 3,05 | 1,86 | 75 | 122 | 0,12 | 331,63 | 13,43 | 0,85 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| VANO | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| 3 | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,16 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| | 4,09 | 2,49 | 75 | 122 | 0,16 | 596,36 | 24,14 | 1,14 |
| | 3,94 | 2,40 | 75 | 122 | 0,16 | 553,42 | 22,41 | 1,09 |
| VANO | 3,78 | 2,31 | 75 | 122 | 0,15 | 509,38 | 20,62 | 1,05 |
| 4 | 3,62 | 2,21 | 75 | 122 | 0,14 | 467,17 | 18,91 | 1,01 |
| | 3,46 | 2,11 | 75 | 122 | 0,14 | 426,79 | 17,28 | 0,96 |
| | 3,31 | 2,02 | 75 | 122 | 0,13 | 390,58 | 15,81 | 0,92 |
| | 3,15 | 1,32 | 75 | 122 | 0,13 | 353,74 | 14,32 | 0,88 |
| | 2,75 | 1,16 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| VANO | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| 5 | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |

| Tipo | Longitud (m) | Área T. (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|-------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,66 | 75 | 122 | 0,11 | 269,60 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,93 | 1,79 | 75 | 122 | 0,12 | 306,05 | 12,39 | 0,81 |
| VANO 6 | 2,78 | 1,70 | 75 | 122 | 0,11 | 275,52 | 11,15 | 0,77 |
| | 2,62 | 1,60 | 75 | 122 | 0,1 | 244,72 | 9,91 | 0,73 |
| | 2,46 | 1,50 | 75 | 122 | 0,1 | 215,74 | 8,73 | 0,68 |
| | 2,30 | 1,39 | 75 | 122 | 0,09 | 188,59 | 7,64 | 0,64 |
| | 3,50 | 1,66 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| VANO 7 | 3,50 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| VANO 8 | 3,50 | 2,05 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 1,94 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 1,75 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| VANO 9 | 3,50 | 2,05 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 2,03 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 1,73 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 1,45 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 1,45 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |

| Tipo | Longitud (m) | Área T. (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | $\Delta_{\text{máx}} =$ L/360 (cm) |
|------|-----------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|--|
| | 3,50 | 1,47 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,50 | 1,52 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 1,75 | 0,79 | 75 | 122 | 0,07 | 109,18 | 4,42 | 0,49 |

Tabla 38.

Verificación de la deflexión en viguetas de entrepiso

| TIPO | Mu obtenido | Δ obtenido (cm) | Comprobación | |
|---------------|-------------|------------------------|--------------|----|
| VANO 1 | 442,30 | 0,67 | OK | OK |
| | 442,30 | 0,67 | OK | OK |
| | 442,30 | 0,67 | OK | OK |
| | 442,30 | 0,67 | OK | OK |
| | 442,30 | 0,67 | OK | OK |
| | 442,30 | 0,67 | OK | OK |
| | 442,30 | 0,67 | OK | OK |
| VANO 2 | 246,60 | 0,44 | OK | OK |
| | 246,60 | 0,44 | OK | OK |
| | 246,60 | 0,44 | OK | OK |
| | 246,60 | 0,44 | OK | OK |
| VANO 3 | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |

| TIPO | Mu obtenido | Δ obtenido (cm) | Comprobación | |
|---------------|-------------|------------------------|--------------|----|
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 457,34 | 0,72 | OK | OK |
| | 428,15 | 0,62 | OK | OK |
| | 394,62 | 0,53 | OK | OK |
| VANO 4 | 354,82 | 0,91 | OK | OK |
| | 318,05 | 0,74 | OK | OK |
| | 289,83 | 0,61 | OK | OK |
| | 262,92 | 0,50 | OK | OK |
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| VANO 5 | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 204,65 | 0,30 | OK | OK |
| | 232,78 | 0,39 | OK | OK |
| | 208,51 | 0,31 | OK | OK |
| VANO 6 | 185,58 | 0,25 | OK | OK |
| | 157,42 | 0,18 | OK | OK |
| | 137,97 | 0,14 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| VANO 7 | 324,74 | 0,77 | OK | OK |

| TIPO | Mu obtenido | Δ obtenido (cm) | Comprobación | |
|---------------|--------------------|--|---------------------|----|
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| VANO 8 | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| VANO 9 | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 324,74 | 0,77 | OK | OK |
| | 83,11 | 0,05 | OK | OK |

Figura 55.

Determinación de perfil de cubierta

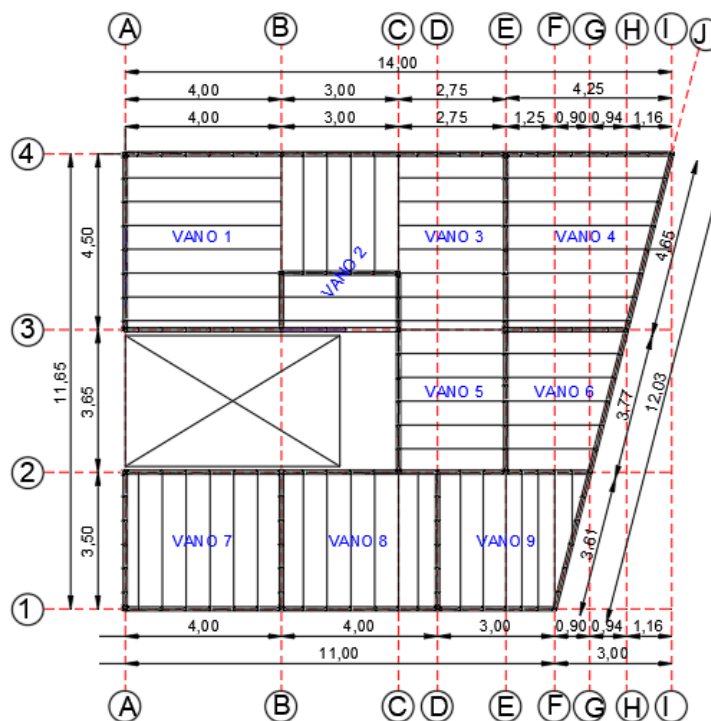


Tabla 39.

Determinación de perfil en cubierta

| Tipo | Longitud (m) | Área T. (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|-----------|-----------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| VANO 1 | 4 | 2,44 | 75 | 122 | 0,16 | 570,4 | 23,09 | 1,11 |
| | 4 | 2,44 | 75 | 122 | 0,16 | 570,4 | 23,09 | 1,11 |
| | 4 | 2,44 | 75 | 122 | 0,16 | 570,4 | 23,09 | 1,11 |
| | 4 | 2,44 | 75 | 122 | 0,16 | 570,4 | 23,09 | 1,11 |
| | 4 | 2,44 | 75 | 122 | 0,16 | 570,4 | 23,09 | 1,11 |
| | 4 | 2,44 | 75 | 122 | 0,16 | 570,4 | 23,09 | 1,11 |
| | 4 | 1,68 | 75 | 122 | 0,16 | 570,4 | 23,09 | 1,11 |

| Tipo | Longitud (m) | Área T. (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|-------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| VANO 2 | 3,05 | 1,78 | 75 | 122 | 0,12 | 331,63 | 13,43 | 0,85 |
| | 3,05 | 0,61 | 75 | 122 | 0,12 | 331,63 | 13,43 | 0,85 |
| | 3,05 | 1,86 | 75 | 122 | 0,12 | 331,63 | 13,43 | 0,85 |
| | 3,05 | 1,86 | 75 | 122 | 0,12 | 331,63 | 13,43 | 0,85 |
| | 3 | 1,83 | 75 | 122 | 0,12 | 320,85 | 12,99 | 0,83 |
| | 3 | 1,26 | 75 | 122 | 0,12 | 320,85 | 12,99 | 0,83 |
| VANO 3 | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,16 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| VANO 4 | 4,09 | 2,49 | 75 | 122 | 0,16 | 596,36 | 24,14 | 1,14 |
| | 3,94 | 2,4 | 75 | 122 | 0,16 | 553,42 | 22,41 | 1,09 |
| | 3,78 | 2,31 | 75 | 122 | 0,15 | 509,38 | 20,62 | 1,05 |
| | 3,62 | 2,21 | 75 | 122 | 0,14 | 467,17 | 18,91 | 1,01 |
| | 3,46 | 2,11 | 75 | 122 | 0,14 | 426,79 | 17,28 | 0,96 |
| | 3,31 | 2,02 | 75 | 122 | 0,13 | 390,58 | 15,81 | 0,92 |
| | 3,15 | 1,32 | 75 | 122 | 0,13 | 353,74 | 14,32 | 0,88 |
| VANO 5 | 2,75 | 1,16 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |

| Tipo | Longitud (m) | Área T. (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | Δmáx= L/360 (cm) |
|-------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| | 2,75 | 1,68 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,75 | 1,66 | 75 | 122 | 0,11 | 269,6 | 10,92 | 0,76 |
| | 2,93 | 1,79 | 75 | 122 | 0,12 | 306,05 | 12,39 | 0,81 |
| VANO 6 | 2,78 | 1,7 | 75 | 122 | 0,11 | 275,52 | 11,15 | 0,77 |
| | 2,62 | 1,6 | 75 | 122 | 0,1 | 244,72 | 9,91 | 0,73 |
| | 2,46 | 1,5 | 75 | 122 | 0,1 | 215,74 | 8,73 | 0,68 |
| | 2,3 | 1,39 | 75 | 122 | 0,09 | 188,59 | 7,64 | 0,64 |
| | 3,5 | 1,66 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| VANO 7 | 3,5 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| VANO 8 | 3,5 | 2,05 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 2,14 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 1,94 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| VANO 9 | 3,5 | 1,75 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 2,05 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 2,03 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 1,73 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 1,45 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 3,5 | 1,47 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |

| Tipo | Longitud (m) | Área T. (m ²) | Carga muerta (kg/m) | Carga viva (kg/m) | Peralte h=L/25 | Mu (kg- m) | Sx (cm ³) | $\Delta_{\text{máx}} =$ L/360 (cm) |
|------|-----------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|--|
| | 3,5 | 1,52 | 75 | 122 | 0,14 | 436,71 | 17,68 | 0,97 |
| | 1,75 | 0,79 | 75 | 122 | 0,07 | 109,18 | 4,42 | 0,49 |

Tabla 40.

Verificación de la deflexión en viguetas de cubierta

| Tipo | Mu obtenido | Δ obtenido (cm) | Comprobación | |
|--------|-------------|------------------------|--------------|----|
| VANO 1 | 393,50 | 0,59 | OK | OK |
| | 393,50 | 0,59 | OK | OK |
| | 393,50 | 0,59 | OK | OK |
| | 393,50 | 0,59 | OK | OK |
| | 393,50 | 0,59 | OK | OK |
| | 393,50 | 0,59 | OK | OK |
| | 393,50 | 0,59 | OK | OK |
| VANO 2 | 218,81 | 0,39 | OK | OK |
| | 218,81 | 0,39 | OK | OK |
| | 218,81 | 0,39 | OK | OK |
| | 218,81 | 0,39 | OK | OK |
| | 216,10 | 0,37 | OK | OK |
| | 216,10 | 0,37 | OK | OK |
| VANO 3 | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |

| Tipo | Mu obtenido | Δ obtenido (cm) | Comprobación | |
|---------------|--------------------|--|---------------------|----|
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 406,88 | 0,64 | OK | OK |
| | 380,92 | 0,55 | OK | OK |
| | 342,77 | 0,95 | OK | OK |
| VANO 4 | 314,83 | 0,80 | OK | OK |
| | 282,20 | 0,65 | OK | OK |
| | 257,16 | 0,54 | OK | OK |
| | 233,29 | 0,45 | OK | OK |
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| VANO 5 | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 181,59 | 0,26 | OK | OK |
| | 206,54 | 0,34 | OK | OK |
| | 185,01 | 0,27 | OK | OK |
| VANO 6 | 164,66 | 0,22 | OK | OK |
| | 139,68 | 0,16 | OK | OK |
| | 122,42 | 0,12 | OK | OK |
| VANO 7 | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |

| Tipo | Mu obtenido | Δ obtenido (cm) | Comprobación | |
|---------------|--------------------|--|---------------------|----|
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| VANO 8 | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| VANO 9 | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 288,14 | 0,68 | OK | OK |
| | 73,75 | 0,04 | OK | OK |

Carga Sísmica

Coefficiente de Cortante basal

Tabla 41.

Coefficientes para el cálculo del cortante basal

| Consideración | Factor | Valor |
|--|----------|-------|
| Valor de Factor Z en función de la zonificación Sísmica | Z | 0,40 |
| Relación de amplificación espectral | n | 2,48 |
| Coefficiente de amplificación de suelo "D" | Fa | 1,20 |
| Desplazamiento para diseño en Roca | Fd | 1,19 |
| Comportamiento no Lineal de los Suelos | Fs | 1,28 |
| Coefficiente periodo de vibración de la estructura (Sistema aporticado) | Ct | 0,055 |
| Coefficiente periodo de vibración de la estructura (muros portantes de hormigón armado) | Ct | 0,055 |
| Coefficiente periodo de vibración de la estructura (Steel framing) | Ct | 0,073 |
| Coefficiente α para el cálculo del periodo (muros portantes de hormigón armado) | α | 0,9 |
| Coefficiente α para el cálculo del periodo (muros portantes de hormigón armado) | α | 0,75 |
| Coefficiente α para el cálculo del periodo (Steel framing) | α | 0,75 |

Según la norma NEC-SE-DS, 2015 expresa que la fórmula para el cortante basal de diseño es:

$$V = \frac{IS_a}{R\phi_P\phi_E} * W$$

Para lo cual se ha realizado el análisis de los siguientes parámetros para cada tipo de estructura:

Tabla 42.

Cálculo del coeficiente cortante basal estructura regular

| Parámetro | Factor | S. Aporticado Viga Banda | Muros de Hormigón Armado | Steel Framing |
|---|----------|-----------------------------|--------------------------------|------------------|
| Importancia | I | 1 | 1 | 1 |
| Factor de Reducción de Resistencia Sísmica | R | 5 | 3 | 2,5 |
| Irregularidad en planta | Φ_p | 1 | 1 | 1 |
| Irregularidad en elevación | Φ_e | 1 | 1 | 1 |
| Aceleración de la gravedad correspondiente al espectro de respuesta de diseño elástico | Sa | 1,19 | 1,19 | 1,19 |
| Coeficiente Basal | %V | 0,238 | 0,396 | 0,476 |

Tabla 43.

Cálculo del coeficiente cortante basal estructura irregular

| Parámetro | Factor | S. Aporticado Viga Banda | Muros de Hormigón Armado | Steel Framing |
|-------------|--------|-----------------------------|--------------------------------|------------------|
| Importancia | I | 1 | 1 | 1 |

| Parámetro | Factor | S. Aporticado Viga Banda | Muros de Hormigón Armado | Steel Framing |
|---|---------------|-------------------------------------|---|--------------------------|
| Factor de Reducción de Resistencia Sísmica | R | 5 | 3 | 2,5 |
| Irregularidad en planta | Φ_p | 0,81 | 1 | 1 |
| Irregularidad en elevación | Φ_e | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| Aceleración de la gravedad correspondiente al espectro de respuesta de diseño elástico | Sa | 1,19 | 1,19 | 1,19 |
| Coefficiente Basal | %V | 0,294 | 0,441 | 0,529 |

CAPÍTULO V

MODELAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

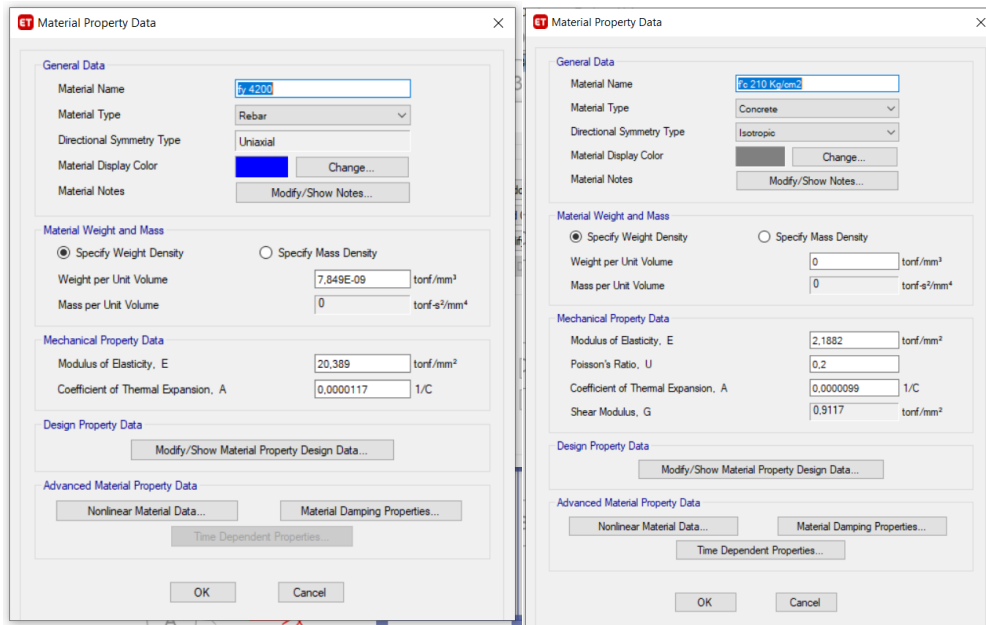
Sistema Aporticado

Ingreso de Materiales

Se ingresa la fluencia del acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y la resistencia del hormigón a los 28 días $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$

Figura 56.

Ingreso de propiedades de materiales



Ingreso de Elementos de las Estructuras

Considerar los valores de la inercia agrietada “ I_g ” en los elementos estructurales; columnas cuyo valor es de 0,8 y para vigas 0,5.

Figura 57.

Ingreso de columnas de 30x30

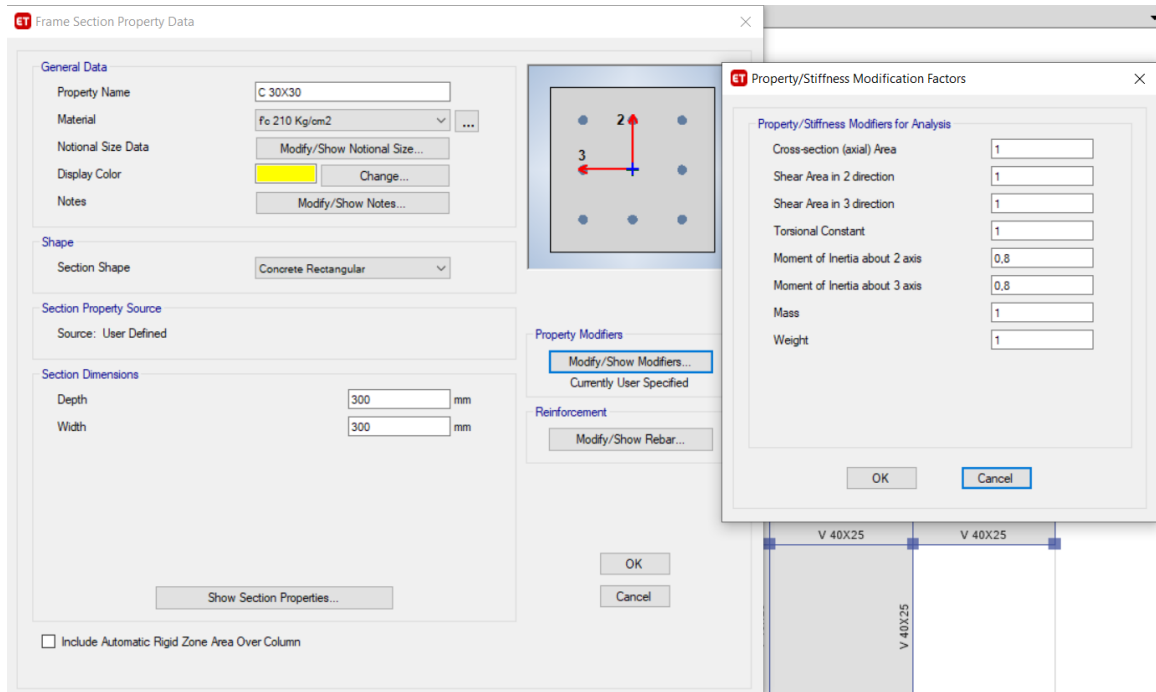
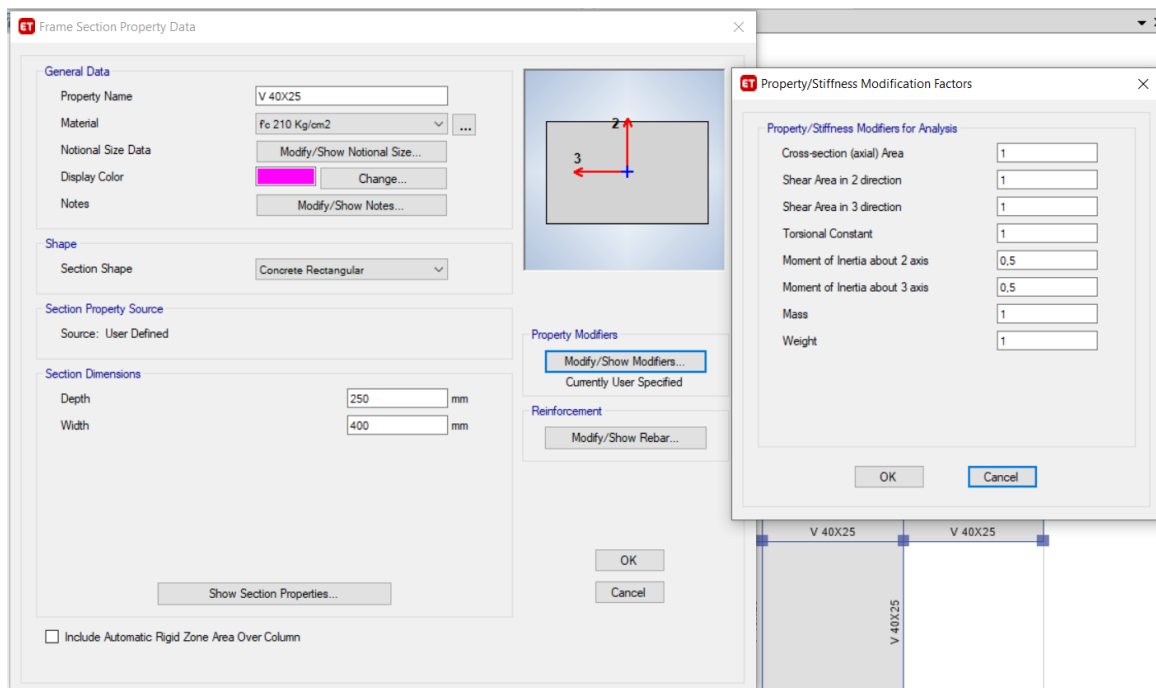


Figura 58.

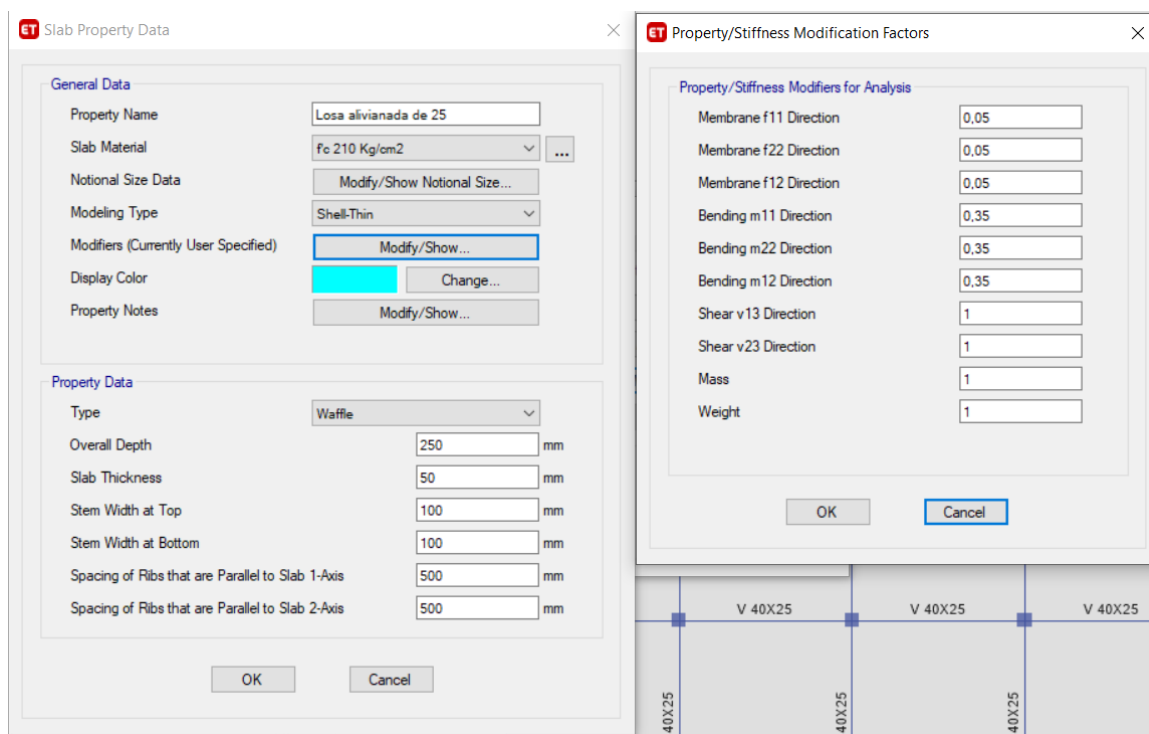
Ingreso de viga de 40x25



Se ingresa los valores de 0,05 y 0,35 como factores de modificación de losa

Figura 59.

Ingreso de losa de 25 cm



Asignación de Cargas Verticales

Tabla 44.

Cargas en losa de entrepiso

| Descripción | Planta baja | Cubierta | Unidad |
|------------------|-------------|----------|------------------|
| Peso de Paredes | 0,15 | -- | T/m ² |
| Peso de acabados | 0,12 | 0,12 | T/m ² |
| Carga muerta | 0,27 | 0,12 | T/m ² |
| Carga viva | 0,2 | 0,1 | T/m ² |

Nota: Cargas a ingresar para estructura regular e irregular.

Estructura regular.

Figura 60.

Asignación de cargas en losa de entrepiso para estructura regular

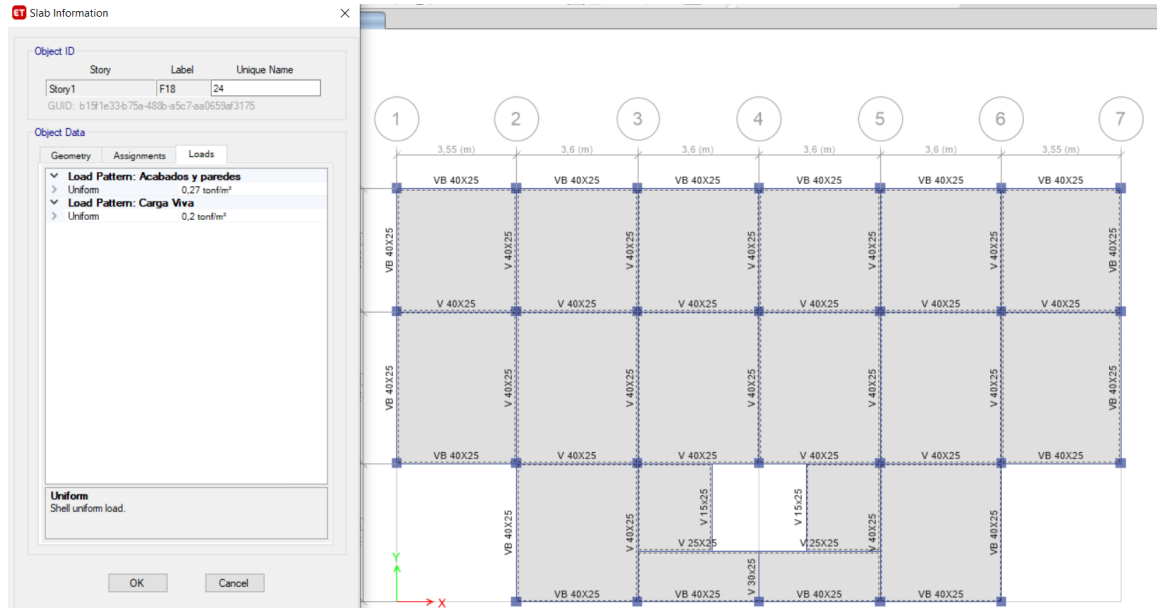
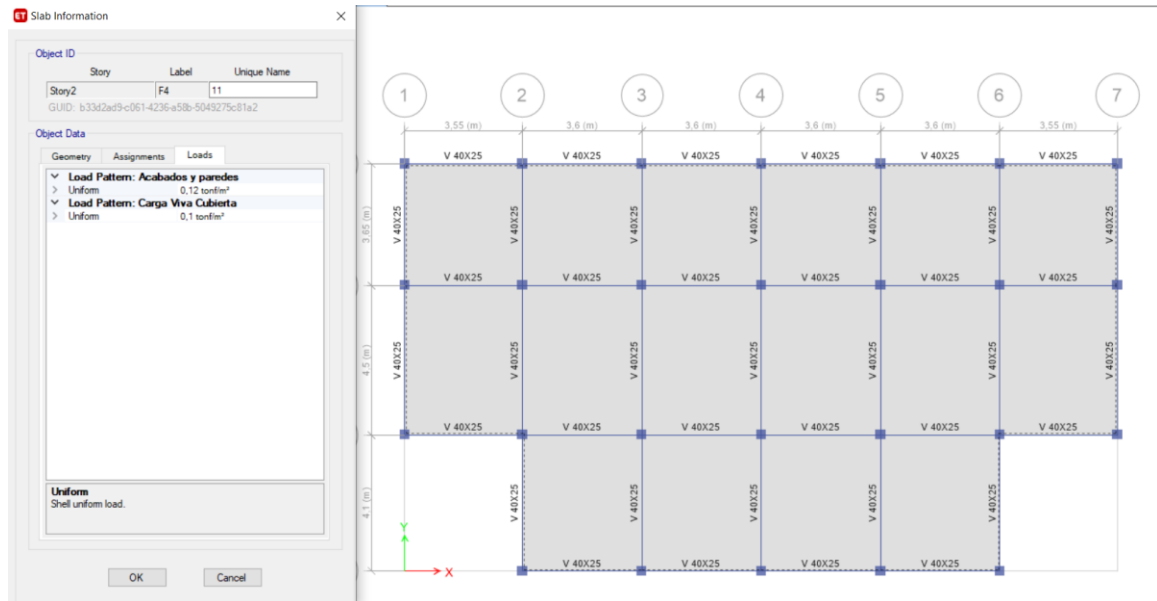


Figura 61.

Asignación de cargas en losa de cubierta para estructura regular



Estructura irregular

Figura 62.

Asignación de cargas en losa de entrepiso y cubierta para estructura irregular.

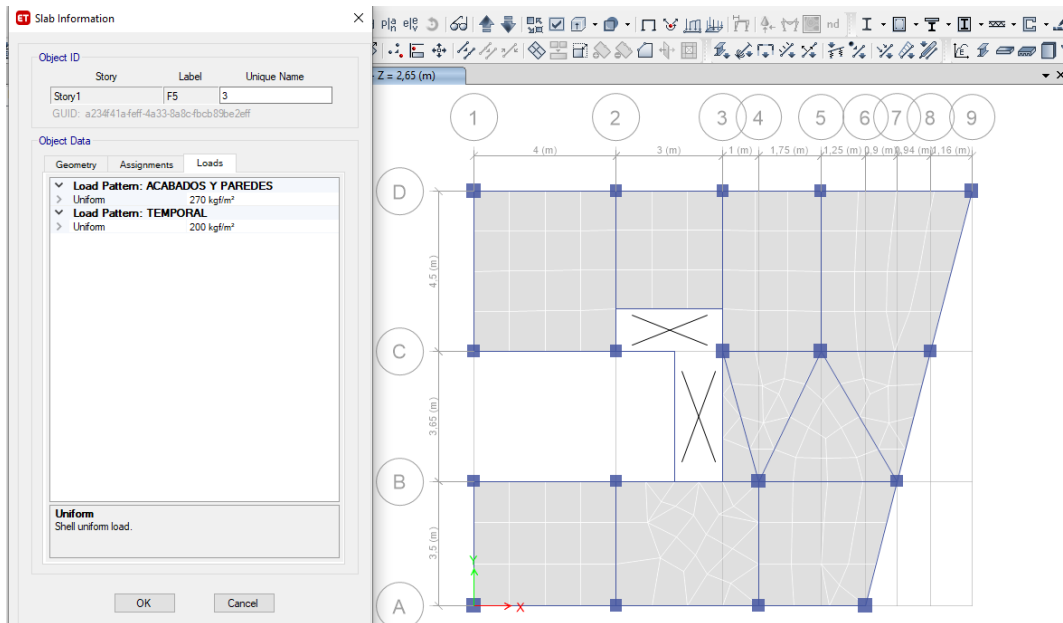
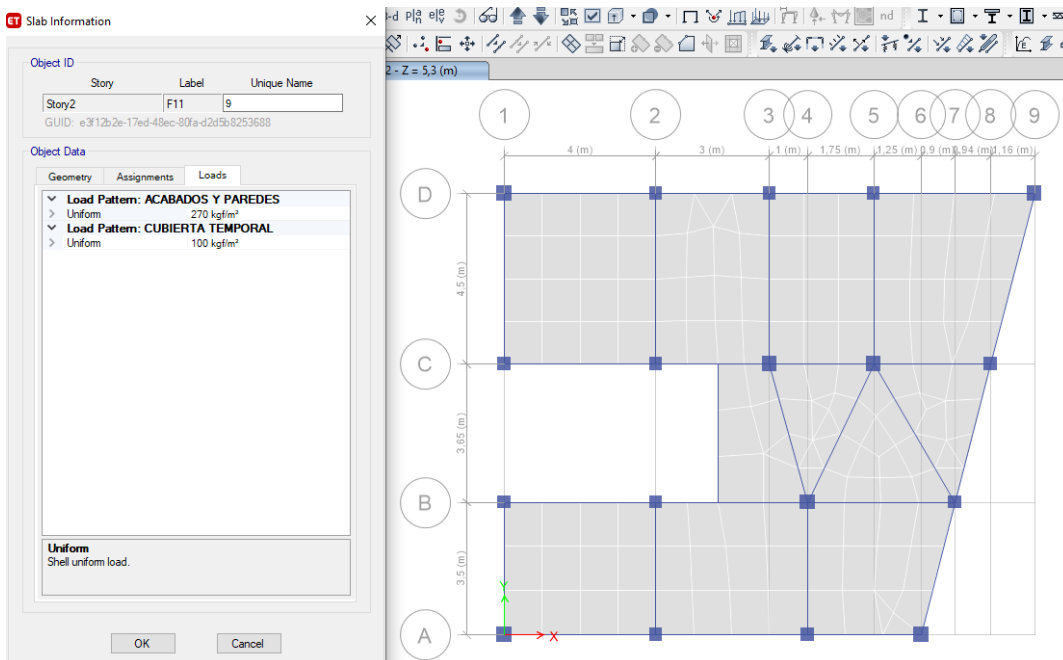


Figura 63.

Asignación de cargas en losa de cubierta para estructura irregular



Coefficiente Basal

Según la NEC-SE-DS, 2015 la 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 (NEC-SE-DS, 2015)

Ingresar el coeficiente basal calculado, para estructura regular 0,238 y para irregular 0,294 en sentido X, Y.

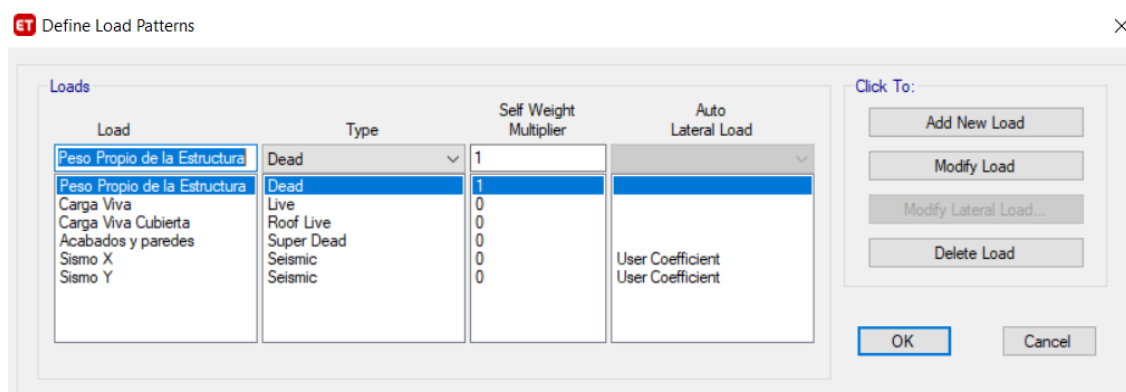
Ingreso de Combinaciones de Carga

Las construcciones en general deberán diseñarse para resistir las combinaciones de:

- Cargas permanentes,
- Cargas variables (cargas vivas, también llamadas sobrecargas de uso, cargas estáticas por viento y cargas de granizo),
- Cargas accidentales (acciones sísmicas: véase las normas NEC-SE-DS y NEC-SE-RE).

Figura 64.

Ingreso de parámetros de para combinaciones de carga



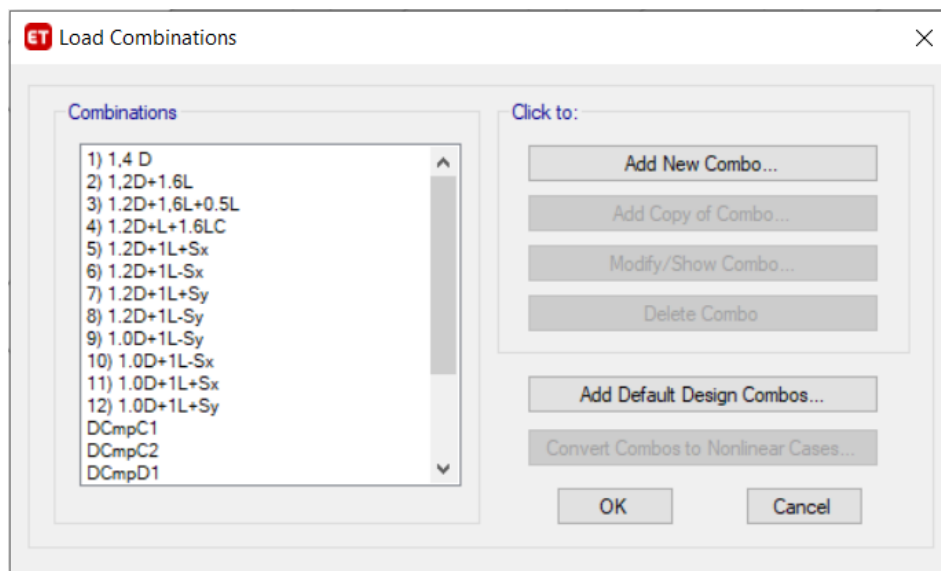
Nota: Combinación a ingresar para estructura regular e irregular, los mismos parámetros a utilizarse.

Las combinaciones de cargas incluyen las cargas accidentales tratadas en las NEC-SE-DS y NECSE-RE (cargas sísmicas). Las otras cargas no serán incluidas en los cálculos.

Según la NEC-SE-DS, 2015 Las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas (NEC-SE-CG, 2015) , de acuerdo las siguientes combinaciones:

Figura 65.

Combinaciones de carga



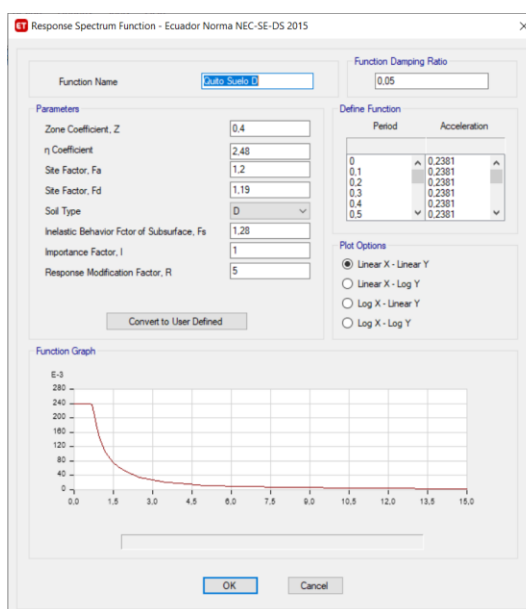
Nota: Combinaciones a ingresar para estructura regular e irregular, tomadas de la normativa NEC-SE-DS, 2015.

Ingreso de Espectro de Diseño

Según la NEC-SE-DS, 2015 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.

Figura 66.

Ingreso de Espectro de Diseño



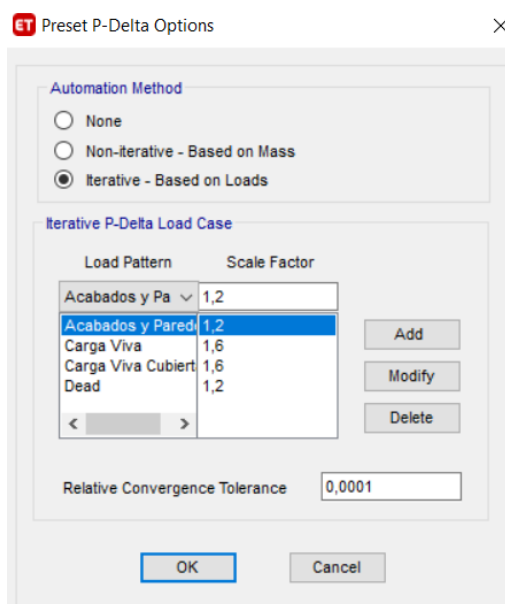
Efecto P- Delta

El efecto P-Delta se fundamenta en aplicar cargas y obtener desplazamientos, para lo cual se ingresó la combinación última.

Se considera una combinación de $1,2 CM + 1,6CV$

Figura 67.

Ingreso de combinaciones de carga última para efecto P-Delta



Derivas

Según la NEC-SE-DS, 2015 es el 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 (NEC-SE-DS, 2015).

La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la tabla siguiente, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso (NEC-SE-DS, 2015):

Tabla 45.

Límites de deriva inelástica establecidos

| Estructuras de: | ΔM máxima (sin unidad) |
|--|--------------------------------|
| Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera | 0,02 |
| De mampostería | 0,01 |

Estructura regular.

Figura 68.

La deriva máxima en sentido X

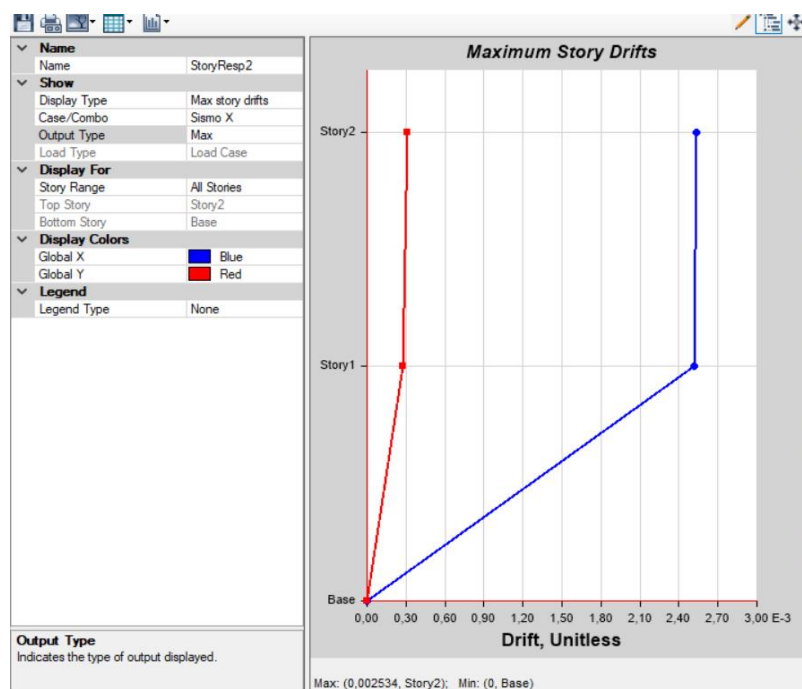
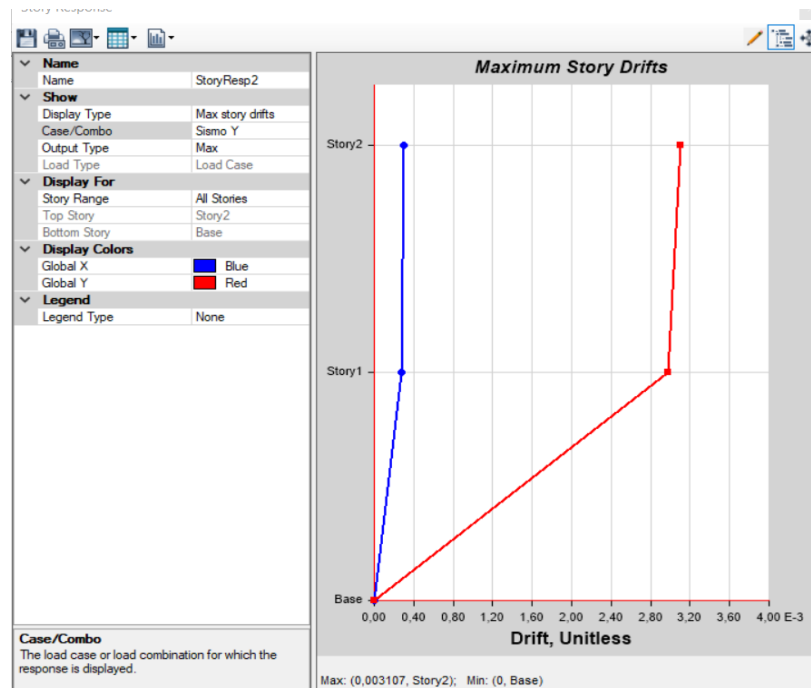


Figura 69.

La deriva máxima en sentido Y



En sentido X la deriva máxima es de 0,002534, en sentido Y es de 0,003107 de la estructura regular.

- Deriva real máxima sentido X: $\Delta M = 0,75 \times 5 \times 0,002534 = 0,0095 = 0,95 \%$.
- Deriva real máxima sentido Y: $\Delta M = 0,75 \times 5 \times 0,003107 = 0,0116 = 1,16 \%$.

Estructura irregular.

Figura 70.

La deriva máxima en sentido X

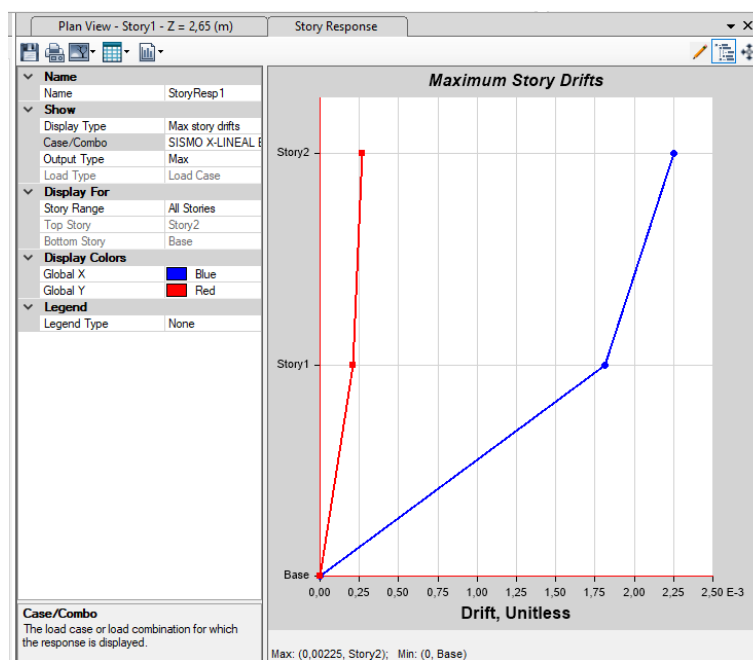
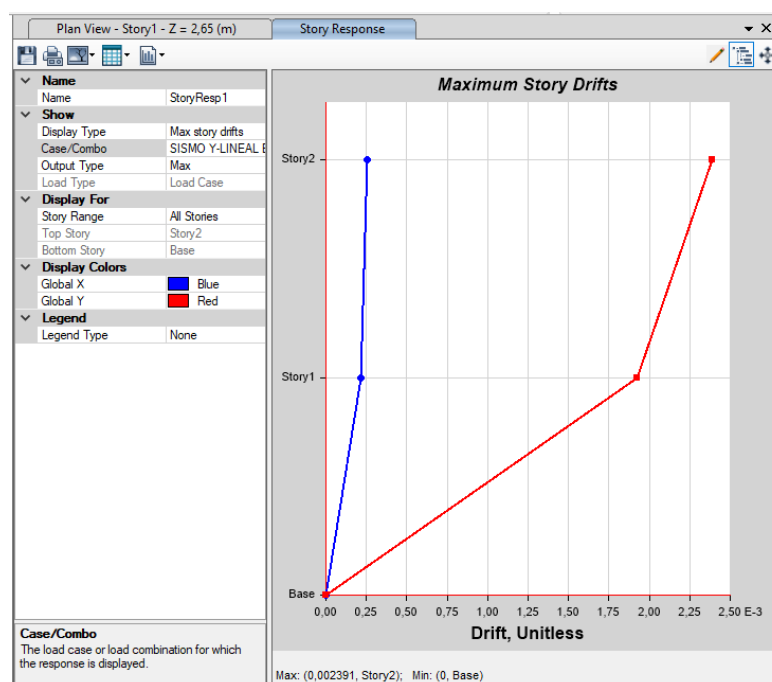


Figura 71.

La deriva máxima en sentido Y



En sentido X la deriva máxima es de 0,00225, en sentido Y es de 0,002391.

- Deriva real máxima sentido X: $\Delta M = 0,75 \times 5 \times 0,00225 = 0,0084 = 0,84 \%$
- Deriva real máxima sentido Y: $\Delta M = 0,75 \times 5 \times 0,002391 = 0,0089 = 0,89 \%$

Modelo de la Estructura

Figura 72.

Modelo matemático de estructura regular

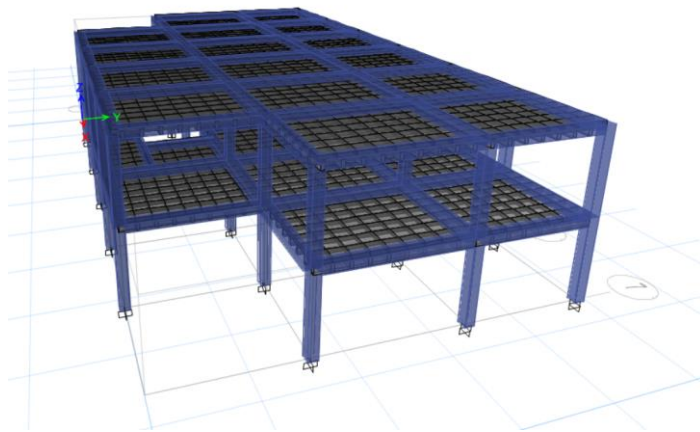
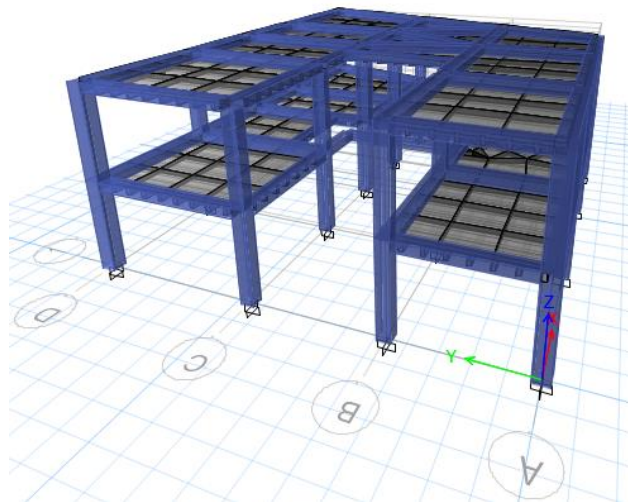


Figura 73.

Modelo matemático de estructura irregular



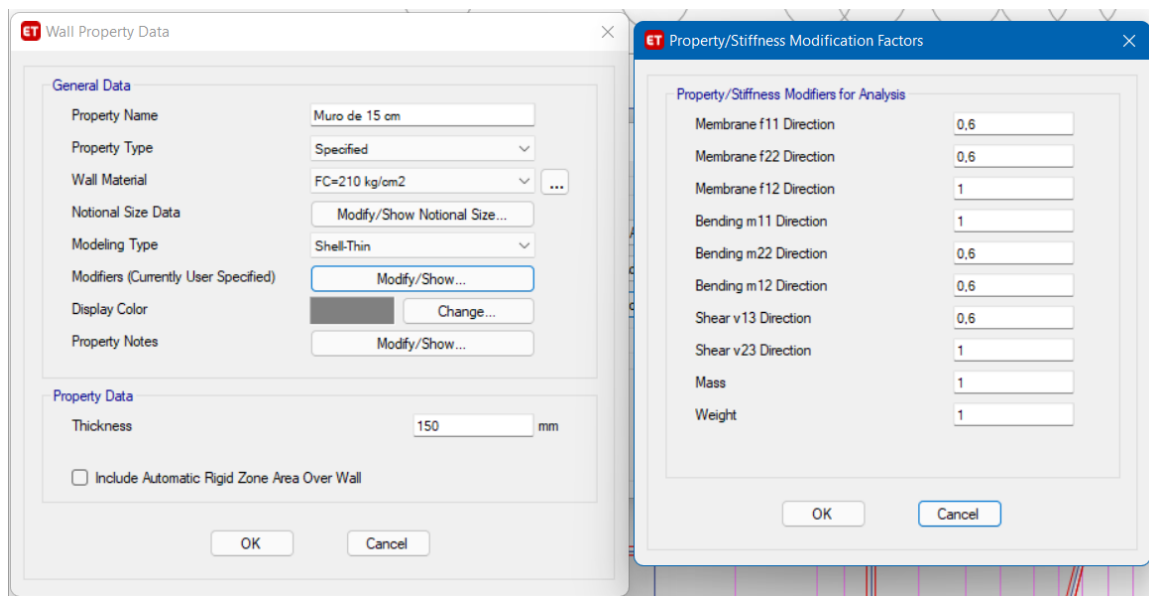
Muros portantes de hormigón armado

Ingreso de Elementos de las Estructuras

Para el valor de inercia agrietada “ I_g ” de los elementos estructurales tipo dalas (vigas) y losa se consideró el mismo del sistema aporticado.

Figura 74.

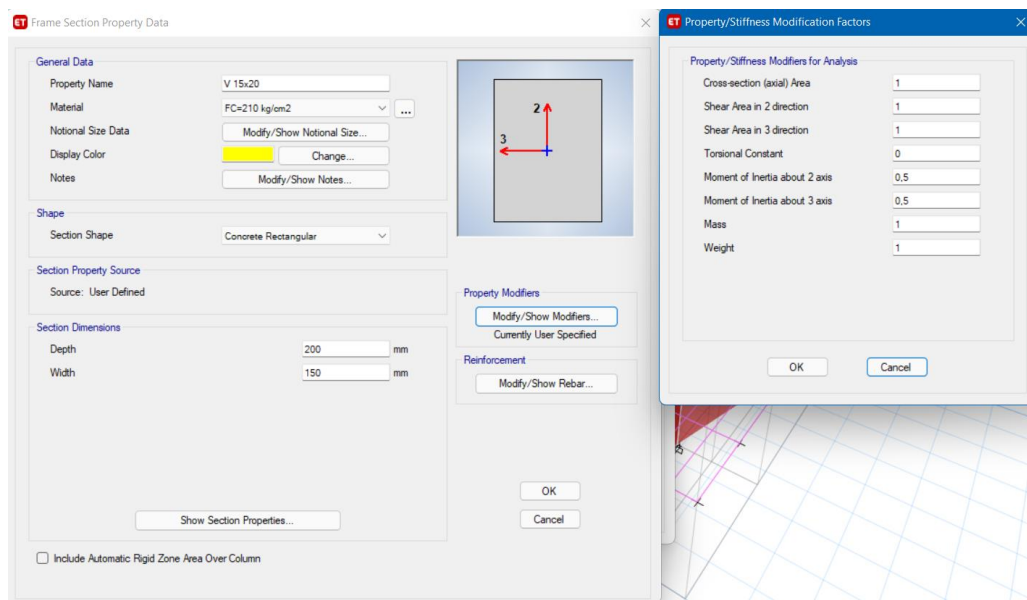
Muro de hormigón de 15 cm de espesor para estructura regular e irregular



Nota: Se ingresa un valor de “0,6 I_g ” para los muros.

Figura 75.

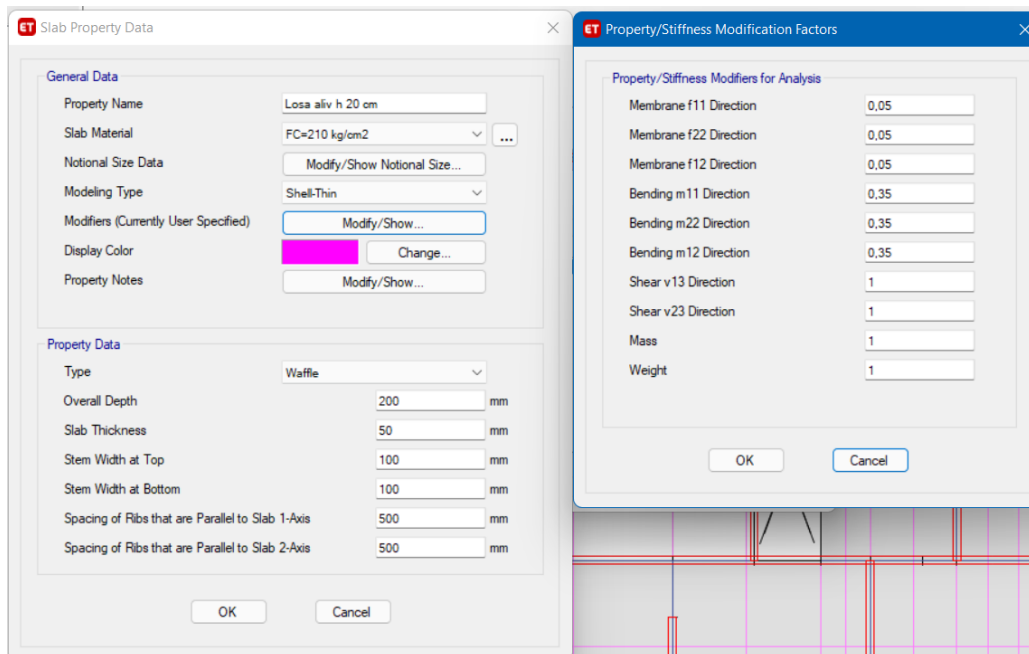
Ingreso de vigas de 15X20 para estructura regular e irregular



Nota: Se ingresó un valor de "0,5lg" para dalas.

Figura 76.

Losa alivianada bidireccional de 20 cm de espesor



Nota: Se ingresa los valores de 0,05 y 0,35 como factores de modificación de la losa.

Asignación de Cargas Verticales

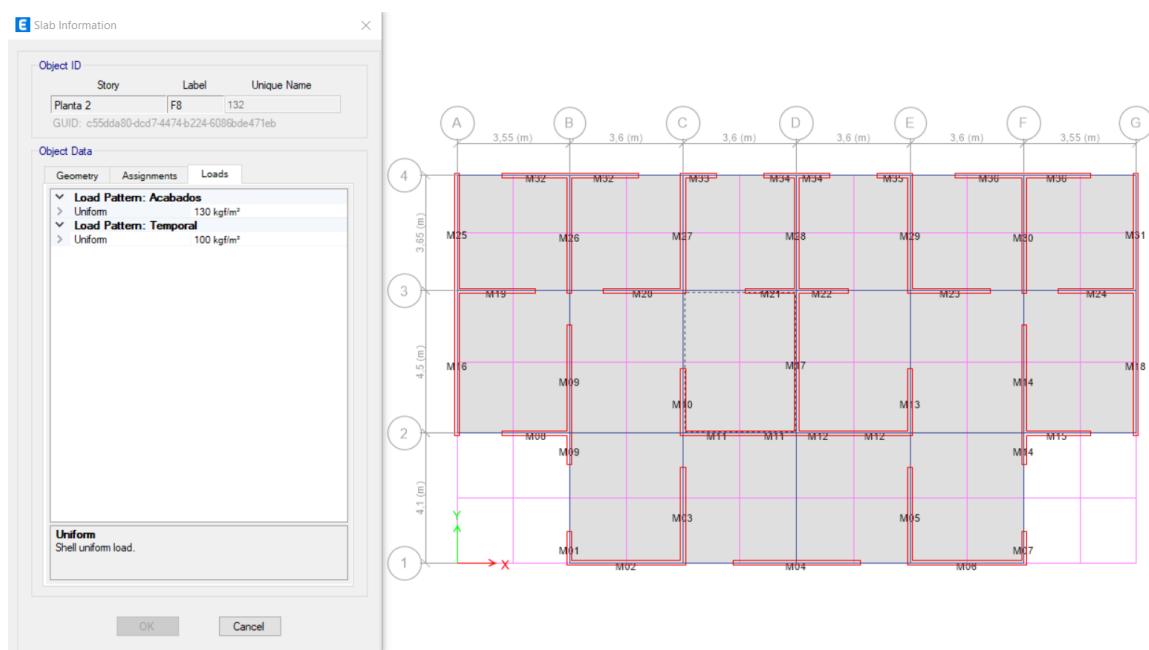
Tabla 46.

Cargas verticales modelación ETABS

| Descripción | Planta baja | Cubierta | Unidad |
|------------------|-------------|----------|------------------|
| Peso de Paredes | 0,12 | -- | T/m ² |
| Peso de acabados | 0,13 | 0,13 | T/m ² |
| Carga muerta | 0,25 | 0,13 | T/m ² |
| Carga viva | 0,2 | 0,1 | T/m ² |

Figura 77.

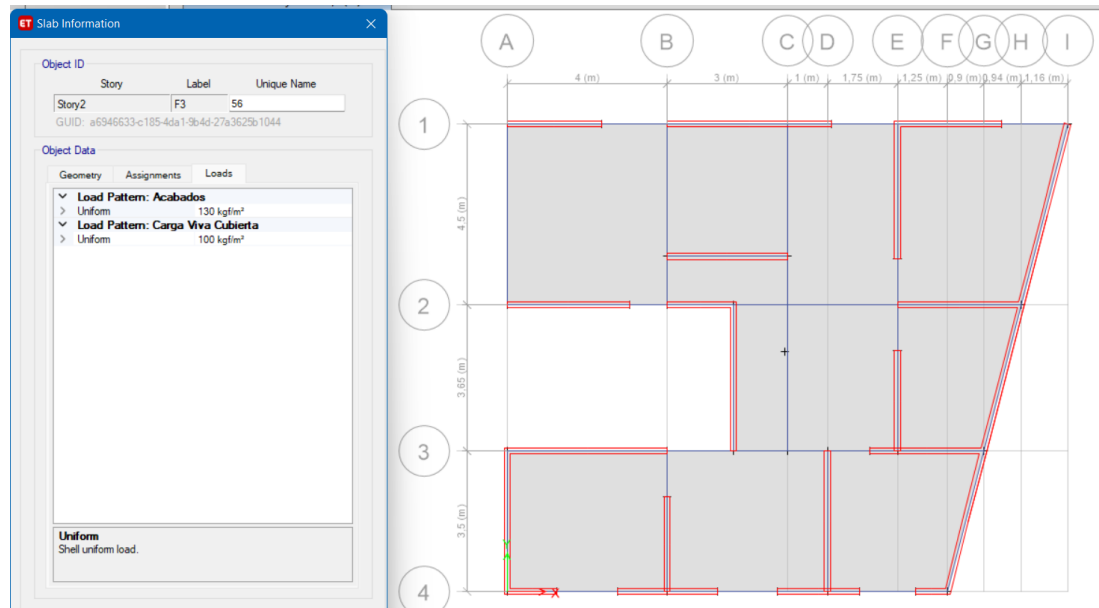
Asignación de cargas en losa de cubierta para estructura regular



Nota: Se considera como carga muerta solo el peso de acabados.

Figura 78.

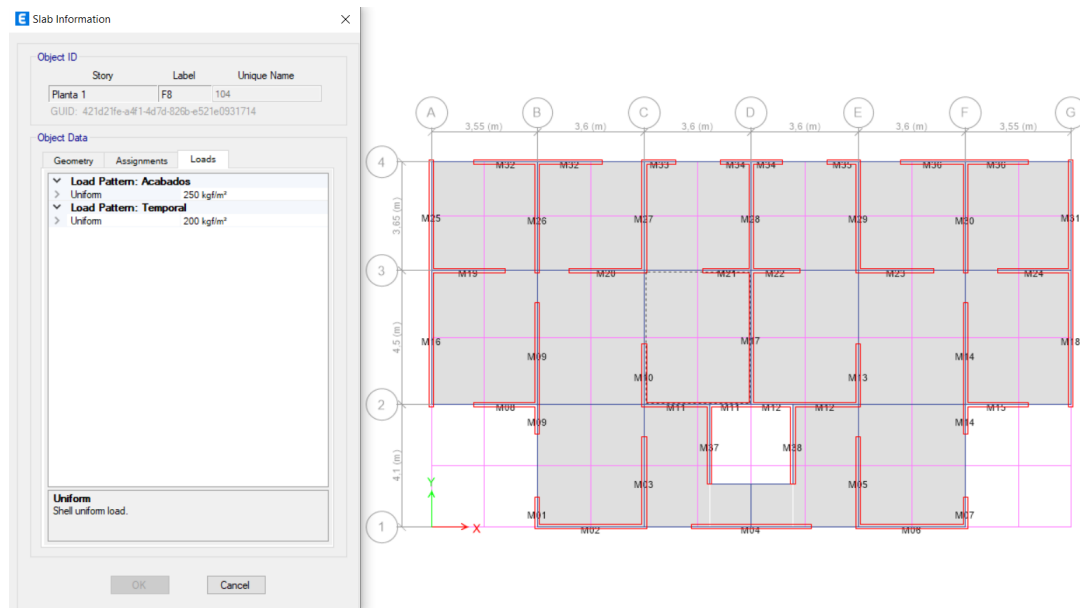
Asignación de cargas en losa de cubierta para estructura irregular



Nota: Se considera como carga muerta solo el peso de acabados.

Figura 79.

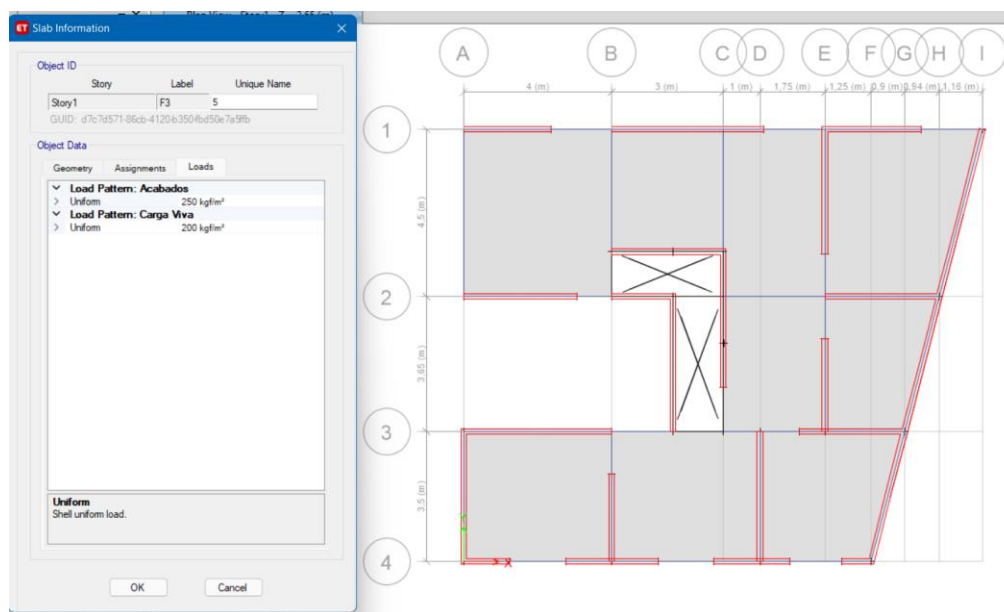
Asignación de cargas en losa de entrepiso para estructura regular



Nota: Se considera como carga muerta el peso de acabados y mampostería.

Figura 80.

Asignación de cargas en losa de entrepiso para estructura irregular



Nota: Se considera como carga muerta el peso de acabados y mampostería.

Coefficiente Basal

Según la NEC-SE-DS, 2015 la 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 (NEC-SE-DS, 2015).

Ingresar el coeficiente basal calculado, para estructura regular 0,3968 y para irregular 0,4409 en sentido X, Y.

Ingreso de Combinaciones de Carga

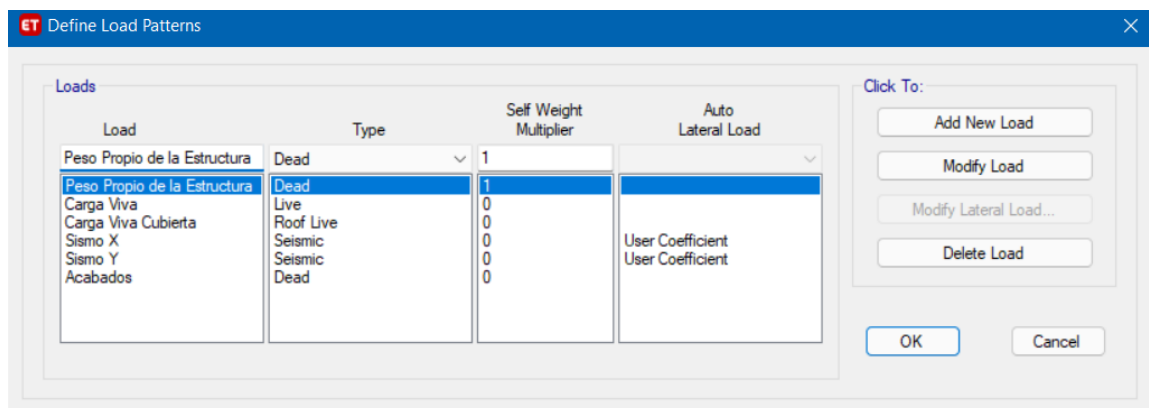
Las construcciones en general deberán diseñarse para resistir las combinaciones de:

- Cargas permanentes,

- Cargas variables (cargas vivas, también llamadas sobrecargas de uso, cargas estáticas por viento y cargas de granizo),
- Cargas accidentales (acciones sísmicas: véase las normas NEC-SE-DS y NEC-SE-RE).

Figura 81.

Cargas actuantes para estructuras regular e irregular

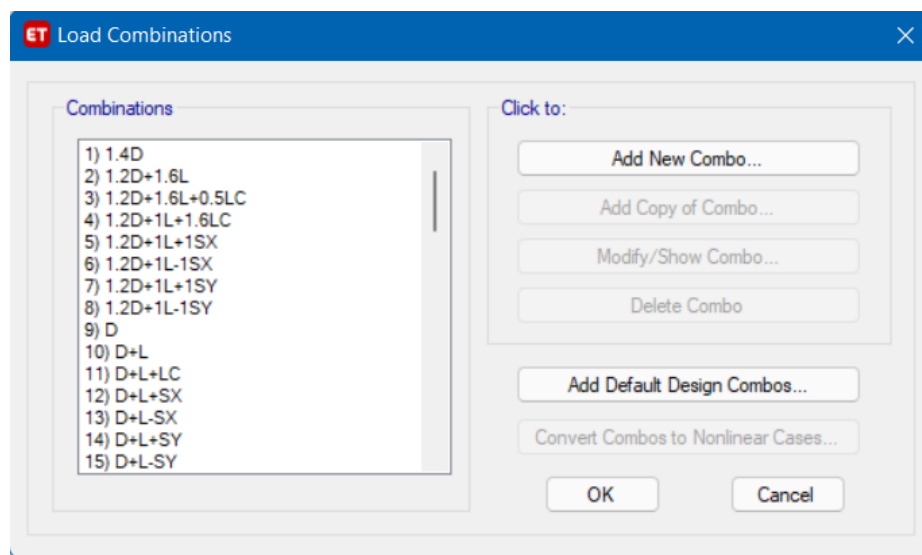


Nota: Cuadro de carga de las estructuras.

Según la NEC-SE-DS, 2015 Las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas (NEC-SE-CG, 2015) , de acuerdo con las siguientes combinaciones:

Figura 82.

Combinaciones de cargas para estructura regular e irregular



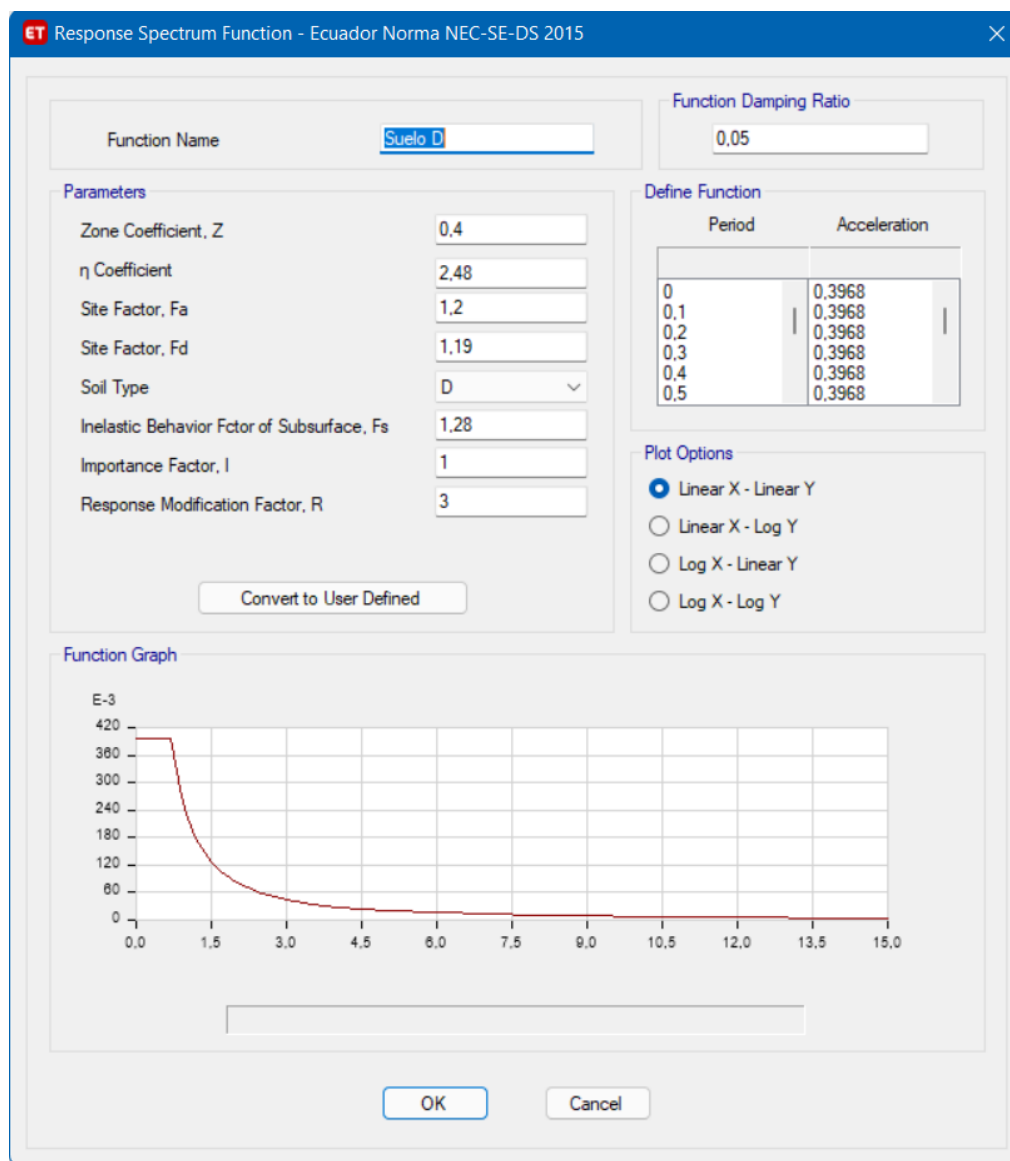
Nota: Se consideró las combinaciones de acuerdo (NEC-SE-DS,2015).

Ingreso de Espectro de diseño

Según la NEC-SE-DS, 2015 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.

Figura 83.

Ingreso del espectro de diseño para estructura regular e irregular



Nota: Se ingresó los factores para un suelo tipo D.

Derivas

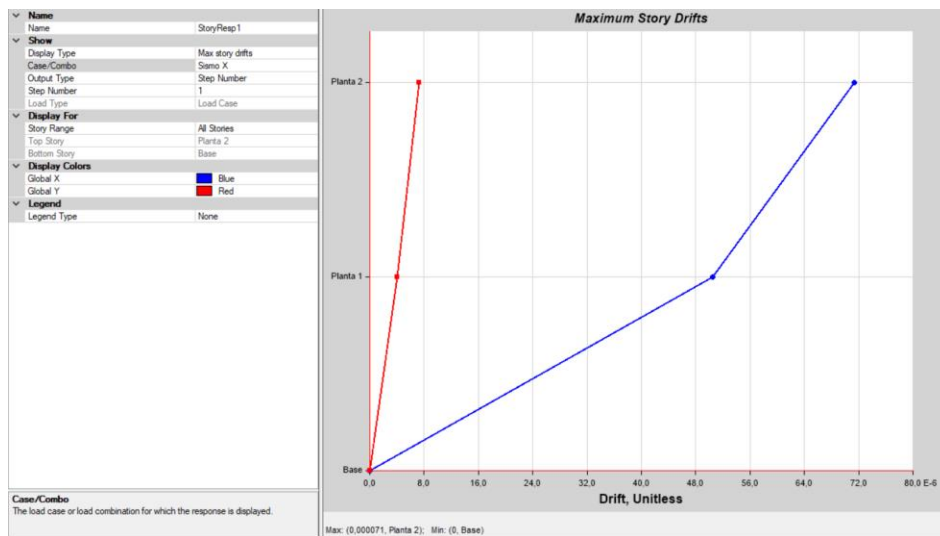
Las derivas establecen el desplazamiento lateral relativo de un piso con respecto a otro piso consecutivo, mediante la ubicación de dos puntos en una línea vertical de la estructura. La deriva máxima de piso permitida por la Norma Ecuatoriana de la

Construcción de 2015 establece que la deriva de piso inelástica máxima sea del 2%, si no se cumple estas derivas se puede ocasionar pérdidas por daños en las estructuras.

Estructura Regular.

Figura 84.

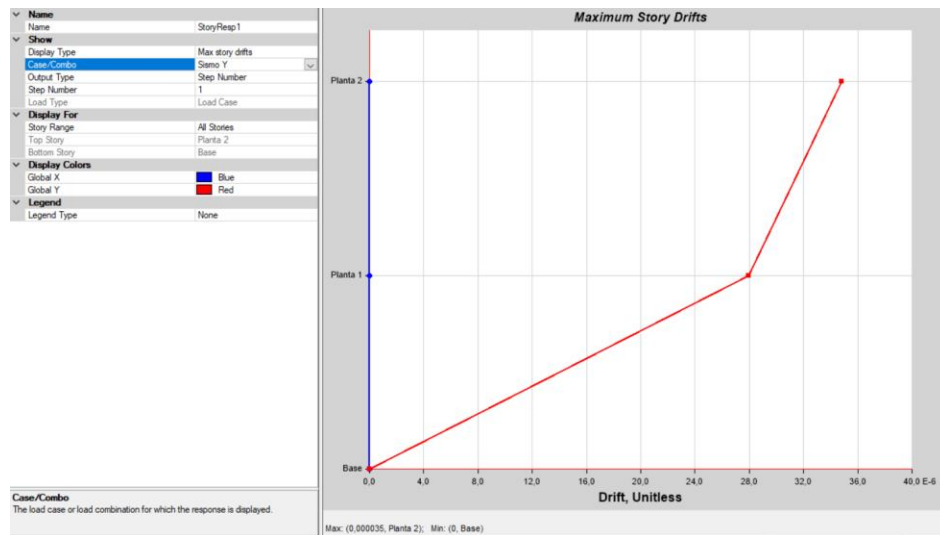
Deriva de piso en sentido X



Nota: En sentido X la deriva máxima es de 0.000071.

Figura 85.

Deriva de piso en sentido Y



Nota: En sentido Y la deriva máxima es de 0.000035.

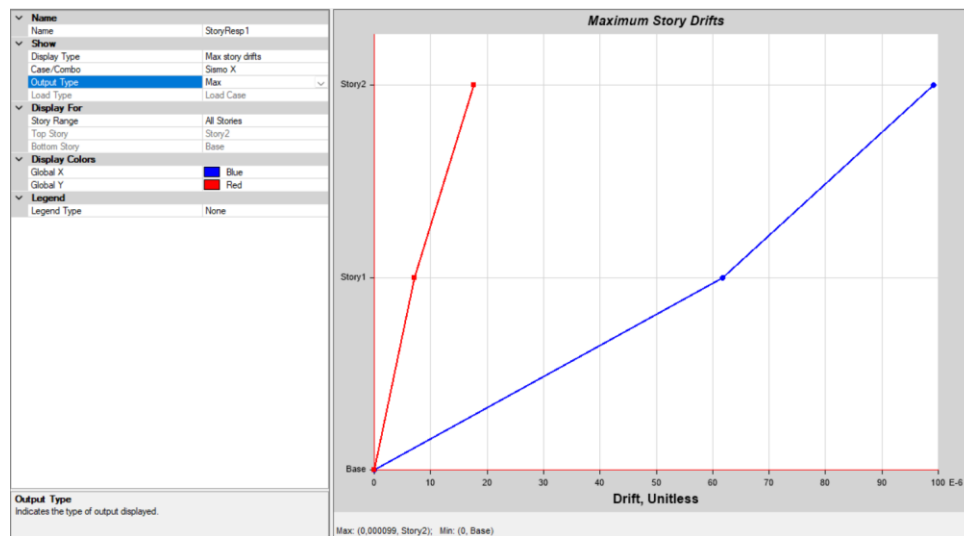
Por lo tanto, con las derivas máximas establecidas en cada sentido se tiene:

- Deriva real máxima sentido X: $\Delta M = 0,75 \times 3 \times 0,000071 = 0,000159 = 0,016 \%$
- Deriva real máxima sentido Y: $\Delta M = 0,75 \times 3 \times 0,000035 = 0,000078 = 0,008 \%$

Estructura Irregular

Figura 86.

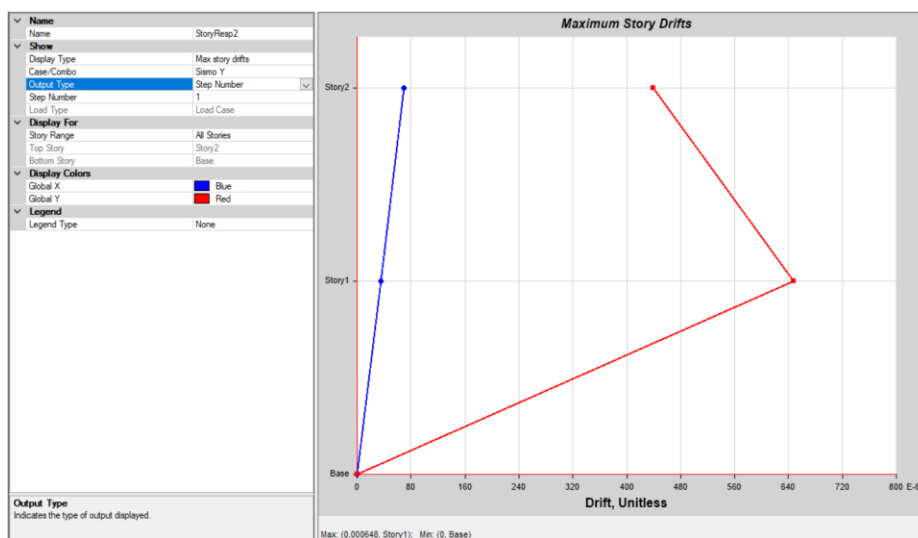
Deriva de piso en sentido X



Nota: En sentido X la deriva máxima es de 0,000099

Figura 87.

Deriva de piso en sentido Y



Nota: En sentido Y la deriva máxima es de 0.000658.

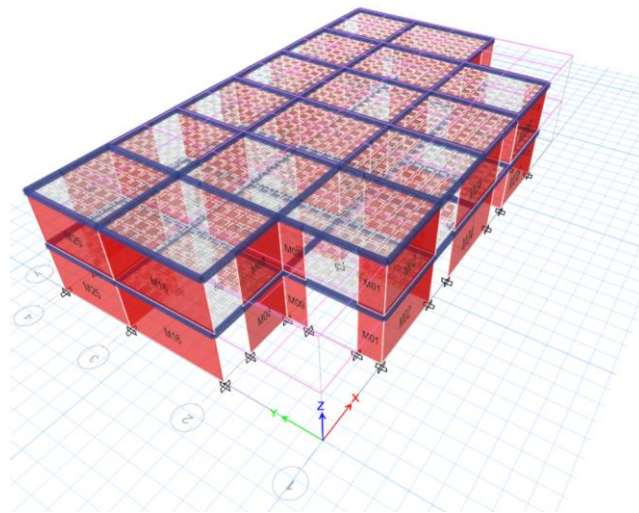
Por lo tanto, con las derivas máximas establecidas en cada sentido se tiene:

- Deriva real máxima sentido X: $\Delta M = 0,75 \times 3 \times 0,000099 = 0,00022 = 0,022 \%$
- Deriva real máxima sentido Y: $\Delta M = 0,75 \times 3 \times 0,000658 = 0,00148 = 0,15 \%$

Las derivas máximas en los dos sentidos en las estructuras regulares e irregulares con muros portantes de hormigón son menores al establecido (2%) por la norma.

Modelo de la Estructura**Figura 88.**

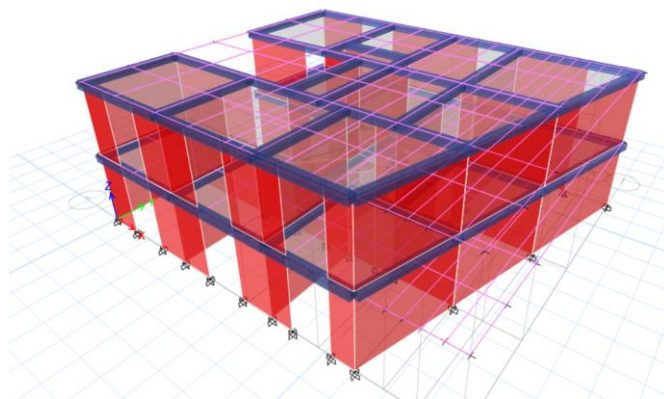
Modelo de estructura regular



Nota: Se presentan las vistas en 3D de la estructura regular.

Figura 89.

Modelo de estructura irregular



Nota: Se presentan las vistas en 3D de la estructura irregular.

Muros portantes livianos de acero con Steel Framing

Ingreso de Materiales

Al ser estructuras de Steel framing se usó el mismo tipo de material para la elaboración de la estructura regular e irregular en el software SAP2000.

Se ingresa la fluencia del acero galvanizado $f_y=2600 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 90.

Propiedades del acero

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: ACERO CONFORMADO

Material Type: ColdFormed

Material Grade: SQ Grade 50

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7.849E-03

Mass per Unit Volume: 8.004E-06

Units: Kgf, cm, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2000000

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 797713.6

Other Properties For Cold Formed Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 2600

Minimum Tensile Stress, Fu: 3162

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Nota: Dato obtenido del catálogo del perfil.

Ingreso de Elementos de Estructura

Figura 91.

Ingreso del perfil de vigueta para estructura regular e irregular

The screenshot shows the 'Cold Formed C Section' dialog box with the following settings:

- Section Name:** 2. VIGUETAS
- Display Color:** Yellow
- Section Notes:** Modify/Show Notes...
- Dimensions:**
 - Outside Height (A): 0.2
 - Outside Width (B): 0.04
 - Thickness (t): 1.600E-03
 - Radius (R): 2.460E-03
 - Lip Depth (d): 0.015
- Material:** ACERO CONFORMADO
- Property Modifiers:** Set Modifiers...
- Section:** A grid showing the profile with dimensions 2 and 3.
- Properties:** Section Properties..., Time Dependent Properties...
- Buttons:** OK, Cancel

Nota: Perfil PGC 200x1,60 mm.

Figura 92.

Ingreso del perfil de alféizar para estructura regular e irregular

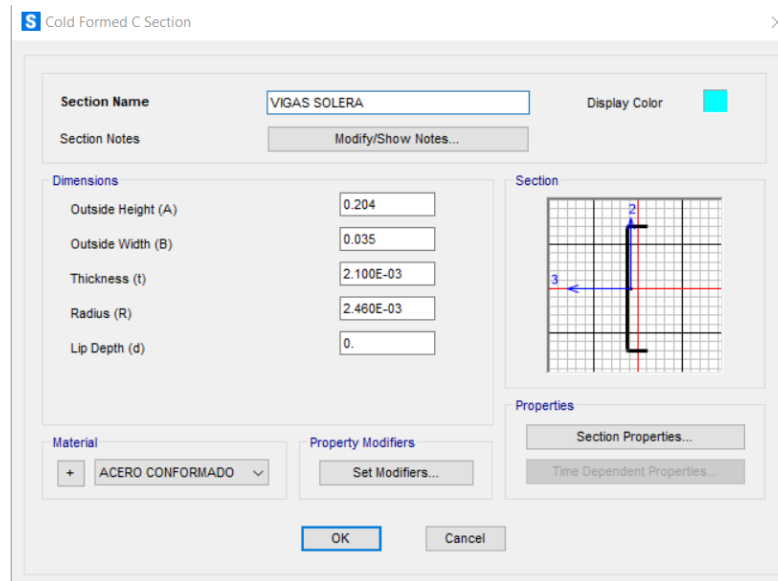
The screenshot shows the 'Cold Formed C Section' dialog box with the following settings:

- Section Name:** 4. ALFEIZER
- Display Color:** Cyan
- Section Notes:** Modify/Show Notes...
- Dimensions:**
 - Outside Height (A): 0.104
 - Outside Width (B): 0.035
 - Thickness (t): 1.600E-03
 - Radius (R): 1.400E-03
 - Lip Depth (d): 0.
- Material:** ACERO CONFORMADO
- Property Modifiers:** Set Modifiers...
- Section:** A grid showing the profile with dimensions 2 and 3.
- Properties:** Section Properties..., Time Dependent Properties...
- Buttons:** OK, Cancel

Nota: Perfil PGU 100x1,50 mm.

Figura 93.

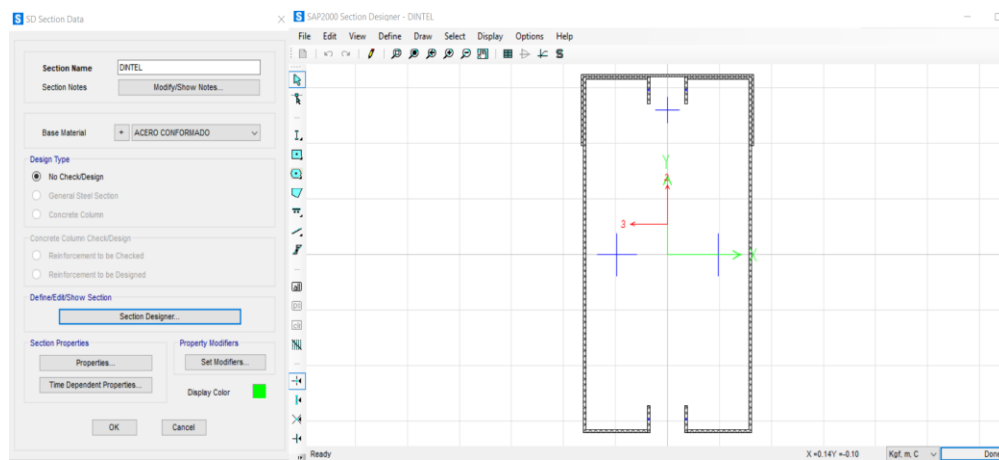
Ingreso del perfil de viga solera para estructura regular e irregular



Nota: Perfil PGU 200x1,60 mm.

Figura 94.

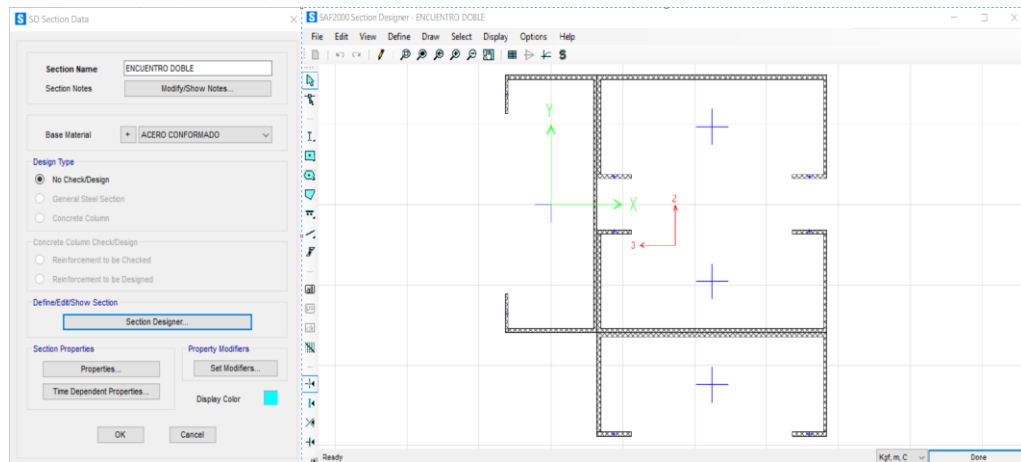
Ingreso del perfil de viga dintel para estructura regular e irregular



Nota: Perfil tipo cajón con conformado por 2x PGC 200x1,60 mm.

Figura 95.

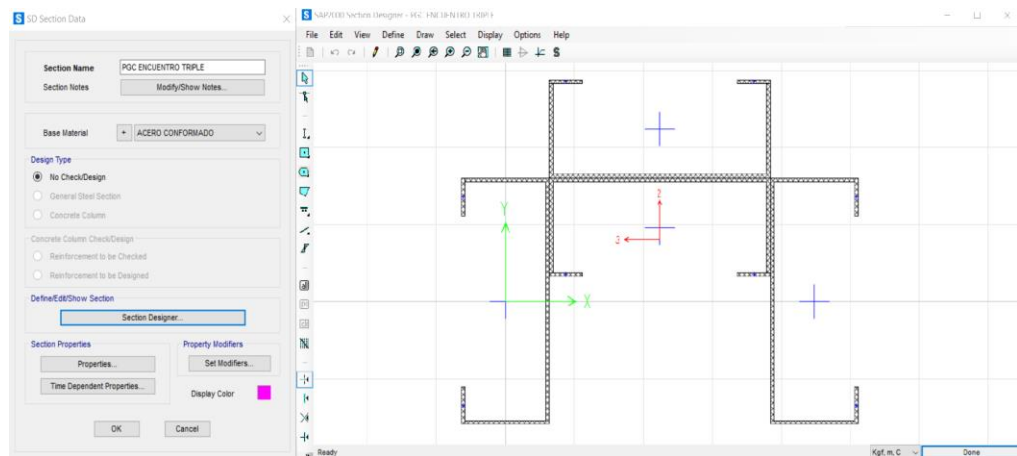
Encuentro Doble



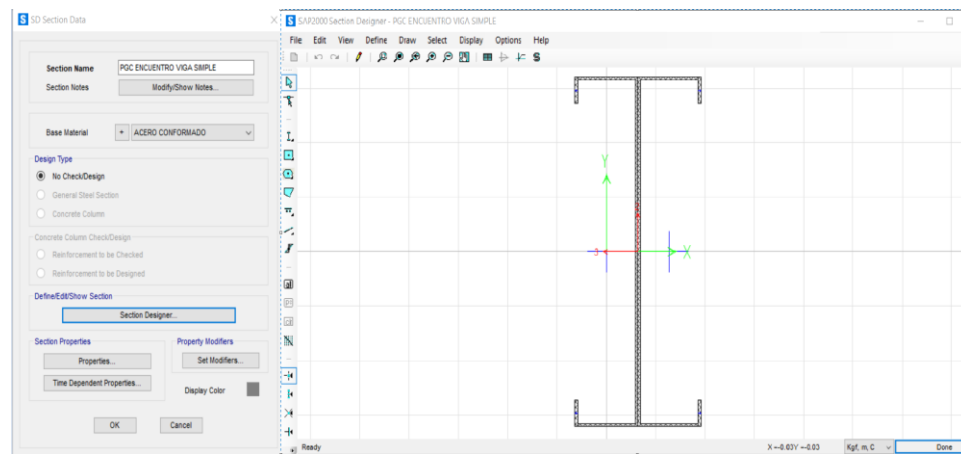
Nota: Perfil de dos paneles esquina PGC 100x1,60 mm.

Figura 96.

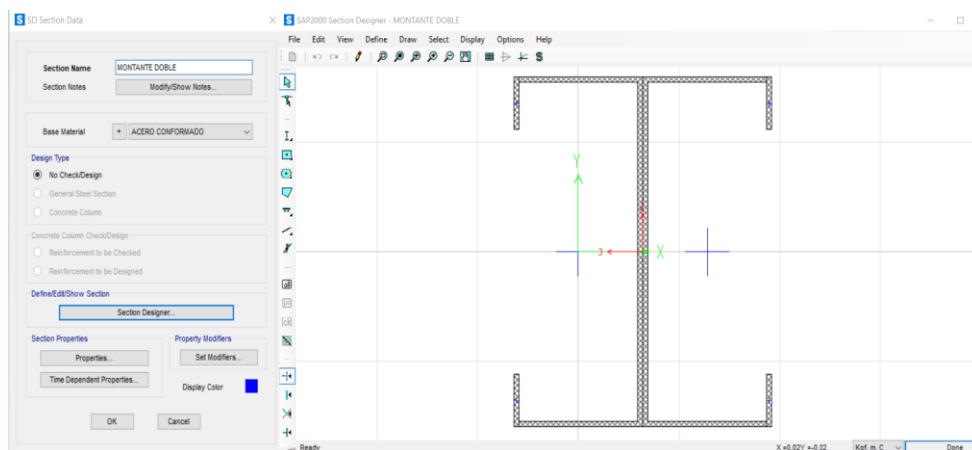
Encuentro Triple



Nota: Perfil de tres paneles PGC 100x1,60 mm.

Figura 97.*Encuentro Viga Simple*

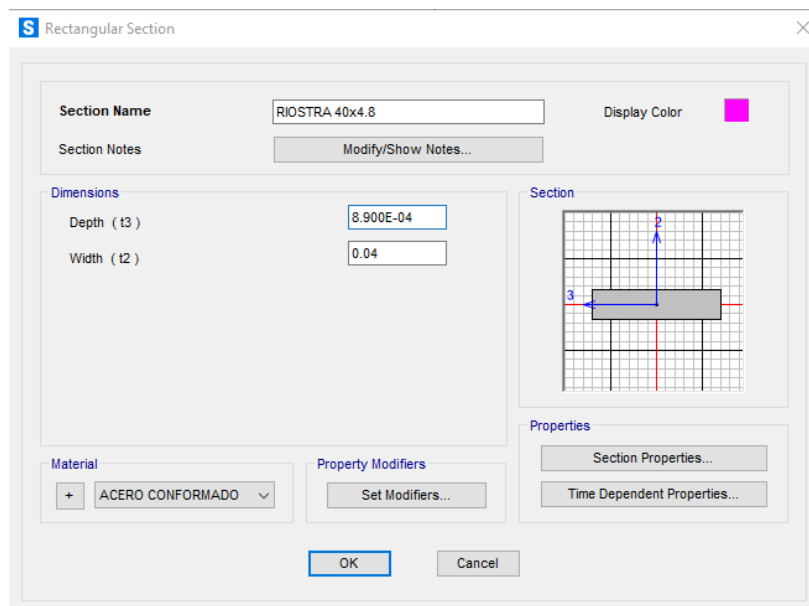
Nota: Perfil tipo viga PGC 200x1,60 mm.

Figura 98.*Encuentro Doble*

Nota: Perfil tipo viga PGC 100x1,60 mm.

Figura 99.

Ingreso de flejes metálicos para estructura regular e irregular



Nota: Flejes o riostras metálicas 40x8,90 mm.

Asignación de Cargas Verticales

Tabla 47.

Asignación de cargas verticales

| Descripción | Planta baja | Cubierta | Unidad |
|--------------------------|--------------------|-----------------|------------------|
| Fibrocemento 20mm | 0,03 | 0,03 | T/m ² |
| Fibrocemento 10mm | 0,015 | - | T/m ² |
| Imprevisto | 0,02 | 0,02 | T/m ² |
| Porcelanato | 0,04 | 0,04 | T/m ² |
| Tumbados | 0,01 | 0,01 | T/m ² |
| Carga muerta | 0,15 | 0,10 | T/m ² |
| Carga viva | 0,2 | 0,10 | T/m ² |

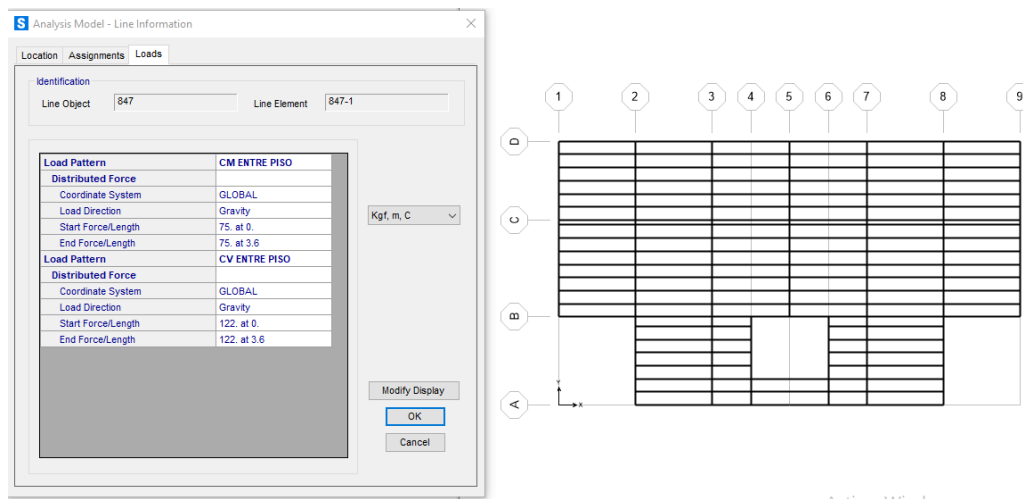
Dichas cargas se ingresan de acuerdo con su área cooperante como se muestra en las siguientes figuras:

Área cooperante = 0,61 m

Estructura Regular.

Figura 100.

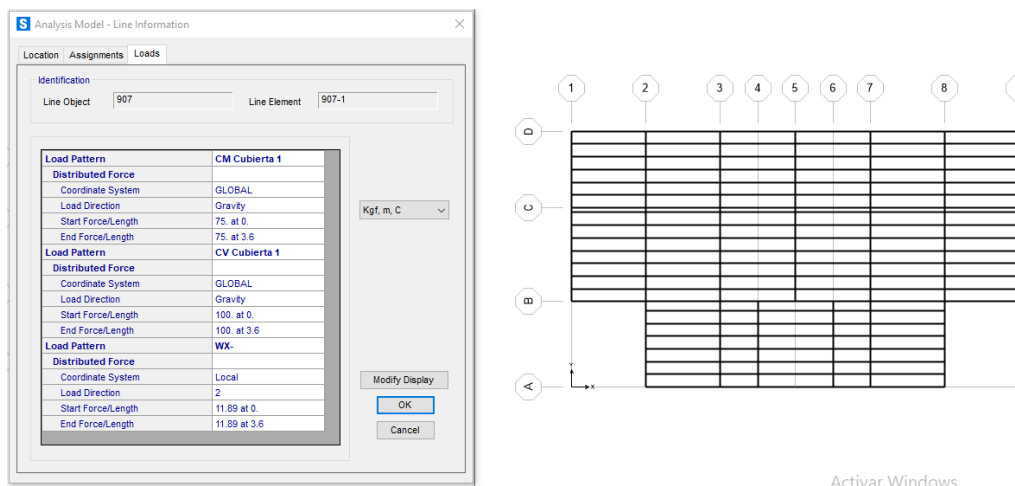
Asignación de cargas para entrepiso estructura regular



Nota: Se considera como carga muerta el peso de acabados y paredes.

Figura 101.

Asignación de carga para cubierta estructura regular



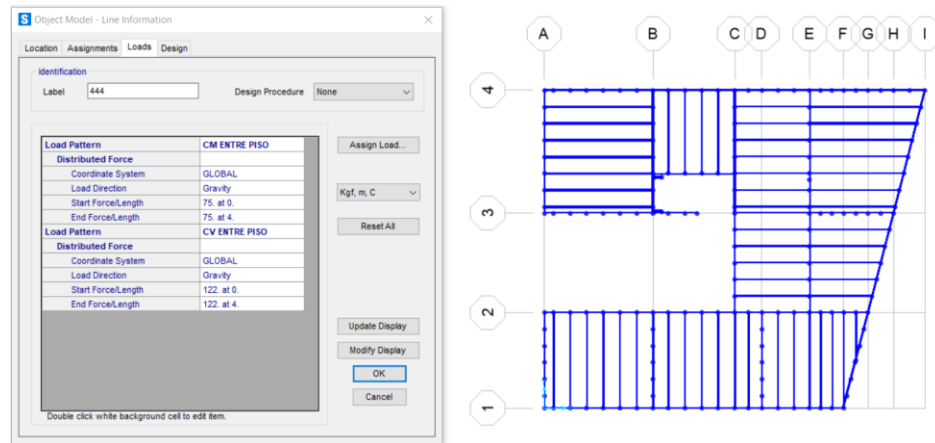
Activar Windows

Nota: Se considera como carga muerta el peso de acabados y paredes.

Estructura Irregular.

Figura 102.

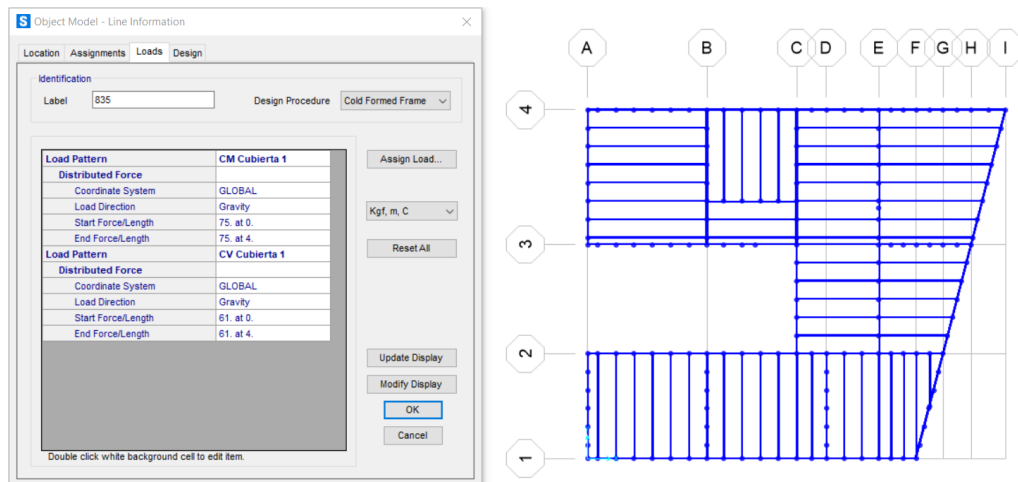
Asignación de cargas para entrepiso estructura irregular



Nota: Se considera como carga muerta el peso de acabados y paredes.

Figura 103.

Asignación de carga para cubierta estructura irregular



Nota: Se considera como carga muerta el peso de acabados y paredes.

Coefficiente Basal

Según la NEC-SE-DS, 2015 la 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 (NEC-SE-DS, 2015)

Ingresar el coeficiente basal calculado, para estructura regular 0,4762 y para irregular 0,5291 en sentido X, e Y.

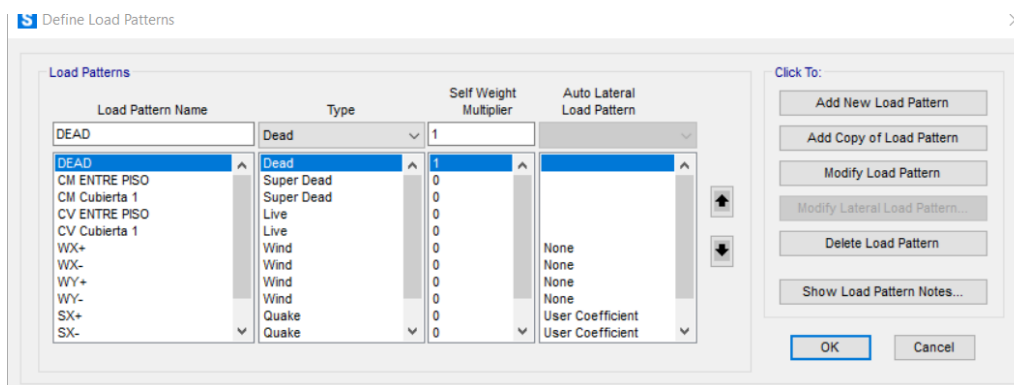
Ingreso de Combinaciones de Carga

Las construcciones en general deberán diseñarse para resistir las combinaciones de:

- Cargas permanentes,
- Cargas variables (cargas vivas, también llamadas sobrecargas de uso, cargas estáticas por viento, y cargas de granizo),
- Cargas accidentales (acciones sísmicas: véase las normas NEC-SE-DS y NEC-SE-RE).

Figura 104.

Cargas actuantes para estructuras regular e irregular



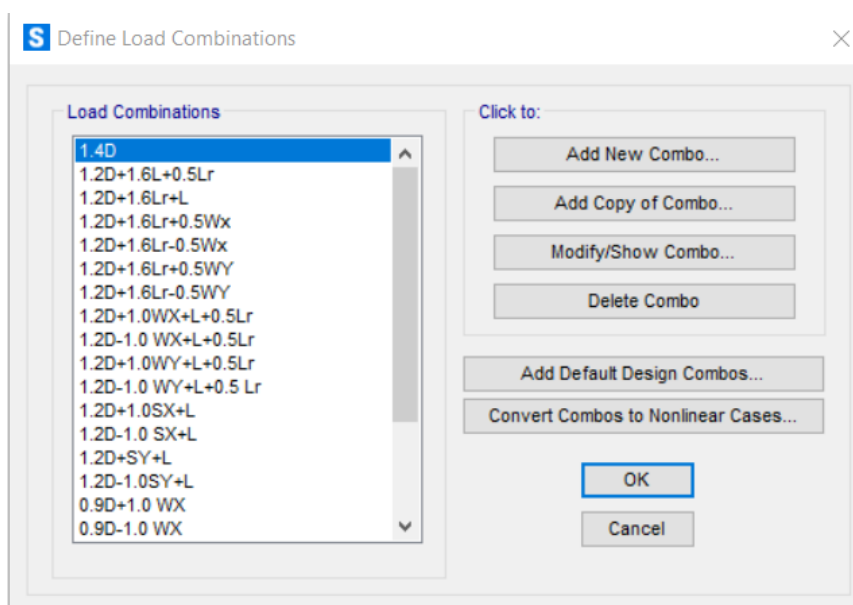
Nota: Cuadro de carga de las estructuras.

Las combinaciones de cargas incluyen las cargas accidentales tratadas en las NEC-SE-DS y NECSE-RE (cargas sísmicas). Las otras cargas no serán incluidas en los cálculos.

Según la NEC-SE-DS, 2015 Las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas(NEC-SE-CG, 2015), de acuerdo con las siguientes combinaciones:

Figura 105.

Combinaciones de carga para la estructura regular e irregular



Nota: Se consideró las combinaciones de acuerdo (NEC-SE-DS,2015).

Ingreso de Espectro de diseño

Según la NEC-SE-DS, 2015 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.

Figura 106.

Ingreso del espectro de diseño de las estructuras

Function Name: SUELO D

Function Damping Ratio: 0.05

Parameters:

- Zone Coefficient, Z: 0.4
- η Coefficient: 2.48
- Site Factor, F_a : 1.2
- Site Factor, F_d : 1.19
- Soil Type: D
- Inelastic Behavior Factor of Subsurface, F_s : 1.28
- Importance Factor, I: 1
- Response Modification Factor, R: 2.5

Define Function:

| Period | Acceleration |
|--------|--------------|
| 0. | 0.4762 |
| 0.1 | 0.4762 |
| 0.2 | 0.4762 |
| 0.3 | 0.4762 |
| 0.4 | 0.4762 |
| 0.5 | 0.4762 |
| 0.6 | 0.4762 |
| 0.7 | 0.4743 |
| 0.8 | 0.3882 |
| 0.9 | 0.3253 |
| 1. | 0.2778 |
| 1.2 | 0.2113 |
| 1.5 | 0.1512 |
| 1.7 | 0.1253 |

Function Graph: (13.5364 , 5.817E-03)

Nota: Se ingresó los factores para un suelo tipo D.

Derivas

Según la NEC-SE-DS, 2015 es el 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.

La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la siguiente tabla, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso (NEC-SE-DS, 2015).

Tabla 48.

Derivas máximas según la estructura

| Estructuras de: | ΔM máxima (sin unidad) |
|---|--|
| Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera | 0,02 |
| De mampostería | 0,01 |

Para la obtención de la deriva de piso se usará las siguientes ecuaciones dadas por la NEC sección 6.3.9:

$$\text{Deriva elástica: } \Delta e = (\Delta 2 - \Delta 1)/h_e$$

$$\text{Deriva inelástica: } \Delta i = 0,75 * (\Delta e * R) \leq 0,01$$

Estructura Regular.

Tabla 49.

Deriva de piso para sismo en X estructura regular

| SENTIDO X | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| | Des, Superior (cm) | Des, Inferior (cm) | Deriva inelástica (cm) | Altura (cm) | Deriva calculada | Deriva normativa | Observación |
| Entrepiso | 0,317 | 0,000 | 0,594 | 265,000 | 0,002 | 0,01 | ok |
| Cubierta | 0,612 | 0,317 | 0,554 | 265,000 | 0,002 | 0,01 | ok |

Tabla 50.

Deriva de piso para sismo en Y estructura regular

| SENTIDO Y | | | | | | | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|-------------|
| | Des, Superior (cm) | Des, Inferior (cm) | Deriva inelástica (cm) | Altura (cm) | Deriva calculada | Deriva normativa | Observación |
| Entrepiso | 0,577 | 0,000 | 1,298 | 265,000 | 0,005 | 0,010 | ok |
| Cubierta | 0,959 | 0,577 | 0,861 | 265,000 | 0,003 | 0,010 | ok |

Estructura Irregular.

Tabla 51.

Deriva de piso para sismo en X estructura irregular

| SENTIDO X | | | | | | | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|-------------|
| | Des, Superior (cm) | Des, Inferior (cm) | Deriva inelástica (cm) | Altura (cm) | Deriva calculada | Deriva normativa | Observación |
| Entrepiso | 0,213 | 0,000 | 0,399 | 265,000 | 0,001 | 0,01 | ok |
| Cubierta | 0,446 | 0,213 | 0,629 | 265,000 | 0,002 | 0,01 | ok |

Tabla 52.

Deriva de piso para sismo en Y estructura irregular

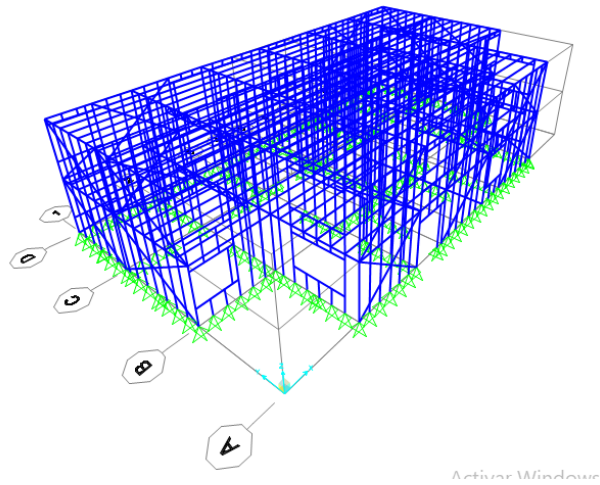
| SENTIDO Y | | | | | | | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|-------------|
| | Des, Superior (cm) | Des, Inferior (cm) | Deriva inelástica (cm) | altura (cm) | Deriva calculada | Deriva normativa | Observación |
| Entrepiso | 0,189 | 0,000 | 0,354 | 265,000 | 0,001 | 0,01 | ok |
| Cubierta | 0,814 | 0,189 | 1,171 | 265,000 | 0,004 | 0,01 | ok |

Modelo de la Estructura

Estructura Regular.

Figura 107.

Modelo de estructura regular

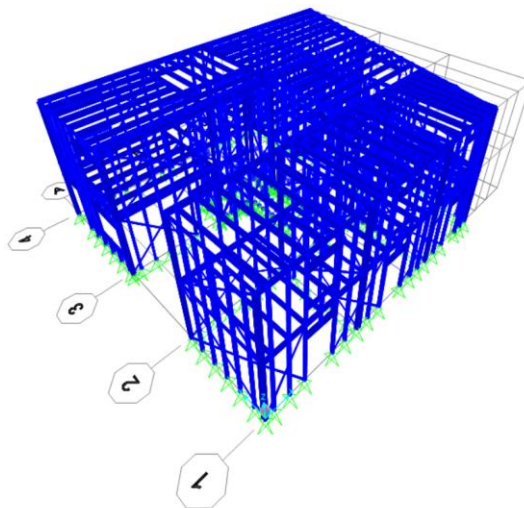


Nota: Se presenta la vista en 3D de las estructuras regular.

Estructura Irregular.

Figura 108.

Modelo estructura irregular



Nota: Se presenta la vista en 3D de las estructuras irregular.

CAPÍTULO VI

DISEÑO ESTRUCTURAL

Sistema Aporticado

En general se deberá colocar como se diseña cada uno de los elementos estructurales procurando no confundir a los lectores adjuntando tablas y fórmulas de armados.

Diseño de Losa Bidireccional Alivianada

Debido al peralte mínimo de la viga, la losa alivianada adopta un valor de 25 cm.

Carga de Entrepiso.

Mediante el cálculo se determina la distribución de nervios a ser analizados en sentido X e Y de acuerdo con la geometría de la estructura.

Factores de distribución, que afectarán a la carga (w), para cada sentido:

$$f d_s = \frac{L^4}{s^4 + L^4}$$

$$f d_L = \frac{s^4}{s^4 + L^4}$$

Donde:

L = es el sentido largo

S = el sentido corto

Para el primer piso la carga es:

$$CM = \text{Peso de Losa} + \text{Peso de Acabados} + \text{Peso de paredes}$$

$$CM = 0,39 + 0,12 + 0,15 = 0,66 \text{ T/m}^2$$

$$CV = 0,2 \frac{T}{m^2} = 0,2 \text{ T/m}^2$$

$$Wu = 1,2 * 0,66 + 1,6 * 0,20 = 1,12 \frac{T}{m^2}$$

$$q = 1,12 \text{ T/m}^2$$

Se calcula la carga lineal para un ancho cooperante de 0,50 m.

$$q = 1,12 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} * 0,50 \text{ m} = 0,56 \text{ T/m}$$

Estructura Regular.

Figura 109.

Distribución de los nervios en ambos sentidos estructura regular

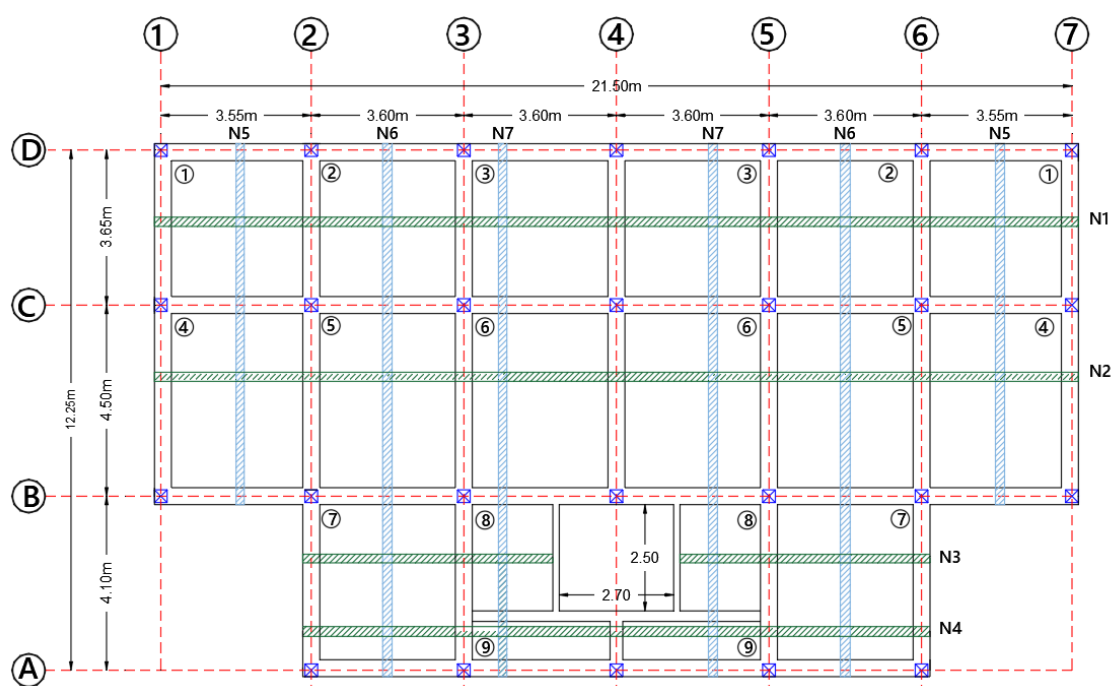


Tabla 53.

Factores de distribución de carga en cada uno de los sentidos, estructura regular

| Panel | L | S | fds | fdL | Wus(x) | Wus(x) | Max Wus |
|-------|------|------|-----------------|-----------------|--------|--------|---------|
| | m | m | $L^4/(s^4+L^4)$ | $s^4/(s^4+L^4)$ | T/m | T/m | T/m |
| 1 | 3,65 | 3,55 | 0,53 | 0,47 | 0,30 | 0,26 | 0,30 |
| 2 | 3,65 | 3,60 | 0,51 | 0,49 | 0,29 | 0,27 | 0,29 |
| 3 | 3,65 | 3,60 | 0,51 | 0,49 | 0,29 | 0,27 | 0,29 |
| 4 | 4,50 | 3,55 | 0,72 | 0,28 | 0,40 | 0,16 | 0,40 |

| Panel | L | S | fds | fdL | Wus(x) | Wus(x) | Max Wus |
|-------|------|------|-----------------|-----------------|--------|--------|---------|
| | m | m | $L^4/(s^4+L^4)$ | $s^4/(s^4+L^4)$ | T/m | T/m | T/m |
| 5 | 4,50 | 3,60 | 0,71 | 0,29 | 0,40 | 0,16 | 0,40 |
| 6 | 4,50 | 3,60 | 0,71 | 0,29 | 0,40 | 0,16 | 0,40 |
| 7 | 4,10 | 3,60 | 0,63 | 0,37 | 0,35 | 0,21 | 0,35 |
| 8 | 2,65 | 2,35 | 0,62 | 0,38 | 0,35 | 0,21 | 0,35 |
| 9 | 3,60 | 1,45 | 0,97 | 0,03 | 0,54 | 0,01 | 0,54 |

Momentos.

Con las cargas distribuidas para cada nervio, se calculan los momentos últimos de acuerdo con la tabla 6.5.2 del (ACI 318-19)

Cantidad de acero y de armado.

$$\text{Altura efectiva de losa } (d) = 25 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 22 \text{ cm}$$

$$\text{Ancho de nervio } (b) = 10 \text{ cm.}$$

Armadura mínima.

$$A_{smín} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

$$A_{smín} = 0,00333 * 10 \text{ cm} * 22 \text{ cm} = 0,73 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Es la armadura mínima requerida para un nervio

Armado de nervios.

$$\rho = 0,85 * \frac{f'_c}{f_y} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu * 10^5}{0,9 * 0,85 * f'_c * b * (d^2)}} \right)$$

$$A_s = \rho * b * d$$

Tabla 54.

Resumen del armado del nervio en sentido X, estructura regular

| Nervio | Wu (T/m) | Ln (m) | Factor Wu*L ² / | Mu (T-m) | ρ | As (cm ²) | Asrec | Distribución |
|--------|-------------|-----------|-------------------------------|----------|-------|--------------------------|-----------|--------------|
| N1 | | | 24 | 0,15 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,30 | 3,55 | 14 | 0,27 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 10 | 0,38 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,29 | 3,6 | 16 | 0,23 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 11 | 0,34 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,29 | 3,6 | 16 | 0,23 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 11 | 0,34 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,30 | 3,6 | 16 | 0,24 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 11 | 0,35 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,29 | 3,6 | 16 | 0,23 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| N2 | | | 10 | 0,37 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,29 | 3,55 | 14 | 0,26 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 24 | 0,15 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,40 | 3,55 | 14 | 0,27 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 10 | 0,38 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,40 | 3,6 | 16 | 0,23 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 11 | 0,34 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,40 | 3,6 | 16 | 0,23 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 11 | 0,34 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,40 | 3,6 | 16 | 0,24 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | 11 | 0,35 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm | |
| 0,40 | 3,6 | 16 | 0,23 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm | |

| Nervio | Wu | Ln | Factor | Mu (T-m) | ρ | As | Asrec | Distribución |
|-----------|-------|------|---------------------|----------|--------|--------------------|-------|--------------|
| | (T/m) | (m) | Wu*L ² / | | | (cm ²) | | |
| | | | 10 | 0,37 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,40 | 3,55 | 14 | 0,26 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 24 | 0,15 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| N3 | | | 24 | 0,15 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,35 | 3,55 | 14 | 0,27 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 9 | 0,42 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,35 | 3,6 | 14 | 0,27 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 24 | 0,16 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| N4 | | | 24 | 0,16 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,35 | 3,6 | 14 | 0,27 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 10 | 0,38 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,54 | 3,6 | 16 | 0,23 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 11 | 0,34 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,54 | 3,6 | 16 | 0,23 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 11 | 0,34 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| N5 | | | 16 | 0,24 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 11 | 0,35 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 24 | 0,16 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,30 | 3,65 | 14 | 0,28 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 9 | 0,66 | 0,004 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| N6 | | | 14 | 0,42 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,40 | 4,5 | 14 | 0,24 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 24 | 0,16 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| N6 | | | 24 | 0,16 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,29 | 3,65 | 14 | 0,28 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 10 | 0,60 | 0,003 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |

| Nervio | Wu | Ln | Factor | Mu (T-m) | ρ | As (cm ²) | Asrec | Distribución |
|--------|-------|------|---------------------|----------|--------|--------------------------|-----------|--------------|
| | (T/m) | (m) | Wu*L ² / | | | | | |
| N7 | 0,40 | 4,5 | 16 | 0,36 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 10 | 0,58 | 0,003 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,35 | 4,1 | 14 | 0,34 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 24 | 0,20 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,29 | 3,65 | 24 | 0,16 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 14 | 0,28 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,40 | 4,5 | 10 | 0,60 | 0,003 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 16 | 0,36 | 0,002 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | 0,35 | 2,35 | 11 | 0,53 | 0,003 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| | | | 16 | 0,10 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm |
| 0,54 | 1,45 | 10 | 0,16 | 0,001 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm | |
| | | 14 | 0,04 | 0,000 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm | |
| | | 24 | 0,03 | 0,000 | 0,73 | 0,79 | 1 Ø 10 mm | |

Chequeo a Cortante.

Se realiza el análisis a cortante de los nervios utilizando las cargas afectadas por los factores de distribución, de acuerdo con la sección 22,5 de la norma (ACI Committee 318, 2019)

$$V_{isostatico} = \frac{Wu * Ln}{2}$$

$$V_{hiperestático} = \pm \frac{Mu - Mu'}{L}$$

$$Vu = V_{isostatico} + V_{hiperestatico}$$

Esfuerzo cortante que soporta el hormigón

$$v_p = 0,53 * \sqrt{f' c}$$

Para la comprobación a corte debe cumplir la siguiente condición:

$$v_u \leq v_p \rightarrow OK \text{ (NO) requiere refuerzo a cortante}$$

Tabla 55.

Resumen del chequeo a corte, estructura regular

| Nervio | Wu (T/m) | Ln | V _{isos} | M1 | M2 | V _{Hip} | V _{total} | V _{u max} | V _c kg/m ² | v _p | V _c <= V _p |
|--------|-------------|------|-------------------|------|------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------|----------------|----------------------------------|
| N1 | 0,30 | 3,55 | 0,52 | 0,15 | 0,38 | 0,06 | 0,59 | 0,59 | 3,56 | 7,68 | ok |
| | 0,29 | 3,60 | 0,52 | 0,38 | 0,34 | -0,01 | 0,50 | | | | |
| | 0,29 | 3,60 | 0,52 | 0,34 | 0,34 | 0,00 | 0,52 | | | | |
| | 0,30 | 3,60 | 0,53 | 0,23 | 0,34 | 0,03 | 0,56 | | | | |
| | 0,29 | 3,60 | 0,52 | 0,23 | 0,34 | 0,03 | 0,55 | | | | |
| | 0,29 | 3,55 | 0,51 | 0,24 | 0,35 | 0,03 | 0,54 | | | | |
| N2 | 0,40 | 3,55 | 0,72 | 0,34 | 0,35 | 0,00 | 0,72 | 0,75 | 4,52 | 7,68 | ok |
| | 0,40 | 3,60 | 0,71 | 0,35 | 0,37 | 0,01 | 0,72 | | | | |
| | 0,40 | 3,60 | 0,71 | 0,37 | 0,37 | 0,00 | 0,71 | | | | |
| | 0,40 | 3,60 | 0,71 | 0,23 | 0,15 | -0,02 | 0,69 | | | | |
| | 0,40 | 3,60 | 0,71 | 0,26 | 0,15 | -0,03 | 0,68 | | | | |
| | 0,40 | 3,55 | 0,72 | 0,15 | 0,27 | 0,03 | 0,75 | | | | |
| N3 | 0,35 | 3,55 | 0,62 | 0,15 | 0,27 | 0,03 | 0,65 | 0,65 | 3,97 | 7,68 | ok |
| | 0,35 | 3,60 | 0,62 | 0,27 | 0,23 | -0,01 | 0,61 | | | | |
| N4 | 0,35 | 3,60 | 0,63 | 0,23 | 0,23 | 0,00 | 0,63 | 0,95 | 5,77 | 7,68 | ok |
| | 0,54 | 3,60 | 0,98 | 0,38 | 0,23 | -0,04 | 0,94 | | | | |
| | 0,54 | 3,60 | 0,98 | 0,34 | 0,23 | -0,03 | 0,95 | | | | |
| | 0,35 | 3,60 | 0,63 | 0,34 | 0,24 | -0,03 | 0,60 | | | | |
| | 0,35 | 3,60 | 0,63 | 0,34 | 0,24 | -0,03 | 0,60 | | | | |

| Nervio | Wu (T/m) | Ln | V _{isos} | M1 | M2 | V _{Hip} | V _{total} | V _{u max} | v _c kg/m ² | vp | v _{c <=} V _p |
|--------|-------------|------|-------------------|------|------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------|------|--|
| N5 | 0,30 | 3,65 | 0,54 | 0,23 | 0,24 | 0,00 | 0,54 | 0,91 | 5,49 | 7,68 | ok |
| | 0,40 | 4,50 | 0,91 | 0,24 | 0,23 | 0,00 | 0,91 | | | | |
| N6 | 0,29 | 3,65 | 0,52 | 0,23 | 0,23 | 0,00 | 0,52 | 0,87 | 5,29 | 7,68 | ok |
| | 0,40 | 4,50 | 0,89 | 0,35 | 0,26 | -0,02 | 0,87 | | | | |
| | 0,35 | 4,10 | 0,72 | 0,37 | 0,26 | -0,03 | 0,69 | | | | |
| N7 | 0,29 | 3,65 | 0,52 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 0,53 | 0,87 | 5,27 | 7,68 | ok |
| | 0,40 | 4,50 | 0,89 | 0,26 | 0,15 | -0,02 | 0,87 | | | | |
| | 0,35 | 2,35 | 0,41 | 0,15 | 0,42 | 0,11 | 0,52 | | | | |
| | 0,54 | 1,45 | 0,39 | 0,42 | 0,42 | 0,00 | 0,39 | | | | |

Armadura por Temperatura y Retracción de Fraguado.

Los esfuerzos que se generan en la carpeta de compresión por efectos de cambio de temperatura, se pueden controlar al utilizar una malla electrosoldada con esfuerzo de fluencia de $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$. De acuerdo (ACI Committee 318, 2019) en el literal 24.4.3.2 la cuantía mínima para barras corrugadas de $f_y < 420 \text{ MPa}$ es $\rho = 0,0018$.

Espaciamiento.

De acuerdo (ACI Committee 318, 2019) el espaciamiento del refuerzo corrugado no debe exceder el menor de:

$$s_{max} = \{5h_s; 450\}$$

$$s_{max} = 5 * 50 = 250 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Altura de compresión} = h = 5 \text{ cm} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Peralte efectivo} = d = 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm}$$

Se calcula para 1 m de ancho de losa

$$A_{st} = 0,0018 * b * t$$

$$A_{st} = 0,0018 * 1000 * 50$$

$$A_{st} = 90 \text{ mm}^2$$

En una sección de un 1 m x 1 m se requiere de 5 barras longitudinales por lado el espaciamiento es de 25 cm.

$$A_s = \frac{A_{st}}{5} = \frac{90 \text{ mm}^2}{5} = 18 \text{ mm}^2 \rightarrow 1\emptyset 5,5 \text{ mm}$$

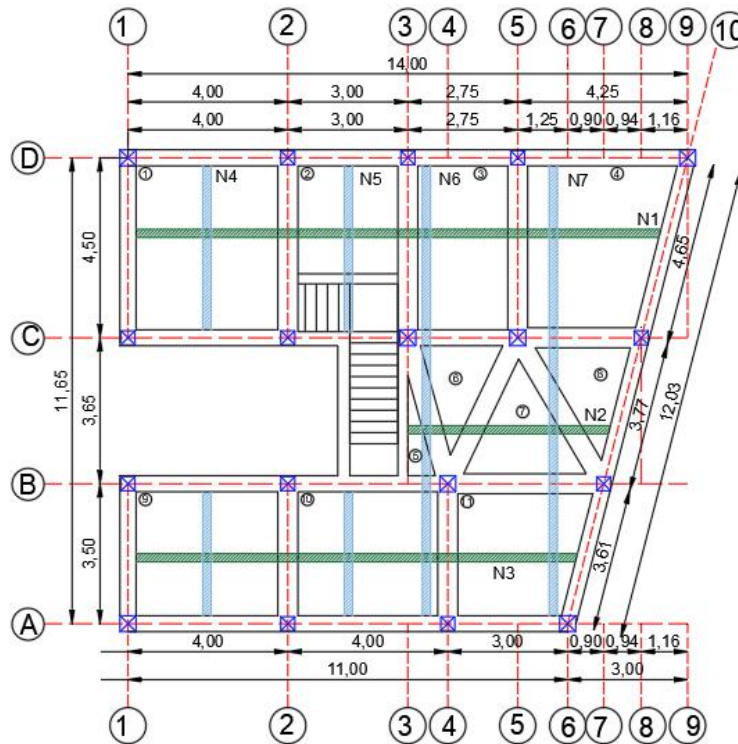
La malla requerida será una conformada por varillas de 5,5 mm de diámetro separado 20 cm a cada lado.

$$1\emptyset 5,5 \text{ mm @} 20 \text{ cm}$$

Estructura Irregular.

Figura 110.

Distribución de los nervios en ambos sentidos estructura Irregular



Se calculan los factores de distribución, que afectarán a la carga (w) dada para cada sentido, de la siguiente manera:

Tabla 56.

Factores de distribución y carga distribuida en cada uno de los sentidos

| Panel | L m | S m | fd_s | fd_L | $Wu_{S(X)}$ T/m | $Wu_{L(Y)}$ T/m | Wu_{Max} T/m |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | 4,50 | 4,00 | 0,62 | 0,38 | 0,34 | 0,21 | 0,34 |
| 2 | 3,30 | 3,00 | 0,59 | 0,41 | 0,33 | 0,23 | 0,33 |
| 3 | 4,50 | 2,75 | 0,88 | 0,12 | 0,49 | 0,07 | 0,49 |
| 4 | 4,50 | 3,67 | 0,69 | 0,31 | 0,39 | 0,17 | 0,39 |

| Panel | L m | S m | fd _s | fdL | Wu_S(X) T/m | Wu_L(Y) T/m | Wu Max T/m |
|-------|--------|--------|-----------------|------|----------------|----------------|---------------|
| 5 | 3,65 | 2,00 | 0,92 | 0,08 | 0,51 | 0,046 | 0,51 |
| 6 | 3,65 | 2,75 | 0,76 | 0,24 | 0,42 | 0,14 | 0,42 |
| 7 | 3,90 | 3,65 | 0,57 | 0,43 | 0,32 | 0,24 | 0,32 |
| 8 | 3,65 | 3,09 | 0,66 | 0,34 | 0,37 | 0,19 | 0,37 |
| 9 | 4,00 | 3,50 | 0,63 | 0,37 | 0,35 | 0,21 | 0,35 |
| 10 | 4,00 | 3,50 | 0,63 | 0,37 | 0,35 | 0,21 | 0,35 |
| 11 | 3,50 | 3,45 | 0,51 | 0,49 | 0,29 | 0,27 | 0,29 |

Momentos.

Con las cargas distribuidas para cada nervio, se calculan los momentos últimos de acuerdo con la tabla 6.5.2 del (ACI 318-19).

Cantidad de acero y de armado.

$$\text{Altura efectiva de losa } (d) = 25 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 22 \text{ cm}$$

$$\text{Ancho de nervio } (b) = 10 \text{ cm}$$

Armadura mínima.

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

$$A_{s\text{mín}} = 0,00333 * 10 \text{ cm} * 22 \text{ cm} = 0,73 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Es la armadura mínima requerida para un nervio

Armado de nervios.

$$\rho = 0,85 * \frac{f'_c}{f_y} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu * 10^5}{0,9 * 0,85 * f'_c * b * (d^2)}} \right)$$

$$A_s = \rho * b * d$$

Tabla 57.*Momentos y armadura, sentido X*

| N | Wu | Ln | Factor | Mu | ρ | As | As | As diseño |
|------|------|------|---------------------|---------|---------|--------------------|--------------------|----------------|
| | T/m | m | Wu*L ² / | T-m | | requerida | adoptada | |
| | | | | | | cm ² /m | cm ² /m | |
| 1 | | | 24 | 0,23 | 0,00127 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | 0,34 | 4,00 | 14 | 0,39 | 0,00221 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 10 | 0,42 | 0,00237 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | 0,33 | 3,00 | 16 | 0,19 | 0,00103 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 11 | 0,37 | 0,00207 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | 0,49 | 2,75 | 16 | 0,23 | 0,00129 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 10 | 0,16 | 0,00087 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | 0,39 | 3,67 | 14 | 0,37 | 0,00209 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| 2 | | | 24 | 0,22 | 0,00121 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 24 | 0,09 | 0,00047 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | 0,51 | 2,00 | 14 | 0,15 | 0,00081 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 10 | 0,29 | 0,00161 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | 0,42 | 2,75 | 16 | 0,20 | 0,00111 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 11 | 0,39 | 0,00221 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | 0,32 | 3,65 | 16 | 0,26 | 0,00147 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 10 | 0,12 | 0,00069 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| 0,37 | 3,09 | 14 | 0,25 | 0,00140 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm | |
| 3 | | | 24 | 0,15 | 0,00081 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 24 | 0,18 | 0,00100 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | 0,35 | 3,5 | 14 | 0,31 | 0,00172 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 10 | 0,43 | 0,00243 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |

| N | Wu | Ln | Factor | Mu | ρ | As | As | As diseño |
|---|------|------|---------------------|------|---------|--------------------|--------------------|----------------|
| | T/m | m | Wu*L ² / | | | requerida | adoptada | |
| | | | | T-m | | cm ² /m | cm ² /m | |
| | 0,35 | 3,5 | 16 | 0,27 | 0,00150 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 10 | 0,12 | 0,00067 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | 0,29 | 3,45 | 14 | 0,24 | 0,00136 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 24 | 0,14 | 0,00079 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |

Tabla 58.

Momentos y armadura, sentido Y

| N | Wu | Ln | Factor Wu*L ² / | Mu | ρ | As | As | As diseño |
|---|------|-----|----------------------------|------|---------|--------------------|--------------------|----------------|
| | T/m | m | | | | requerida | adoptada | |
| | | | | T-m | | cm ² /m | cm ² /m | |
| 4 | 0,21 | 4,5 | 24 | 0,18 | 0,00100 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 16 | 0,27 | 0,00151 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 24 | 0,18 | 0,00100 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 24 | 0,11 | 0,00058 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | 0,21 | 3,5 | 16 | 0,16 | 0,00087 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 24 | 0,11 | 0,00058 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 24 | 0,1 | 0,00057 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 16 | 0,15 | 0,00085 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| 5 | 0,23 | 3,3 | 24 | 0,1 | 0,00057 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 24 | 0,11 | 0,00058 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 16 | 0,16 | 0,00087 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 24 | 0,11 | 0,00058 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| 6 | 0,07 | 4,5 | 24 | 0,06 | 0,00032 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 14 | 0,1 | 0,00054 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |
| | | | 10 | 0,14 | 0,00075 | 0,733 | 0,785 | 1 ϕ 10 mm |

| N | Wu | Ln | Factor Wu*L ² / | Mu | ρ | AS requerida | AS adoptada | As diseño |
|---|------|-------|----------------------------|------|---------|--------------------|--------------------|-----------|
| | T/m | m | | T-m | | cm ² /m | cm ² /m | |
| | 0,14 | 1,825 | 16 | 0,03 | 0,00016 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | | | 11 | 0,04 | 0,00023 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | 0,14 | 1,825 | 16 | 0,03 | 0,00016 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | | | 10 | 0,06 | 0,00030 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | 0,21 | 3,5 | 14 | 0,18 | 0,00100 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | | | 24 | 0,11 | 0,00058 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| 7 | 0,17 | 4,5 | 24 | 0,14 | 0,00080 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | | | 14 | 0,25 | 0,00138 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | 0,24 | 1,825 | 10 | 0,24 | 0,00135 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | | | 16 | 0,05 | 0,00028 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | 0,24 | 1,825 | 11 | 0,07 | 0,00040 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | | | 16 | 0,05 | 0,00028 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | 0,27 | 3,5 | 10 | 0,07 | 0,00040 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | | | 14 | 0,24 | 0,00132 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |
| | | | 24 | 0,14 | 0,00076 | 0,733 | 0,785 | 1 φ 10 mm |

Chequeo a Cortante.

Tabla 59.

Control de cortante estructura Irregular

| Nervio | Wu | Ln | V _{iso} | M1 | M2 | V _{Hip} | V | V _u | vc | vp | vc |
|-----------|------|------|------------------|------|------|------------------|-------|----------------|--------------------|------|----|
| | | | | | | | total | max | kg/cm ² | | <= |
| | T/m | m | T | T-m | T-m | T | T | T | | | Vp |
| N1 | 0,34 | 4,00 | 0,69 | 0,23 | 0,42 | 0,05 | 0,74 | 0,74 | 4,46 | 7,68 | ok |

| Nervio | Wu | Ln | V _{iso} | M1 | M2 | V _{Hip} | V | V _u | vc | vp | vc |
|--------|------|------|------------------|------|------|------------------|-------|----------------|--------------------|------|----|
| | | | | | | | total | max | kg/cm ² | | <= |
| | T/m | m | T | T-m | T-m | T | T | T | | | |
| | 0,33 | 3,00 | 0,50 | 0,42 | 0,37 | -0,02 | 0,48 | | | | |
| | 0,49 | 2,75 | 0,67 | 0,37 | 0,16 | -0,08 | 0,60 | | | | |
| | 0,39 | 3,67 | 0,71 | 0,16 | 0,22 | 0,02 | 0,73 | | | | |
| | 0,51 | 2,00 | 0,51 | 0,09 | 0,29 | 0,10 | 0,61 | | | | |
| N2 | 0,42 | 2,75 | 0,58 | 0,29 | 0,39 | 0,04 | 0,62 | 0,62 | 3,75 | 7,68 | ok |
| | 0,32 | 3,65 | 0,58 | 0,39 | 0,12 | -0,07 | 0,50 | | | | |
| | 0,37 | 3,09 | 0,57 | 0,12 | 0,15 | 0,01 | 0,58 | | | | |
| | 0,35 | 3,50 | 0,62 | 0,18 | 0,43 | 0,07 | 0,69 | | | | |
| N3 | 0,35 | 3,50 | 0,62 | 0,43 | 0,12 | -0,09 | 0,53 | 0,69 | 4,17 | 7,68 | ok |
| | 0,29 | 3,45 | 0,50 | 0,12 | 0,14 | 0,01 | 0,50 | | | | |
| | 0,21 | 4,50 | 0,48 | 0,18 | 0,18 | 0,00 | 0,48 | | | | |
| N4 | 0,21 | 3,50 | 0,36 | 0,18 | 0,11 | -0,02 | 0,34 | 0,48 | 2,93 | 7,68 | ok |
| | 0,23 | 3,30 | 0,37 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,37 | | | | |
| N5 | 0,21 | 3,50 | 0,36 | 0,10 | 0,16 | 0,02 | 0,38 | 0,38 | 2,29 | 7,68 | ok |
| | 0,07 | 4,50 | 0,15 | 0,06 | 0,14 | 0,02 | 0,17 | | | | |
| | 0,14 | 1,83 | 0,12 | 0,14 | 0,04 | -0,05 | 0,07 | | | | |
| N6 | 0,14 | 1,83 | 0,12 | 0,04 | 0,06 | 0,01 | 0,13 | 0,25 | 1,53 | 7,68 | ok |
| | 0,21 | 3,50 | 0,24 | 0,06 | 0,11 | 0,01 | 0,25 | | | | |
| | 0,17 | 4,50 | 0,39 | 0,14 | 0,24 | 0,02 | 0,41 | | | | |
| N7 | 0,24 | 1,83 | 0,22 | 0,24 | 0,07 | -0,09 | 0,13 | 0,49 | 2,99 | 7,68 | ok |
| | 0,24 | 1,83 | 0,22 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,22 | | | | |
| | 0,27 | 3,50 | 0,48 | 0,07 | 0,14 | 0,02 | 0,49 | | | | |

Armadura por Temperatura y Retracción de Fraguado.

Espaciamiento.

$$s_{max} = \{5hs; 450\}$$

$$s_{max} = 5 * 50 \text{ mm} = 250 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Altura de compresión} = h = 5 \text{ cm} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Peralte efectivo} = d = 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm}$$

Se calcula para 1m de ancho de losa

$$A_{st} = 0,0018 * b * t$$

$$A_{st} = 0,0018 * 1000 * 50$$

$$A_{st} = 90 \text{ mm}^2$$

En una sección de un 1 m x 1 m se requiere de 5 barras longitudinales por lado el espaciamiento es de 25 cm.

$$A_s = \frac{A_{st}}{5} = \frac{90 \text{ mm}^2}{5} = 18 \text{ mm}^2 \rightarrow 1\emptyset 5,5 \text{ mm}$$

La malla requerida será una conformada por varillas de 5,5 mm de diámetro separado 20 cm a cada lado.

$$1\emptyset 5,5 \text{ mm @} 20 \text{ cm}$$

Diseño de Vigas

En la NEC-15 H-M se permite el diseño y construcción de vigas banda donde se pide realizar los mismos chequeos, como si se construyera con vigas peraltadas:

Columna fuerte, nudo fuerte, viga fuerte a corte y punzonamiento, pero débil en flexión (NEC-SE-HM, 2015)

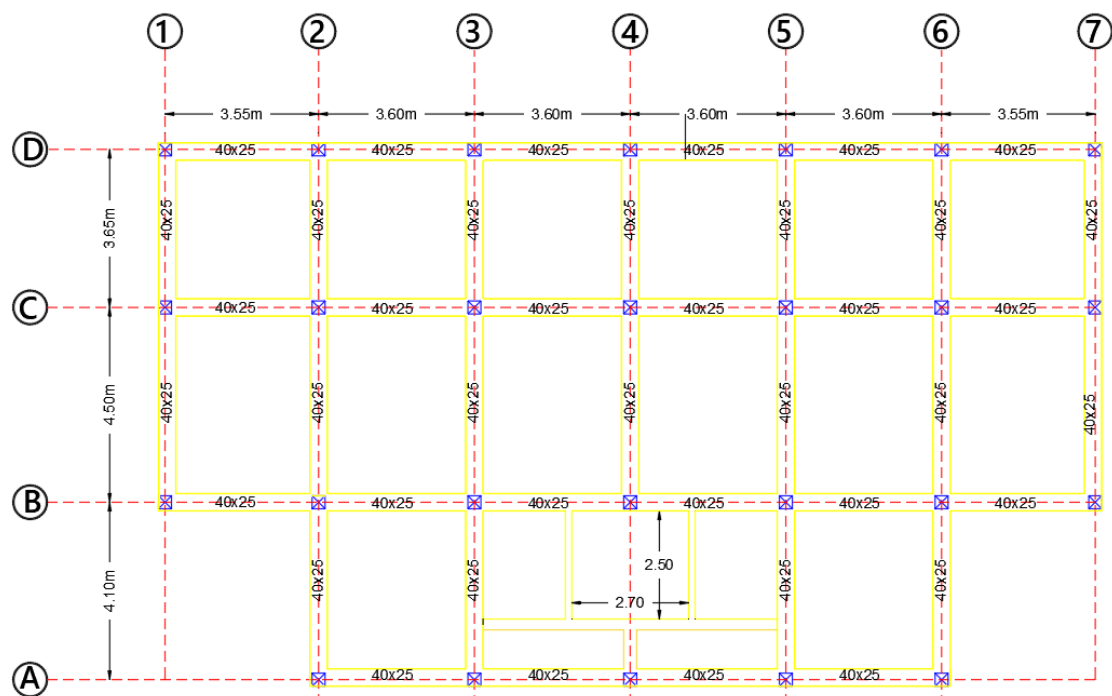
A continuación, se detalla el diseño de vigas banda:

Estructura Regular.

Las dimensiones finales de diseño de las vigas tanto en la losa de entrepiso como de cubierta se obtuvieron luego del proceso de modelación en el programa Etabs y por motivo constructivos se optó por unificar las dimensiones a vigas de 40 cm por 25 cm.

Figura 111.

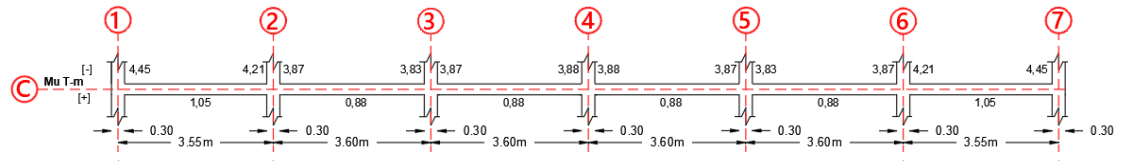
Distribución de vigas estructura Regular



Los momentos últimos para el diseño de vigas se tomaron del modelo en Etabs, a continuación, se ejemplificará el procedimiento para la viga del eje C del primer piso de la estructura regular.

Figura 112.

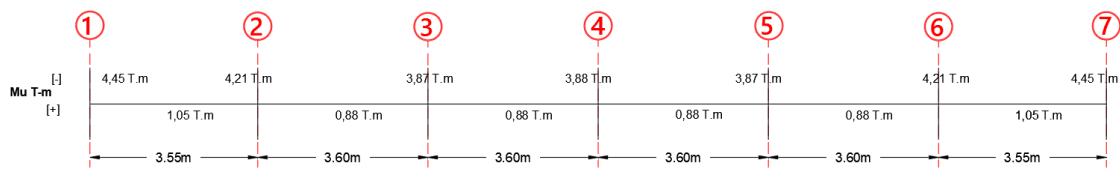
Momentos positivos y negativos



Nota: Se toman los mayores momentos negativos y positivos.

Figura 113.

Momentos positivos y negativos



Resolviendo para la ecuación con cada valor de momento

$$\frac{M_u}{\phi} = 0,85 f'c * a * b * \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$f'c = 21 \text{ MPa} ; d = 250 - 30 = 220 \text{ mm} ; b = 400 \text{ mm} \quad \phi = 0,9$$

$$\frac{3,11 * 10^7}{0,9} = 0,85(21) * a * 400 * \left(220 - \frac{a}{2} \right) \rightarrow \text{Resolviendo para } (a)$$

$$a = 23,22 \text{ mm}$$

Calcular el área de acero

$$A_s = \frac{0,85 * f'c * a * b}{f_y}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa} ; f'c = 21 \text{ MPa} ; b = 400 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{0,85 * 21 \text{ MPa} * 23,22 \text{ mm} * 400 \text{ mm}}{420 \text{ MPa}}$$

$$A_s = 394,74 \text{ mm}^2 = 3,95 \text{ cm}^2$$

Cálculo de A_s min y A_s máx. cuyos valores son los límites de refuerzo que puede tomar la viga.

El acero mínimo se toma el mayor valor de estas expresiones

$$A_s \text{ min}_1 = \frac{0,80\sqrt{f'c} b_w * d}{f_y}$$

$$A_s \text{ min}_2 = \frac{14 * b_w * d}{f_y}$$

$$A_s \text{ min}_1 = \frac{0,80\sqrt{f'c} b_w * d}{f_y} = \frac{0,80\sqrt{210} * 40 * 22}{4200} = 2,43 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min}_1 = 2,43 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min}_2 = \frac{14 * b_w * d}{f_y} = \frac{14 * 40 * 22}{4200} = 2,93 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min}_2 = 2,93 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, la armadura mínima es:

$$A_s \text{ min} = 2,93 \text{ cm}^2$$

Límite máximo de armadura en Viga

$$A_s \text{ máx} = 0,025 * b_w * d$$

$$A_s \text{ máx} = 0,025 * 40 \text{ cm} * 22 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ máx} = 22 \text{ cm}^2$$

Para el armado corrido de la viga se toma el mayor valor entre el 50% $A_{s \text{ máx.}}$ o el $A_{s \text{ min.}}$

$$50\% A_{s \text{ Máx}} = 0.5 * 2,93 = 1,47 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 2,93 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = A_{s \text{ min}} = 2,93 \text{ cm}^2$$

Armadura adoptada

$$2\phi 14 \text{ mm} = 3,08 \text{ cm}^2$$

Se adopta $2\phi 14 \text{ mm}$ de corrido en armadura superior e inferior y puentes donde sea necesario de $2\phi 14 \text{ mm}$ por motivos constructivos.

Figura 114.

Armadura de viga

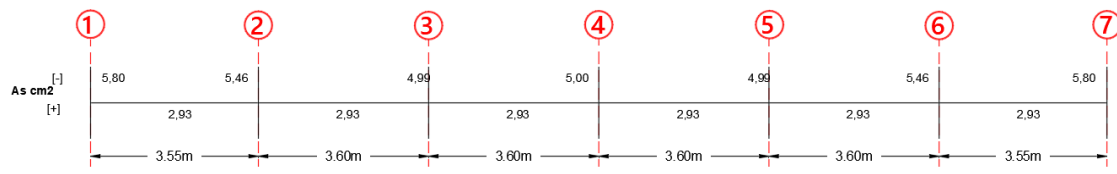
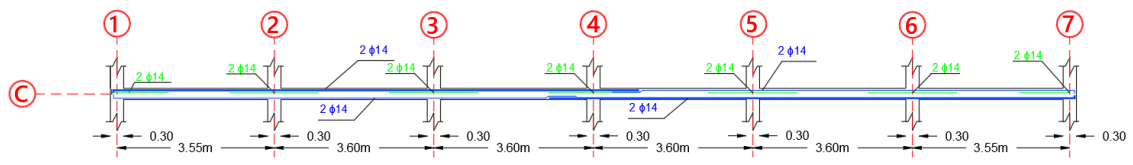


Figura 115.

Armadura de diseño de viga



Primer piso.**Tabla 60.***Armado longitudinal primer piso sentido y, estructura regular*

| Eje | Vig | Sig. | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño | Puente |
|--------------|-----|------|------|-------|--------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | | |
| EJE 1 | | (-) | 3,93 | 3,93 | 29,82 | 506,94 | 5,07 | 5,07 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | BC | (+) | 0,58 | 0,58 | 4,14 | 70,41 | 0,70 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,93 | 3,93 | 29,82 | 506,94 | 5,07 | 5,07 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 4,02 | 4,02 | 30,56 | 519,48 | 5,19 | 5,19 | 2φ 14mm | |
| | CD | (+) | 0,91 | 0,91 | 6,53 | 111,08 | 1,11 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,88 | 3,88 | 29,41 | 499,99 | 5,00 | 5,00 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| EJE 2 | | (-) | 4,91 | 4,91 | 38,02 | 646,26 | 6,46 | 6,46 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | AB | (+) | 0,85 | 0,85 | 6,10 | 103,65 | 1,04 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,91 | 4,91 | 38,02 | 646,26 | 6,46 | 6,46 | 2φ 14mm | 3φ 14mm |
| | | (-) | 5,1 | 5,10 | 39,65 | 674,01 | 6,74 | 6,74 | 2φ 14mm | |
| | BC | (+) | 1,23 | 1,23 | 8,88 | 150,95 | 1,51 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 5,01 | 5,01 | 38,87 | 660,84 | 6,61 | 6,61 | 2φ 14mm | 3φ 14mm |
| | | (-) | 3,69 | 3,69 | 27,87 | 473,72 | 4,74 | 4,74 | 2φ 14mm | |
| | CD | (+) | 0,77 | 0,77 | 5,52 | 93,77 | 0,94 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | (-) | 3,69 | 3,69 | 27,87 | 473,72 | 4,74 | 4,74 | 2φ 14mm | 2φ 14mm | |
| EJE 3 | | (-) | 4,24 | 4,24 | 32,37 | 550,35 | 5,50 | 5,50 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | AB | (+) | 0,85 | 0,85 | 6,10 | 103,65 | 1,04 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,6 | 4,60 | 35,38 | 601,52 | 6,02 | 6,02 | 2φ 14mm | 3φ 14mm |
| | | (-) | 4,28 | 4,28 | 32,71 | 556,00 | 5,56 | 5,56 | 2φ 14mm | |
| | BC | (+) | 1,2 | 1,20 | 8,66 | 147,20 | 1,47 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,56 | 4,56 | 35,05 | 595,80 | 5,96 | 5,96 | 2φ 14mm | 3φ 14mm |
| | CD | (-) | 5,1 | 5,10 | 39,65 | 674,01 | 6,74 | 6,74 | 2φ 14mm | |

| Eje | Vig | Sig. | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño | Puente |
|--------------|-----|------|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | | |
| | | (+) | 1,2 | 1,20 | 8,66 | 147,20 | 1,47 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,75 | 4,75 | 36,65 | 623,09 | 6,23 | 6,23 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 4,47 | 4,47 | 34,29 | 582,95 | 5,83 | 5,83 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | AB | (+) | 0,85 | 0,85 | 6,10 | 103,65 | 1,04 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,23 | 4,23 | 32,29 | 548,94 | 5,49 | 5,49 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 4,92 | 4,92 | 38,10 | 647,72 | 6,48 | 6,48 | 2φ 14mm | |
| EJE 4 | BC | (+) | 1,12 | 1,12 | 8,07 | 137,20 | 1,37 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,7 | 4,70 | 36,23 | 615,89 | 6,16 | 6,16 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 3,83 | 3,83 | 29,00 | 493,06 | 4,93 | 4,93 | 2φ 14mm | |
| | CD | (+) | 0,44 | 0,44 | 3,13 | 53,29 | 0,53 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 0,5 | 0,50 | 3,57 | 60,62 | 0,61 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,24 | 4,24 | 32,37 | 550,35 | 5,50 | 5,50 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | AB | (+) | 0,85 | 0,85 | 6,10 | 103,65 | 1,04 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,6 | 4,60 | 35,38 | 601,52 | 6,02 | 6,02 | 2φ 14mm | 3φ 14mm |
| | | (-) | 4,28 | 4,28 | 32,71 | 556,00 | 5,56 | 5,56 | 2φ 14mm | |
| EJE 5 | BC | (+) | 1,2 | 1,20 | 8,66 | 147,20 | 1,47 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,56 | 4,56 | 35,05 | 595,80 | 5,96 | 5,96 | 2φ 14mm | 3φ 14mm |
| | | (-) | 5,1 | 5,10 | 39,65 | 674,01 | 6,74 | 6,74 | 2φ 14mm | |
| | CD | (+) | 1,2 | 1,20 | 8,66 | 147,20 | 1,47 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,75 | 4,75 | 36,65 | 623,09 | 6,23 | 6,23 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 4,91 | 4,91 | 38,02 | 646,26 | 6,46 | 6,46 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | AB | (+) | 0,85 | 0,85 | 6,10 | 103,65 | 1,04 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| EJE 6 | | (-) | 4,91 | 4,91 | 38,02 | 646,26 | 6,46 | 6,46 | 2φ 14mm | 3φ 14mm |
| | | (-) | 5,1 | 5,10 | 39,65 | 674,01 | 6,74 | 6,74 | 2φ 14mm | |
| | BC | (+) | 1,23 | 1,23 | 8,88 | 150,95 | 1,51 | 2,93 | 2φ 14mm | |

| Eje | Vig | Sig. | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño | Puente |
|-------|-----|------|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | | |
| EJE 1 | CD | (-) | 5,01 | 5,01 | 38,87 | 660,84 | 6,61 | 6,61 | 2φ 14mm | 3φ 14mm |
| | | (-) | 3,69 | 3,69 | 27,87 | 473,72 | 4,74 | 4,74 | 2φ 14mm | |
| | | (+) | 0,77 | 0,77 | 5,52 | 93,77 | 0,94 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,69 | 3,69 | 27,87 | 473,72 | 4,74 | 4,74 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | BC | (-) | 3,93 | 3,93 | 29,82 | 506,94 | 5,07 | 5,07 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (+) | 0,58 | 0,58 | 4,14 | 70,41 | 0,70 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,93 | 3,93 | 29,82 | 506,94 | 5,07 | 5,07 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 4,02 | 4,02 | 30,56 | 519,48 | 5,19 | 5,19 | 2φ 14mm | |
| | | CD | (+) | 0,91 | 0,91 | 6,53 | 111,08 | 1,11 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | | (-) | 3,88 | 3,88 | 29,41 | 499,99 | 5,00 | 5,00 | 2φ 14mm |

Tabla 61.

Armado longitudinal segundo piso sentido x, estructura regular

| Eje | Vig | Sig. | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño | Puente |
|-------|-----|------|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | | |
| EJE A | 2-3 | (-) | 3,45 | 3,45 | 25,93 | 440,84 | 4,41 | 4,41 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (+) | 0,6 | 0,60 | 4,29 | 72,86 | 0,73 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | 3-4 | (-) | 2,9 | 2,90 | 21,57 | 366,70 | 3,67 | 3,67 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,7 | 2,70 | 20,01 | 340,14 | 3,40 | 3,40 | 2φ 14mm | |
| | | (+) | 0,59 | 0,59 | 4,21 | 71,63 | 0,72 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,9 | 2,90 | 21,57 | 366,70 | 3,67 | 3,67 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,9 | 2,90 | 21,57 | 366,70 | 3,67 | 3,67 | 2φ 14mm | |
| | | 4-5 | (+) | 0,59 | 0,59 | 4,21 | 71,63 | 0,72 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | (-) | | 2,7 | 2,70 | 20,01 | 340,14 | 3,40 | 3,40 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | 5-6 | (-) | 2,9 | 2,90 | 21,57 | 366,70 | 3,67 | 3,67 | 2φ 14mm | |

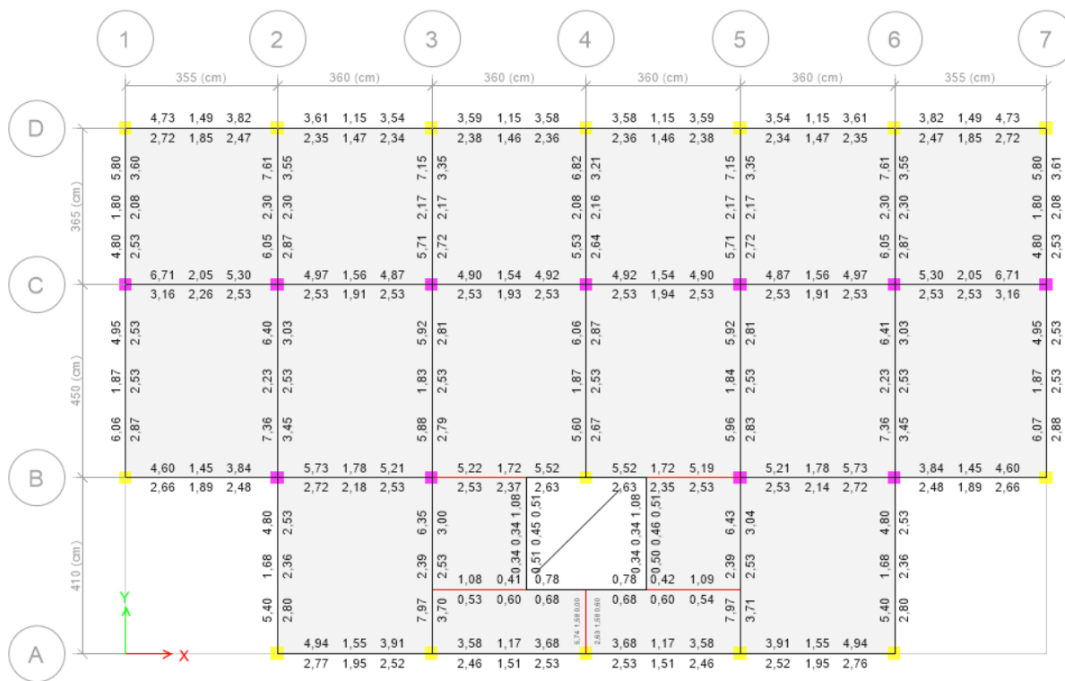
| Eje | Vig | Sig. | Mu | Mu | a | As | As | As_adop | Armadura diseño | Puente |
|--------------|-----|------|------|-------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | | |
| | | (+) | 0,6 | 0,60 | 4,29 | 72,86 | 0,73 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,45 | 3,45 | 25,93 | 440,84 | 4,41 | 4,41 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 3,22 | 3,22 | 24,10 | 409,64 | 4,10 | 4,10 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| EJE B | 1-2 | (+) | 0,57 | 0,57 | 4,07 | 69,18 | 0,69 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,1 | 3,10 | 23,15 | 393,47 | 3,93 | 3,93 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 4,09 | 4,09 | 31,13 | 529,27 | 5,29 | 5,29 | 2φ 14mm | |
| | 2-3 | (+) | 0,96 | 0,96 | 6,90 | 117,28 | 1,17 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,99 | 3,99 | 30,31 | 515,30 | 5,15 | 5,15 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 4,09 | 4,09 | 31,13 | 529,27 | 5,29 | 5,29 | 2φ 14mm | |
| | 3-4 | (+) | 1,34 | 1,34 | 9,69 | 164,76 | 1,65 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,87 | 3,87 | 29,33 | 498,60 | 4,99 | 4,99 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 3,87 | 3,87 | 29,33 | 498,60 | 4,99 | 4,99 | 2φ 14mm | |
| | 4-5 | (+) | 1,34 | 1,34 | 9,69 | 164,76 | 1,65 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,09 | 4,09 | 31,13 | 529,27 | 5,29 | 5,29 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 3,99 | 3,99 | 30,31 | 515,30 | 5,15 | 5,15 | 2φ 14mm | |
| | 5-6 | (+) | 0,96 | 0,96 | 6,90 | 117,28 | 1,17 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,09 | 4,09 | 31,13 | 529,27 | 5,29 | 5,29 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | (-) | 3,1 | 3,10 | 23,15 | 393,47 | 3,93 | 3,93 | 2φ 14mm | | |
| 6-7 | (+) | 0,57 | 0,57 | 4,07 | 69,18 | 0,69 | 2,93 | 2φ 14mm | | |
| | (-) | 3,22 | 3,22 | 24,10 | 409,64 | 4,10 | 4,10 | 2φ 14mm | 1φ 14mm | |
| | (-) | 4,45 | 4,45 | 34,12 | 580,10 | 5,80 | 5,80 | 2φ 14mm | 2φ 14mm | |
| EJE C | 1-2 | (+) | 1,05 | 1,05 | 7,56 | 128,47 | 1,28 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,21 | 4,21 | 32,13 | 546,13 | 5,46 | 5,46 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 3,87 | 3,87 | 29,33 | 498,60 | 4,99 | 4,99 | 2φ 14mm | |
| | 2-3 | (+) | 0,88 | 0,88 | 6,32 | 107,36 | 1,07 | 2,93 | 2φ 14mm | |

| Eje | Vig | Sig. | Mu | Mu | a | As | As | As_adop | Armadura diseño | Puente |
|-----|-----|------|------|------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | | |
| | | (-) | 3,83 | 3,83 | 29,00 | 493,06 | 4,93 | 4,93 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 3,87 | 3,87 | 29,33 | 498,60 | 4,99 | 4,99 | 2φ 14mm | |
| | 3-4 | (+) | 0,88 | 0,88 | 6,32 | 107,36 | 1,07 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,88 | 3,88 | 29,41 | 499,99 | 5,00 | 5,00 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 3,88 | 3,88 | 29,41 | 499,99 | 5,00 | 5,00 | 2φ 14mm | |
| | 4-5 | (+) | 0,88 | 0,88 | 6,32 | 107,36 | 1,07 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,87 | 3,87 | 29,33 | 498,60 | 4,99 | 4,99 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 3,83 | 3,83 | 29,00 | 493,06 | 4,93 | 4,93 | 2φ 14mm | |
| | 5-6 | (+) | 0,88 | 0,88 | 6,32 | 107,36 | 1,07 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,87 | 3,87 | 29,33 | 498,60 | 4,99 | 4,99 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 4,21 | 4,21 | 32,13 | 546,13 | 5,46 | 5,46 | 2φ 14mm | |
| | 6-7 | (+) | 1,05 | 1,05 | 7,56 | 128,47 | 1,28 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 4,45 | 4,45 | 34,12 | 580,10 | 5,80 | 5,80 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 3,11 | 3,11 | 23,22 | 394,82 | 3,95 | 3,95 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | 1-2 | (+) | 0,58 | 0,58 | 4,14 | 70,41 | 0,70 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,07 | 3,07 | 22,91 | 389,44 | 3,89 | 3,89 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,89 | 2,89 | 21,49 | 365,37 | 3,65 | 3,65 | 2φ 14mm | |
| | 2-3 | (+) | 0,55 | 0,55 | 3,93 | 66,73 | 0,67 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,85 | 2,85 | 21,18 | 360,04 | 3,60 | 3,60 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,88 | 2,88 | 21,41 | 364,04 | 3,64 | 3,64 | 2φ 14mm | |
| | 3-4 | (+) | 0,55 | 0,55 | 3,93 | 66,73 | 0,67 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,87 | 2,87 | 21,34 | 362,71 | 3,63 | 3,63 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,87 | 2,87 | 21,34 | 362,71 | 3,63 | 3,63 | 2φ 14mm | |
| | 4-5 | (+) | 0,55 | 0,55 | 3,93 | 66,73 | 0,67 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,88 | 2,88 | 21,41 | 364,04 | 3,64 | 3,64 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |

| Eje | Vig | Sig. | Mu | Mu | a | As | As | As_adop | Armadura diseño | Puente |
|-----|-----|------|------|------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | | |
| | | (-) | 2,85 | 2,85 | 21,18 | 360,04 | 3,60 | 3,60 | 2φ 14mm | |
| 5-6 | (+) | 0,55 | 0,55 | 3,93 | 66,73 | 0,67 | 2,93 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,89 | 2,89 | 21,49 | 365,37 | 3,65 | 3,65 | 2φ 14mm | 2φ 14mm |
| | | (-) | 3,07 | 3,07 | 22,91 | 389,44 | 3,89 | 3,89 | 2φ 14mm | |
| 6-7 | (+) | 0,58 | 0,58 | 4,14 | 70,41 | 0,70 | 2,93 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 3,11 | 3,11 | 23,22 | 394,82 | 3,95 | 3,95 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |

Figura 116.

Aceros ETABS estructura regular primer piso



Segundo piso.**Tabla 62.***Armado longitudinal segundo piso sentido y, estructura regular*

| Eje | Vig | Sig | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño | Puente |
|--------------|-----|------|------|-------|--------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | | |
| EJE 1 | | (-) | 2,45 | 2,45 | 18,07 | 307,23 | 3,07 | 3,07 | 2φ 14mm | |
| | BC | (+) | 0,48 | 0,48 | 3,42 | 58,17 | 0,58 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,28 | 2,28 | 16,77 | 285,03 | 2,85 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,5 | 2,50 | 18,46 | 313,79 | 3,14 | 3,14 | 2φ 14mm | |
| | CD | (+) | 0,7 | 0,70 | 5,01 | 85,14 | 0,85 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,45 | 2,45 | 18,07 | 307,23 | 3,07 | 3,07 | 2φ 14mm | |
| EJE 2 | | (-) | 2,27 | 2,27 | 16,69 | 283,73 | 2,84 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | AB | (+) | 0,5 | 0,50 | 3,57 | 60,62 | 0,61 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,33 | 2,33 | 17,15 | 291,55 | 2,92 | 2,93 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 3,03 | 3,03 | 22,59 | 384,08 | 3,84 | 3,84 | 2φ 14mm | |
| | BC | (+) | 0,85 | 0,85 | 6,10 | 103,65 | 1,04 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,96 | 2,96 | 22,04 | 374,71 | 3,75 | 3,75 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,72 | 2,72 | 20,16 | 342,79 | 3,43 | 3,43 | 2φ 14mm | |
| | CD | (+) | 0,7 | 0,70 | 5,01 | 85,14 | 0,85 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | (-) | 2,93 | 2,93 | 21,81 | 370,70 | 3,71 | 3,71 | 2φ 14mm | 1φ 14mm | |
| EJE 3 | | (-) | 2,92 | 2,92 | 21,73 | 369,37 | 3,69 | 3,69 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | AB | (+) | 0,76 | 0,76 | 5,44 | 92,53 | 0,93 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,95 | 2,95 | 21,96 | 373,38 | 3,73 | 3,73 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,7 | 2,70 | 20,01 | 340,14 | 3,40 | 3,40 | 2φ 14mm | |
| | BC | (+) | 0,61 | 0,61 | 4,36 | 74,09 | 0,74 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,7 | 2,70 | 20,01 | 340,14 | 3,40 | 3,40 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | CD | (-) | 2,6 | 2,60 | 19,23 | 326,94 | 3,27 | 3,27 | 2φ 14mm | |

| Eje | Vig | Sig | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño | Puente |
|--------------|-----|-----|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | | |
| | | (+) | 0,61 | 0,61 | 4,36 | 74,09 | 0,74 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,8 | 2,80 | 20,79 | 353,40 | 3,53 | 3,53 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,44 | 2,44 | 18,00 | 305,92 | 3,06 | 3,06 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | AB | (+) | 0,7 | 0,70 | 5,01 | 85,14 | 0,85 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,7 | 2,70 | 20,01 | 340,14 | 3,40 | 3,40 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,6 | 2,60 | 19,23 | 326,94 | 3,27 | 3,27 | 2φ 14mm | |
| EJE 4 | BC | (+) | 0,7 | 0,70 | 5,01 | 85,14 | 0,85 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,64 | 2,64 | 19,54 | 332,22 | 3,32 | 3,32 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,7 | 2,70 | 20,01 | 340,14 | 3,40 | 3,40 | 2φ 14mm | |
| | CD | (+) | 0,61 | 0,61 | 4,36 | 74,09 | 0,74 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,7 | 2,70 | 20,01 | 340,14 | 3,40 | 3,40 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,92 | 2,92 | 21,73 | 369,37 | 3,69 | 3,69 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | AB | (+) | 0,76 | 0,76 | 5,44 | 92,53 | 0,93 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,95 | 2,95 | 21,96 | 373,38 | 3,73 | 3,73 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,7 | 2,70 | 20,01 | 340,14 | 3,40 | 3,40 | 2φ 14mm | |
| EJE 5 | BC | (+) | 0,61 | 0,61 | 4,36 | 74,09 | 0,74 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,7 | 2,70 | 20,01 | 340,14 | 3,40 | 3,40 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,6 | 2,60 | 19,23 | 326,94 | 3,27 | 3,27 | 2φ 14mm | |
| | CD | (+) | 0,61 | 0,61 | 4,36 | 74,09 | 0,74 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,8 | 2,80 | 20,79 | 353,40 | 3,53 | 3,53 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,27 | 2,27 | 16,69 | 283,73 | 2,84 | 2,93 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | AB | (+) | 0,5 | 0,50 | 3,57 | 60,62 | 0,61 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| EJE 6 | | (-) | 2,33 | 2,33 | 17,15 | 291,55 | 2,92 | 2,93 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 3,03 | 3,03 | 22,59 | 384,08 | 3,84 | 3,84 | 2φ 14mm | |
| | BC | (+) | 0,85 | 0,85 | 6,10 | 103,65 | 1,04 | 2,93 | 2φ 14mm | |

| Eje | Vig | Sig | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño | Puente |
|--------------|-----|-----|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | | |
| | | (-) | 2,96 | 2,96 | 22,04 | 374,71 | 3,75 | 3,75 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,72 | 2,72 | 20,16 | 342,79 | 3,43 | 3,43 | 2φ 14mm | |
| | CD | (+) | 0,7 | 0,70 | 5,01 | 85,14 | 0,85 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,93 | 2,93 | 21,81 | 370,70 | 3,71 | 3,71 | 2φ 14mm | 1φ 14mm |
| | | (-) | 2,45 | 2,45 | 18,07 | 307,23 | 3,07 | 3,07 | 2φ 14mm | |
| | BC | (+) | 0,48 | 0,48 | 3,42 | 58,17 | 0,58 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,28 | 2,28 | 16,77 | 285,03 | 2,85 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| EJE 1 | | (-) | 2,5 | 2,50 | 18,46 | 313,79 | 3,14 | 3,14 | 2φ 14mm | |
| | CD | (+) | 0,7 | 0,70 | 5,01 | 85,14 | 0,85 | 2,93 | 2φ 14mm | |
| | | (-) | 2,45 | 2,45 | 18,07 | 307,23 | 3,07 | 3,07 | 2φ 14mm | |

Tabla 63.

Armado longitudinal segundo piso sentido x, estructura regular

| Eje | Vig | Sig | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño |
|--------------|-----|-----|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | |
| | | (-) | 2,07 | 2,07 | 15,16 | 257,80 | 2,58 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 2-3 | (+) | 0,45 | 0,45 | 3,21 | 54,51 | 0,55 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,95 | 1,95 | 14,26 | 242,34 | 2,42 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,83 | 1,83 | 13,35 | 226,94 | 2,27 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 3-4 | (+) | 0,41 | 0,41 | 2,92 | 49,63 | 0,50 | 2,93 | 2φ 14mm |
| EJE A | | (-) | 1,83 | 1,83 | 13,35 | 226,94 | 2,27 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,83 | 1,83 | 13,35 | 226,94 | 2,27 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 4-5 | (+) | 0,41 | 0,41 | 2,92 | 49,63 | 0,50 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,83 | 1,83 | 13,35 | 226,94 | 2,27 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 5-6 | (-) | 1,95 | 1,95 | 14,26 | 242,34 | 2,42 | 2,93 | 2φ 14mm |

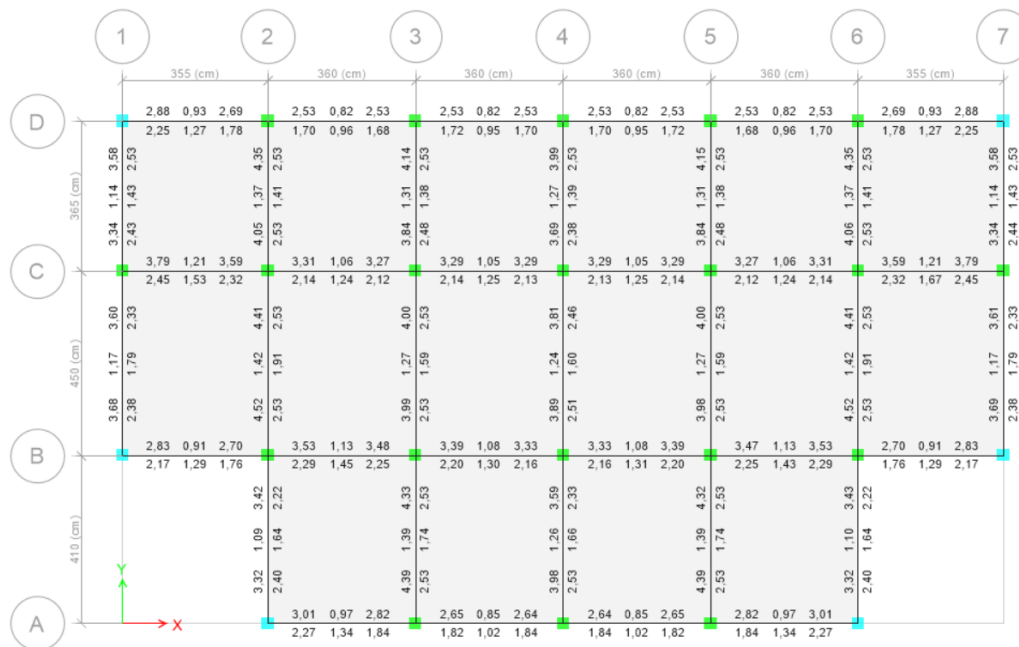
| Eje | Vig | Sig | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño |
|-----|-----|-----|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | |
| | | (+) | 0,45 | 0,45 | 3,21 | 54,51 | 0,55 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,07 | 2,07 | 15,16 | 257,80 | 2,58 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,94 | 1,94 | 14,18 | 241,05 | 2,41 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 1-2 | (+) | 0,4 | 0,40 | 2,85 | 48,41 | 0,48 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,87 | 1,87 | 13,65 | 232,07 | 2,32 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,41 | 2,41 | 17,76 | 302,00 | 3,02 | 3,02 | 2φ 14mm |
| | 2-3 | (+) | 0,68 | 0,68 | 4,86 | 82,68 | 0,83 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,34 | 2,34 | 17,23 | 292,85 | 2,93 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,32 | 2,32 | 17,07 | 290,24 | 2,90 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 3-4 | (+) | 0,6 | 0,60 | 4,29 | 72,86 | 0,73 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,28 | 2,28 | 16,77 | 285,03 | 2,85 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,28 | 2,28 | 16,77 | 285,03 | 2,85 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 4-5 | (+) | 0,6 | 0,60 | 4,29 | 72,86 | 0,73 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,32 | 2,32 | 17,07 | 290,24 | 2,90 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,34 | 2,34 | 17,23 | 292,85 | 2,93 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 5-6 | (+) | 0,68 | 0,68 | 4,86 | 82,68 | 0,83 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,41 | 2,41 | 17,76 | 302,00 | 3,02 | 3,02 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,87 | 1,87 | 13,65 | 232,07 | 2,32 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 6-7 | (+) | 0,4 | 0,40 | 2,85 | 48,41 | 0,48 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,94 | 1,94 | 14,18 | 241,05 | 2,41 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,57 | 2,57 | 19,00 | 322,99 | 3,23 | 3,23 | 2φ 14mm |
| | 1-2 | (+) | 0,73 | 0,73 | 5,23 | 88,84 | 0,89 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,43 | 2,43 | 17,92 | 304,61 | 3,05 | 3,05 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,26 | 2,26 | 16,61 | 282,43 | 2,82 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 2-3 | (+) | 0,57 | 0,57 | 4,07 | 69,18 | 0,69 | 2,93 | 2φ 14mm |

| Eje | Vig | Sig | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño |
|-----|-----|-----|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | |
| | | (-) | 2,24 | 2,24 | 16,46 | 279,83 | 2,80 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,25 | 2,25 | 16,54 | 281,13 | 2,81 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 3-4 | (+) | 0,58 | 0,58 | 4,14 | 70,41 | 0,70 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,25 | 2,25 | 16,54 | 281,13 | 2,81 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,25 | 2,25 | 16,54 | 281,13 | 2,81 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 4-5 | (+) | 0,58 | 0,58 | 4,14 | 70,41 | 0,70 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,25 | 2,25 | 16,54 | 281,13 | 2,81 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,24 | 2,24 | 16,46 | 279,83 | 2,80 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 5-6 | (+) | 0,57 | 0,57 | 4,07 | 69,18 | 0,69 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,26 | 2,26 | 16,61 | 282,43 | 2,82 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,43 | 2,43 | 17,92 | 304,61 | 3,05 | 3,05 | 2φ 14mm |
| | 6-7 | (+) | 0,73 | 0,73 | 5,23 | 88,84 | 0,89 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 2,57 | 2,57 | 19,00 | 322,99 | 3,23 | 3,23 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,99 | 1,99 | 14,56 | 247,49 | 2,47 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 1-2 | (+) | 0,41 | 0,41 | 2,92 | 49,63 | 0,50 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,86 | 1,86 | 13,58 | 230,79 | 2,31 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,75 | 1,75 | 12,75 | 216,72 | 2,17 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 2-3 | (+) | 0,36 | 0,36 | 2,56 | 43,54 | 0,44 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,72 | 1,72 | 12,52 | 212,89 | 2,13 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,75 | 1,75 | 12,75 | 216,72 | 2,17 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 3-4 | (+) | 0,36 | 0,36 | 2,56 | 43,54 | 0,44 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,72 | 1,72 | 12,52 | 212,89 | 2,13 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,72 | 1,72 | 12,52 | 212,89 | 2,13 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 4-5 | (+) | 0,36 | 0,36 | 2,56 | 43,54 | 0,44 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,75 | 1,75 | 12,75 | 216,72 | 2,17 | 2,93 | 2φ 14mm |

| Eje | Vig | Sig | Mu T-m | Mu T-m | a mm | As mm ² | As cm ² | As _{adop} cm ² | Armadura diseño |
|-----|-----|-----|-----------|-----------|---------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------|
| | | (-) | 1,72 | 1,72 | 12,52 | 212,89 | 2,13 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 5-6 | (+) | 0,36 | 0,36 | 2,56 | 43,54 | 0,44 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,75 | 1,75 | 12,75 | 216,72 | 2,17 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,86 | 1,86 | 13,58 | 230,79 | 2,31 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | 6-7 | (+) | 0,41 | 0,41 | 2,92 | 49,63 | 0,50 | 2,93 | 2φ 14mm |
| | | (-) | 1,99 | 1,99 | 14,56 | 247,49 | 2,47 | 2,93 | 2φ 14mm |

Figura 117.

Aceros ETABS estructura regular segundo piso



Armadura transversal o estribos.

Para la selección del cortante mayor se ha tomado el mayor valor a cortante de toda la viga obtenida del modelo ETABS, aclarando que las fuerzas obtenidas son fuerzas últimas.

$$V_u \text{ mayor} = 3,71 T$$

$$v_u = \frac{V_u}{\phi * b_w * d}$$

$$b_w = 40 \text{ cm}; \quad d = 25 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 22 \text{ cm}$$

$$v_u = \frac{3,71}{0,75(0,40)(0,22)} = 56,21 \frac{T}{m^2}$$

$$v_p = 0,53\sqrt{210} = 76,80 \frac{T}{m^2}$$

$v_u < V_p \rightarrow$ se debe colocar armadura mínima de estribo

Espaciamiento de estribos es el menor valor de: $d/4$, 6ϕ o 20 cm

$$s = \begin{cases} \frac{d}{4} = \frac{22}{4} = 5,5 \text{ cm} \\ 6\phi = 6 * 1,6 = 9,6 \text{ cm} \\ 20 \text{ cm} \end{cases}$$

$$s_{\text{adop}} = 5 \text{ cm}$$

La separación de 5 cm se distribuye en una distancia $2 * h$, $2 * 0,25 \text{ m} = 0,50 \text{ m}$ que se conoce como zona de confinamiento.

La separación de estribos fuera de la zona de confinamiento esta dado por:

$$\frac{d}{2} = \frac{22 \text{ cm}}{2} = 11 \text{ cm} = 10 \text{ c}$$

Se coloca armadura mínima para estribos ($A_v \text{ min}$) como el mayor valor de

$$A_v \text{ min1} = 0,2 * \sqrt{f'c} * \frac{b_w * s}{f_y} \quad A_v \text{ min2} = \frac{3,5 * b_w * s}{f_y}$$

$$A_v \text{ min1} = 0,2 * \sqrt{210} * \frac{40 * 5}{4200} = 0,14 \text{ cm}^2$$

$$A_v \text{ min2} = \frac{3,5 * 40 * 5}{4200} = 0,17 \text{ cm}^2$$

$$A_v \text{ min} = 0,17 \text{ cm}^2$$

Por normativa se opta por colocar un $A_v = 2 * 0,78 = 1,56 \text{ cm}^2 > A_v \text{ min}$ se distribuye para dos ramas.

Lo que equivale a 2 \emptyset 10 mm por lo tanto el estribo (E) es:

$$2 \emptyset 10 \text{ mm}$$

$$E = 1 E1 \emptyset 10 \text{ mm @ } 5 \text{ cm y } 10 \text{ cm}$$

Estructura Irregular.

Las dimensiones finales de diseño de las vigas tanto en la losa de entrepiso como de cubierta se obtuvieron luego del proceso de modelación en el programa ETABS, a continuación, se presenta un resumen de las dimensiones adoptadas:

Tabla 64.

Dimensiones de vigas entrepiso sentido X

| VIGAS PRIMER PISO SENTIDO X | | |
|-----------------------------|---------|---------|
| EJE | b cm | h cm |
| A | 40 | 25 |
| B | 40 | 25 |
| | 50 | 25 |
| | 40 | 25 |
| C | 35 | 25 |
| | 50 | 25 |
| D | 40 | 25 |

Tabla 65.

Dimensiones de vigas cubierta, sentido X

| VIGAS SEGUNDO PISO SENTIDO X | | |
|------------------------------|---------|---------|
| EJE | b cm | h cm |
| A | 40 | 25 |
| B | 40 | 25 |

| VIGAS SEGUNDO PISO SENTIDO X | | |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
| EJE | b | h |
| | cm | cm |
| | 50 | 25 |
| C | 40 | 25 |
| | 50 | 25 |
| D | 40 | 25 |

Tabla 66.

Dimensiones de vigas entrepiso, sentido Y

| VIGAS PRIMER PISO SENTIDO Y | | |
|------------------------------------|-----------|-----------|
| EJE | b | h |
| | cm | cm |
| 1 | 40 | 25 |
| 2 | 50 | 25 |
| 2' | 30 | 25 |
| 3 | 50 | 25 |
| | 25 | 25 |
| 4 | 50 | 25 |
| 5 | 50 | 25 |
| 10 | 40 | 25 |
| C3-B4 | 50 | 25 |
| C5-B4 | 50 | 25 |
| C5-B7 | 50 | 25 |

Tabla 67.*Dimensiones de vigas cubierta, sentido Y*

| VIGAS SEGUNDO PISO SENTIDO Y | | |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
| EJE | b | h |
| | cm | cm |
| 1 | 40 | 25 |
| 2 | 50 | 25 |
| 2' | 30 | 25 |
| 3 | 50 | 25 |
| 4 | 50 | 25 |
| 5 | 50 | 25 |
| 10 | 40 | 25 |
| C3-B4 | 50 | 25 |
| C5-B4 | 50 | 25 |
| C5-B7 | 50 | 25 |

Figura 118.

Disposición de vigas de entrespiso

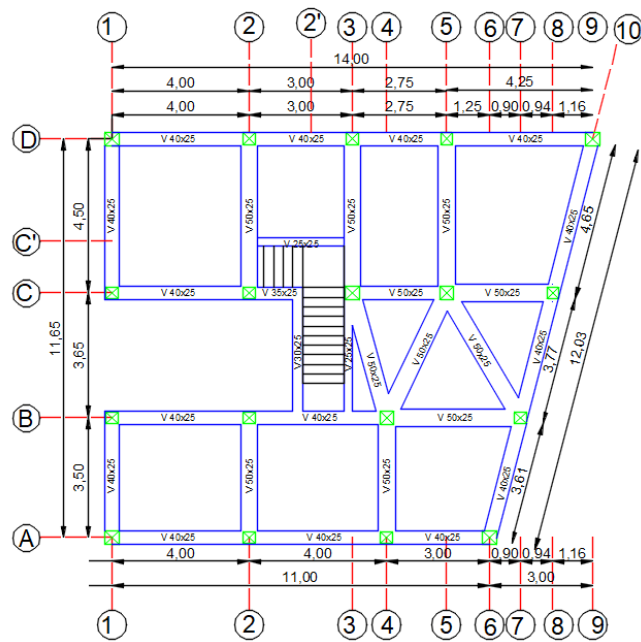
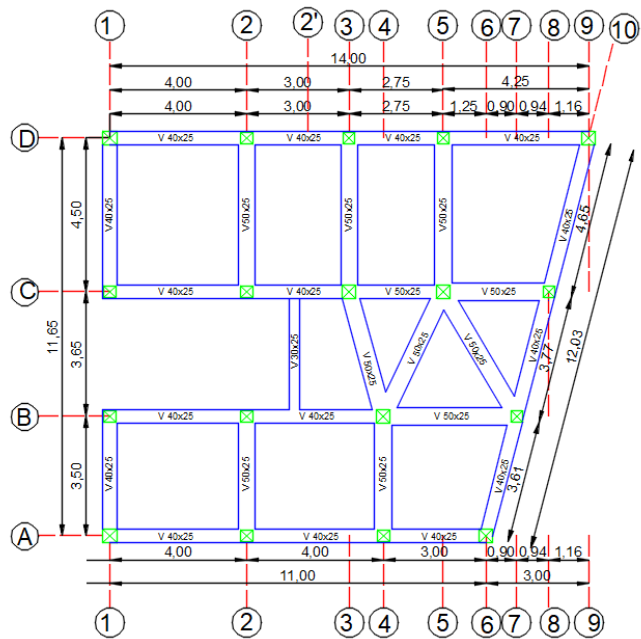


Figura 119.

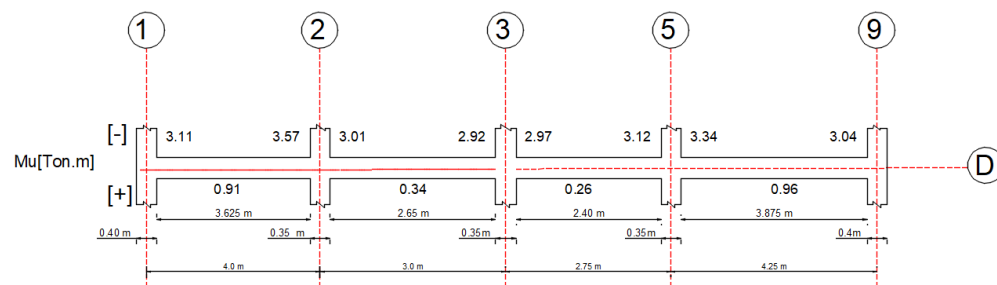
Disposición de vigas de cubierta



Los momentos últimos para el diseño de vigas se tomaron del modelo en ETABS, a continuación, se ejemplificará el proceso de diseño para la viga del eje D del primer piso de la estructura irregular.

Figura 120.

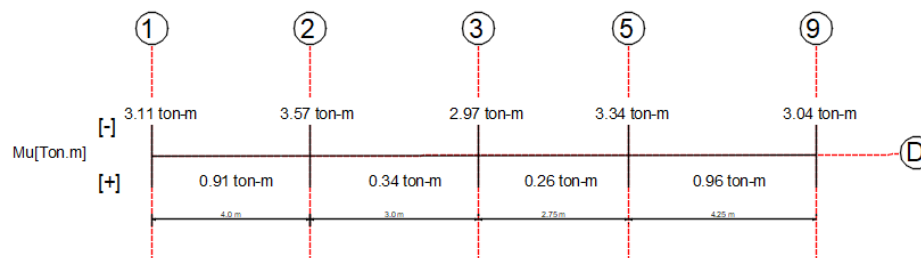
Momentos últimos obtenidos de Etabs



Nota: Se toman los mayores momentos negativos y positivos.

Figura 121.

Momentos máximos últimos obtenidos de Etabs



Resolviendo para la ecuación con cada valor de momento

$$\frac{M_u}{\phi} = 0,85 f'c * a * b * \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$f'c = 21 \text{ MPa} ; d = 250 - 30 = 220 \text{ mm} ; b = 400 \text{ mm} \quad \phi = 0,9$$

$$\frac{3,11 * 10^7}{0,9} = 0,85(21) * a * 400 * \left(220 - \frac{a}{2}\right) \rightarrow \text{Resolviendo para } (a)$$

$$a = 23,22 \text{ mm}$$

Calcular el área de acero

$$A_s = \frac{0,85 * f'c * a * b}{f_y}$$

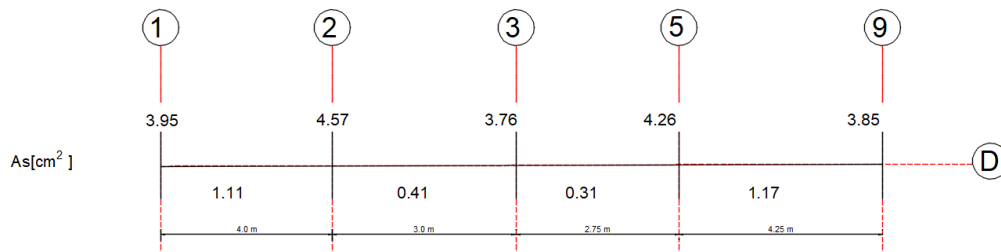
$$f_y = 420 \text{ MPa} ; f'c = 21 \text{ MPa} ; b = 400 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{0,85 * 21 \text{ MPa} * 23,22 \text{ mm} * 400 \text{ mm}}{420 \text{ MPa}}$$

$$A_s = 394,74 \text{ mm}^2 = 3,95 \text{ cm}^2$$

Figura 122.

Área de refuerzo longitudinal



Este proceso se realiza para cada valor de momento último del eje de la viga:

Tabla 68.

Tabla resumen de Momentos, A_s

| Mu | a (mm) | As (cm²) |
|-----------|-------------------------|--------------------------------------|
| 3,11 | 23,22 | 3,95 |
| 0,91 | 6,53 | 1,11 |
| 3,57 | 26,9 | 4,57 |

| Mu | a (mm) | As (cm²) |
|-----------|-------------------------|--------------------------------------|
| 0,34 | 2,41 | 0,41 |
| 2,97 | 22,12 | 3,76 |
| 0,26 | 1,85 | 0,31 |
| 3,34 | 25,05 | 4,26 |
| 0,96 | 6,9 | 1,17 |
| 3,04 | 22,67 | 3,85 |

Cálculo de A_s min y A_s máx. cuyos valores son los límites de refuerzo que puede tomar la viga.

El acero mínimo se toma el mayor valor de estas expresiones

$$A_s \min_1 = \frac{0.80\sqrt{f'c} b_w * d}{f_y}$$

$$A_s \min_2 = \frac{14 * b_w * d}{f_y}$$

$$A_s \min_1 = \frac{0.80\sqrt{f'c} b_w * d}{f_y} = \frac{0.80\sqrt{210} * 40 * 22}{4200} = 2,43 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ MIN}_1 = 2,43 \text{ cm}^2$$

$$A_s \min_2 = \frac{14 * b_w * d}{f_y} = \frac{14 * 40 * 22}{4200} = 2,93 \text{ cm}^2$$

$$A_s \min_2 = 2,93 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, la armadura mínima es:

$$A_s \min = 2,93 \text{ cm}^2$$

Límite máximo de armadura en Viga

$$A_s \text{ máx} = 0.025 * b_w * d$$

$$A_s \text{ máx} = 0.025 * 40 \text{ cm} * 22 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ máx} = 22 \text{ cm}^2$$

Para el armado corrido de la viga se toma el mayor valor entre el 50% A_s máx. o el A_s min.

$$50\% A_{s_{Max}} = 0.5 * 2,93 = 1,47 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 2,93 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_1} = A_s \text{ min} = 2,93 \text{ cm}^2$$

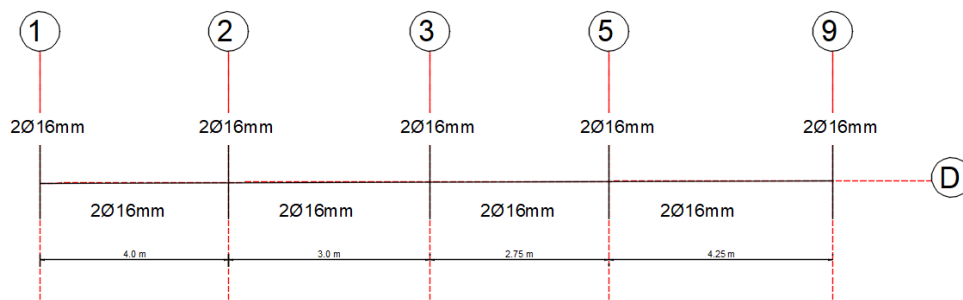
Armadura adoptada

$$2\emptyset 16 \text{ mm} = 4,02 \text{ cm}^2$$

La armadura adoptada es mayor que la armadura mínima establecida por norma, y por facilidad constructiva.

Figura 123.

Armado final de viga



Armadura transversal o estribos.

Para la selección del cortante mayor se ha tomado el mayor valor a cortante de toda la viga obtenida del modelo ETABS, aclarando que las fuerzas obtenidas son fuerzas últimas.

$$V_u \text{ mayor} = 3,71 \text{ T}$$

$$v_u = \frac{V_u}{\emptyset * b_w * d}$$

$$b_w = 40 \text{ cm}; \quad d = 25 \text{ cm} - 3c = 22 \text{ cm}$$

$$v_u = \frac{3,71}{0,75(0,40)(0,22)} = 56,21 \frac{T}{m^2}$$

$$v_p = 0,53\sqrt{210} = 76,80 \frac{T}{m^2}$$

$v_u < V_p \rightarrow$ se debe colocar armadura mínima de estribo

Espaciamiento de estribos es el menor valor de: $d/4$, 6ϕ o 20 cm

$$s = \begin{cases} \frac{d}{4} = \frac{22}{4} = 5,5 \text{ cm} \\ 6\phi = 6 * 1,6 = 9,6 \text{ cm} \\ 20 \text{ cm} \end{cases}$$

$$s_{\text{adop}} = 5 \text{ cm}$$

La separación de 5 cm se distribuye en una distancia $2 * h$, $2 * 0,25 \text{ m} = 0,50 \text{ m}$

que se conoce como zona de confinamiento.

La separación de estribos fuera de la zona de confinamiento esta dado por:

$$\frac{d}{2} = \frac{22 \text{ cm}}{2} = 11 \text{ cm} = 10 \text{ c}$$

Se coloca armadura mínima para estribos ($A_v \text{ min}$) como el mayor valor de

$$A_v \text{ min1} = 0,2 * \sqrt{f'c} * \frac{b_w * s}{f_y} \quad A_v \text{ min2} = \frac{3,5 * b_w * s}{f_y}$$

$$A_v \text{ min1} = 0,2 * \sqrt{210} * \frac{40 * 5}{4200} = 0,14 \text{ cm}^2$$

$$A_v \text{ min2} = \frac{3,5 * 40 * 5}{4200} = 0,17 \text{ cm}^2$$

$$A_v \text{ min} = 0,17 \text{ cm}^2$$

Por normativa se opta por colocar un $A_v = 2 * 0,78 = 1,56 \text{ cm}^2 > A_v \text{ min}$ se distribuye para dos ramas

Lo que equivale a 2 $\emptyset 10 \text{ mm}$ por lo tanto el estribo (E) es:

$$2 \emptyset 10 \text{ mm}$$

$$E = 1 E1 \emptyset 10 \text{ mm} @ 5 \text{ cm y } 10 \text{ cm}$$

Tabla 69.

Armadura de vigas, entrepiso sentido X

| VIGAS PRIMER PISO SENTIDO X | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|-----|-----------|-----------|---------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------|
| EJE | VIGA | Sig | Mu T-m | Mu T-m | a mm | As mm ² | As cm ² | As _{adop} cm ² | Armadura diseño |
| D | | (-) | 3,11 | 3,11 | 23,22 | 394,74 | 3,95 | 3,95 | 2φ 16mm |
| | 1_2 | (+) | 0,91 | 0,91 | 6,53 | 111,01 | 1,11 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,57 | 3,57 | 26,9 | 457,30 | 4,57 | 4,57 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,01 | 3,57 | 26,9 | 457,30 | 4,57 | 4,57 | 2φ 16mm |
| | 2_3 | (+) | 0,34 | 0,34 | 2,41 | 40,97 | 0,41 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 2,92 | 2,97 | 22,12 | 376,04 | 3,76 | 3,76 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 2,97 | 2,97 | 22,12 | 376,04 | 3,76 | 3,76 | 2φ 16mm |
| | 3_5 | (+) | 0,26 | 0,26 | 1,85 | 31,45 | 0,31 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,12 | 3,34 | 25,05 | 425,85 | 4,26 | 4,26 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,34 | 3,34 | 25,05 | 425,85 | 4,26 | 4,26 | 2φ 16mm |
| | 5_9 | (+) | 0,96 | 0,96 | 6,9 | 117,30 | 1,17 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,04 | 3,04 | 22,67 | 385,39 | 3,85 | 3,85 | 2φ 16mm |
| C | | (-) | 2,91 | 2,91 | 21,64 | 367,88 | 3,68 | 3,68 | 3φ 16mm |
| | 1_2 | (+) | 0,86 | 0,86 | 6,17 | 104,89 | 1,05 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,31 | 3,31 | 24,81 | 421,77 | 4,22 | 4,22 | 3φ 16mm |
| | Vig | (-) | 1,18 | 3,31 | 28,62 | 425,72 | 4,26 | 4,26 | 2φ 12 mm |
| | Grad | (-) | 0,7 | 0,70 | 5,74 | 85,38 | 0,85 | 2,57 | 2φ 12 mm |
| | as- volad o | (+) | 0,38 | 0,38 | 3,09 | 45,96 | 0,46 | 2,57 | 2φ 12 mm |
| | | (-) | 0,63 | 0,63 | 7,24 | 76,93 | 0,77 | 1,83 | 2φ 12 mm |
| | | (+) | 0,27 | 0,27 | 3,07 | 32,62 | 0,33 | 1,83 | 2φ 12 mm |

| EJE | VIGA | Sig | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura |
|----------|------|-----|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|----------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | diseño |
| | Vig | | | | | | | | |
| | Grad | (-) | 0,55 | 0,55 | 6,31 | 67,04 | 0,67 | 1,83 | 2φ 12 mm |
| | as | | | | | | | | |
| | | (-) | 3,9 | 3,90 | 23,3 | 495,13 | 4,95 | 4,95 | 3φ 16mm |
| | 3_5 | (+) | 0,57 | 0,57 | 3,24 | 68,85 | 0,69 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 4 | 4,00 | 23,93 | 508,51 | 5,09 | 5,09 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 3,88 | 4,00 | 29,93 | 636,01 | 6,36 | 6,36 | 3φ 16mm |
| | 5_8 | (+) | 0,9 | 0,90 | 5,15 | 109,44 | 1,09 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,52 | 3,52 | 20,91 | 444,34 | 4,44 | 4,44 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 2,69 | 2,69 | 19,93 | 338,81 | 3,39 | 3,39 | 3φ 16mm |
| | 1_2 | (+) | 0,77 | 0,77 | 5,51 | 93,67 | 0,94 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,07 | 3,14 | 23,46 | 398,82 | 3,99 | 3,99 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 3,14 | 3,14 | 23,46 | 398,82 | 3,99 | 3,99 | 3φ 16mm |
| B | 2_4 | (+) | 0,76 | 0,76 | 5,44 | 92,48 | 0,92 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,18 | 4,07 | 30,96 | 526,32 | 5,26 | 5,26 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 4,07 | 4,07 | 24,38 | 518,08 | 5,18 | 5,18 | 3φ 16mm |
| | 4_7 | (+) | 1,03 | 1,03 | 5,9 | 125,38 | 1,25 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,36 | 3,36 | 19,91 | 423,09 | 4,23 | 4,23 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 2,88 | 2,88 | 21,41 | 363,97 | 3,64 | 3,64 | 2φ 16mm |
| | 1_2 | (+) | 0,79 | 0,79 | 5,66 | 96,22 | 0,96 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,2 | 3,20 | 23,93 | 406,81 | 4,07 | 4,07 | 2φ 16mm |
| A | | (-) | 2,92 | 3,20 | 23,93 | 406,81 | 4,07 | 4,07 | 2φ 16mm |
| | 2_4 | (+) | 0,71 | 0,71 | 5,08 | 86,36 | 0,86 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 2,81 | 3,07 | 22,9 | 389,30 | 3,89 | 3,89 | 2φ 16mm |
| | 4_6 | (-) | 3,07 | 3,07 | 22,9 | 389,30 | 3,89 | 3,89 | 2φ 16mm |

| EJE | VIGA | Sig | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura |
|-----|------|-----|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|----------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | diseño |
| | | (+) | 0,41 | 0,41 | 2,91 | 49,47 | 0,49 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 2,97 | 2,97 | 22,12 | 376,04 | 3,76 | 3,76 | 2φ 16mm |

Tabla 70.

Armadura de vigas, entrepiso sentido Y

VIGAS PRIMER PISO SENTIDO Y

| EJE | VIGA | Signo | Mu | Mu | a | As | As | As _{adop} | Armadura diseño |
|----------|------|-------|------|------|-------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | |
| 1 | D-C | (-) | 3,3 | 3,3 | 24,74 | 420,58 | 4,21 | 4,21 | 2φ 16mm |
| | | (+) | 1,02 | 1,02 | 7,33 | 124,61 | 1,25 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,38 | 3,38 | 25,37 | 431,29 | 4,31 | 4,31 | 2φ 16mm |
| | B-A | (-) | 3,18 | 3,18 | 23,77 | 404,09 | 4,04 | 4,04 | 2φ 16mm |
| | | (+) | 0,7 | 0,7 | 5 | 85,00 | 0,85 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3 | 3 | 22,36 | 380,12 | 3,80 | 3,80 | 2φ 16mm |
| 2 | D-C | (-) | 4,76 | 4,76 | 28,82 | 612,43 | 6,12 | 6,12 | 3φ 16mm |
| | | (+) | 1,58 | 1,58 | 9,13 | 194,01 | 1,94 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 4,16 | 4,16 | 24,95 | 530,19 | 5,30 | 5,30 | 3φ 16mm |
| | B-A | (-) | 3,74 | 3,74 | 22,29 | 473,66 | 4,74 | 4,74 | 3φ 16mm |
| | | (+) | 1,08 | 1,08 | 6,19 | 131,54 | 1,32 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,7 | 3,7 | 22,04 | 468,35 | 4,68 | 4,68 | 3φ 16mm |
| 3 | D-C | (-) | 4,7 | 4,7 | 28,43 | 604,14 | 6,04 | 6,04 | 3φ 16mm |
| | | (+) | 1,32 | 1,32 | 7,6 | 161,50 | 1,62 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,63 | 3,63 | 21,6 | 459,00 | 4,59 | 4,59 | 3φ 16mm |
| | C-B | (-) | 0,52 | 0,52 | 5,96 | 63,33 | 0,63 | 1,83 | 3φ 16mm |
| | | (+) | 0,21 | 0,21 | 2,39 | 25,39 | 0,25 | 1,83 | 2φ 16mm |

| EJE | VIGA | Signo | Mu | Mu | a | As | As | As_adop | Armadura diseño |
|-----------|-------|-------|------|------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | |
| | | (-) | 1,43 | 1,43 | 16,82 | 178,71 | 1,79 | 1,83 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 3,06 | 3,63 | 21,6 | 459,00 | 4,59 | 4,59 | 3φ 16mm |
| | C3-B4 | (+) | 0,49 | 0,49 | 2,8 | 59,50 | 0,60 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,13 | 3,49 | 20,72 | 440,30 | 4,40 | 4,40 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 3,49 | 3,49 | 20,72 | 440,30 | 4,40 | 4,40 | 3φ 16mm |
| 4 | B-A | (+) | 1 | 1 | 5,73 | 121,76 | 1,22 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 4,05 | 4,05 | 24,26 | 515,53 | 5,16 | 5,16 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 4,82 | 4,82 | 29,21 | 620,71 | 6,21 | 6,21 | 3φ 16mm |
| | D-C | (+) | 1,43 | 1,43 | 8,25 | 175,31 | 1,75 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,95 | 3,95 | 23,62 | 501,93 | 5,02 | 5,02 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 3,31 | 3,95 | 23,62 | 501,93 | 5,02 | 5,02 | 3φ 16mm |
| 5 | C5-B4 | (+) | 0,7 | 0,7 | 4 | 85,00 | 0,85 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3,18 | 3,49 | 20,72 | 440,30 | 4,40 | 4,40 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 3,16 | 3,95 | 23,62 | 501,93 | 5,02 | 5,02 | 3φ 16mm |
| | C5-B7 | (+) | 0,74 | 0,74 | 4,22 | 89,68 | 0,90 | 3,67 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 3 | 3 | 17,68 | 375,70 | 3,76 | 3,76 | 3φ 16mm |
| | | (-) | 3,67 | 3,67 | 27,7 | 470,90 | 4,71 | 4,71 | 2φ 16mm |
| | D-C | (+) | 1,05 | 1,05 | 7,55 | 128,35 | 1,28 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 2,97 | 2,97 | 22,12 | 376,04 | 3,76 | 3,76 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 2,46 | 2,97 | 22,12 | 376,04 | 3,76 | 3,76 | 2φ 16mm |
| 10 | C-B | (+) | 0,4 | 0,4 | 2,84 | 48,28 | 0,48 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 2,6 | 2,91 | 21,65 | 368,05 | 3,68 | 3,68 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 2,91 | 2,91 | 21,65 | 368,05 | 3,68 | 3,68 | 2φ 16mm |
| | B-A | (+) | 0,61 | 0,61 | 4,35 | 73,95 | 0,74 | 2,93 | 2φ 16mm |
| | | (-) | 2,82 | 2,82 | 20,94 | 355,98 | 3,56 | 3,56 | 2φ 16mm |

| EJE | VIGA | Signo | Mu | Mu | a | As | As | As_adop | Armadura diseño |
|-----|--------------------|-------|------|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | |
| | | (-) | 0,74 | 0,74 | 7,09 | 90,40 | 0,90 | 2,20 | 2φ 12 mm |
| | Gradas en Y | (+) | 0,14 | 0,14 | 1,32 | 16,83 | 0,17 | 2,20 | 2φ 12 mm |
| | | (-) | 0,72 | 0,72 | 6,9 | 87,98 | 0,88 | 2,20 | 2φ 12 mm |

Tabla 71.

Armadura de vigas, cubierta sentido X

VIGAS SEGUNDO PISO SENTIDO X

| EJE | VIGA | Signo | Mu | Mu | a | As | As | As_adop | Armadura diseño |
|----------|------|-------|------|------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | |
| | | (-) | 2,4 | 2,40 | 17,68 | 300,56 | 3,01 | 3,01 | 2φ 14 mm |
| | 1_2 | (+) | 0,77 | 0,77 | 5,51 | 93,67 | 0,94 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,55 | 2,55 | 18,84 | 320,28 | 3,20 | 3,20 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,24 | 2,55 | 18,84 | 320,28 | 3,20 | 3,20 | 2φ 14 mm |
| | 2_3 | (+) | 0,32 | 0,32 | 2,27 | 38,59 | 0,39 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,1 | 2,10 | 15,39 | 261,63 | 2,62 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| D | | (-) | 2,1 | 2,10 | 15,39 | 261,63 | 2,62 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | 3_5 | (+) | 0,21 | 0,21 | 1,5 | 25,50 | 0,26 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,28 | 2,53 | 18,68 | 317,56 | 3,18 | 3,18 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,53 | 2,53 | 18,68 | 317,56 | 3,18 | 3,18 | 2φ 14 mm |
| | 5_9 | (+) | 0,82 | 0,82 | 5,87 | 99,79 | 1,00 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,34 | 2,34 | 17,22 | 292,74 | 2,93 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,06 | 2,06 | 15,08 | 256,36 | 2,56 | 2,93 | 3φ 14 mm |
| | 1_2 | (+) | 0,77 | 0,77 | 5,51 | 93,67 | 0,94 | 2,93 | 2 φ 14 mm |
| C | | (-) | 2,38 | 2,38 | 17,53 | 298,01 | 2,98 | 2,98 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | 2,33 | 2,38 | 17,53 | 298,01 | 2,98 | 2,98 | 3φ 14 mm |
| | 2_3 | (+) | 0,78 | 0,78 | 5,58 | 94,86 | 0,95 | 2,93 | 2 φ 14 mm |

| EJE | VIGA | Signo | Mu T-m | Mu T-m | a mm | As mm ² | As cm ² | As_adop cm ² | Armadura diseño |
|----------|------|-------|--------|-----------|---------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| | | (-) | 2,49 | 2,78 | 20,63 | 350,71 | 3,51 | 3,51 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | 2,78 | 2,78 | 16,33 | 347,01 | 3,47 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | 3_5 | (+) | 0,39 | 0,39 | 2,21 | 46,96 | 0,47 | 3,67 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | 2,71 | 2,84 | 16,7 | 354,88 | 3,55 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | 2,84 | 2,84 | 16,7 | 354,88 | 3,55 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | 5_8 | (+) | 0,72 | 0,72 | 4,11 | 87,34 | 0,87 | 3,67 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | 2,5 | 2,50 | 14,63 | 310,89 | 3,11 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | 1,98 | 1,98 | 14,48 | 246,16 | 2,46 | 2,93 | 3φ 14 mm |
| | 1_2 | (+) | 0,63 | 0,63 | 4,5 | 76,50 | 0,77 | 2,93 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | 2,41 | 2,66 | 19,69 | 334,73 | 3,35 | 3,35 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | 2,66 | 2,66 | 19,69 | 334,73 | 3,35 | 3,35 | 3φ 14 mm |
| B | 2_4 | (+) | 0,71 | 0,71 | 5,08 | 86,36 | 0,86 | 2,93 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | 2,7 | 3,14 | 23,46 | 398,82 | 3,99 | 3,99 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | 3,14 | 3,14 | 18,55 | 394,19 | 3,94 | 3,94 | 3φ 14 mm |
| | 4_7 | (+) | 0,9 | 0,90 | 5,15 | 109,44 | 1,09 | 3,67 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | 2,37 | 2,37 | 13,85 | 294,31 | 2,94 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | 2,23 | 2,23 | 16,38 | 278,46 | 2,78 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | 1_2 | (+) | 0,67 | 0,67 | 4,8 | 81,60 | 0,82 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,46 | 2,46 | 18,14 | 308,38 | 3,08 | 3,08 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,2 | 2,46 | 18,14 | 308,38 | 3,08 | 3,08 | 2φ 14 mm |
| A | 2_4 | (+) | 0,59 | 0,59 | 4,21 | 71,57 | 0,72 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,01 | 2,28 | 16,77 | 285,09 | 2,85 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,28 | 2,28 | 16,77 | 285,09 | 2,85 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | 4_6 | (+) | 0,36 | 0,36 | 2,56 | 43,52 | 0,44 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,24 | 2,24 | 16,46 | 279,82 | 2,80 | 2,93 | 2φ 14 mm |

Tabla 72.

Armadura de vigas, cubierta sentido Y

| VIGAS SEGUNDO PISO SENTIDO Y | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|------|------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| EJE | VIGA | Signo | Mu | Mu | a | As | As | As_adop | Armadura diseño |
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | |
| 1 | D-C | (-) | 2,55 | 2,55 | 18,84 | 320,28 | 3,20 | 3,20 | 2φ 14 mm |
| | | (+) | 0,94 | 0,94 | 6,75 | 114,75 | 1,15 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,67 | 2,67 | 19,77 | 336,09 | 3,36 | 3,36 | 2φ 14 mm |
| | B-A | (-) | 2,48 | 2,48 | 18,3 | 311,10 | 3,11 | 3,11 | 2φ 14 mm |
| | | (+) | 0,6 | 0,6 | 4,28 | 72,76 | 0,73 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,26 | 2,26 | 16,61 | 282,37 | 2,82 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| 2 | D-C | (-) | 3,16 | 3,16 | 18,67 | 396,74 | 3,97 | 3,97 | 3φ 14 mm |
| | | (+) | 1,43 | 1,43 | 8,24 | 175,10 | 1,75 | 3,67 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | 3,05 | 3,05 | 18 | 382,50 | 3,83 | 3,83 | 3φ 14 mm |
| | B-A | (-) | 2,71 | 2,71 | 15,91 | 338,09 | 3,38 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | | (+) | 0,93 | 0,93 | 5,32 | 113,05 | 1,13 | 3,67 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | 2,68 | 2,68 | 15,72 | 334,05 | 3,34 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| 3 | D-C | (-) | | | | | | | |
| | | (-) | 3,33 | 3,33 | 19,72 | 419,05 | 4,19 | 4,19 | 3φ 14 mm |
| | | (+) | 1,26 | 1,26 | 7,24 | 153,85 | 1,54 | 3,67 | 2 φ 14 mm |
| | C3-B4 | (-) | | | | | | | |
| | | (-) | 2,6 | 2,76 | 15,24 | 323,85 | 3,24 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | 2,76 | 2,76 | 16,21 | 344,46 | 3,44 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | | (+) | 0,54 | 0,54 | 3,07 | 65,24 | 0,65 | 3,67 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | 2,35 | 2,5 | 14,63 | 310,89 | 3,11 | 3,67 | 3φ 14 mm |

| EJE | VIGA | Signo | Mu T-m | Mu T-m | a mm | As mm ² | As cm ² | As_adop cm ² | Armadura diseño |
|----------|-------|-------|-----------|-----------|---------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| | | (-) | | | | | | | |
| | | (-) | 2,5 | 2,5 | 14,63 | 310,89 | 3,11 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| 4 | | | | | | | | | |
| | B-A | (+) | 0,86 | 0,86 | 4,92 | 104,55 | 1,05 | 3,67 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | 3,09 | 3,09 | 18,24 | 387,60 | 3,88 | 3,88 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | 3,73 | 3,73 | 22,23 | 472,39 | 4,72 | 4,72 | 3φ 14 mm |
| | | (+) | | | | | | | |
| | D-C | (+) | 1,26 | 1,26 | 7,24 | 153,85 | 1,54 | 3,67 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | | | | | | | |
| | | (-) | 2,86 | 2,86 | 16,82 | 357,43 | 3,57 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | | | | | | | |
| | | (-) | 2,41 | 2,86 | 16,82 | 357,43 | 3,57 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| 5 | | | | | | | | | |
| | | (+) | | | | | | | |
| | C5-B4 | (+) | 0,53 | 0,53 | 3,02 | 64,18 | 0,64 | 3,67 | 2 φ 14 mm |
| | | (-) | 2,4 | 2,5 | 14,63 | 310,89 | 3,11 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | | | | | | | |
| | | (-) | 2,37 | 2,86 | 16,82 | 357,43 | 3,57 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | | (+) | | | | | | | |
| | C5-B6 | (+) | 0,6 | 0,6 | 3,42 | 72,68 | 0,73 | 3,67 | 2 φ 14 mm |

| EJE | VIGA | Signo | Mu | Mu | a | As | As | As_adop | Armadura diseño |
|-----------|--------------------|-------|------|------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | T-m | T-m | mm | mm ² | cm ² | cm ² | |
| | | (-) | 2,1 | 2,23 | 13 | 276,25 | 2,76 | 3,67 | 3φ 14 mm |
| | | (-) | 2,84 | 2,84 | 21,1 | 358,70 | 3,59 | 3,59 | 2φ 14 mm |
| | D-C | (+) | 0,88 | 0,88 | 6,31 | 107,27 | 1,07 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | | | | | | | |
| | | (-) | 2,3 | 2,3 | 16,91 | 287,47 | 2,87 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| 10 | | (-) | 1,77 | 2,3 | 16,91 | 287,47 | 2,87 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | C-B | (+) | 0,33 | 0,33 | 2,35 | 39,95 | 0,40 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 1,96 | 2,23 | 16,38 | 278,46 | 2,78 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,23 | 2,23 | 16,38 | 278,46 | 2,78 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | B-A | (+) | 0,52 | 0,52 | 3,7 | 62,90 | 0,63 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | 2,09 | 2,09 | 15,31 | 260,27 | 2,60 | 2,93 | 2φ 14 mm |
| | | (-) | | | | | | | |
| | | (-) | 0,59 | 0,59 | 5,63 | 71,78 | 0,72 | 2,20 | 2φ 12 mm |
| | Gradas en Y | (+) | 0,22 | 0,22 | 2,084 | 26,57 | 0,27 | 2,20 | 2φ 12 mm |
| | | (-) | 0,85 | 0,85 | 8,16 | 104,04 | 1,04 | 2,20 | 2φ 12 mm |

La armadura transversal para las vigas de entepiso y cubierta se opta por colocar armadura normativa

1 E Ø 10 mm @ 5 cm y 10cm

Tabla 73.

Armadura de vigas, entrepiso

| VIGAS PRIMER PISO SENTIDO X | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|------|------|------|--------|--------|-----------------|-----------|--------------|----------|----------|--------|------------------------|
| EJE | Dimensiones | | Vu | d | vu | vp | Comprobación | Vs=vu-vp | Av=vs*S*b/fy | Av_min 1 | Av_min 2 | Av_min | Armadura Transversal |
| | b | h | ton | m | ton/m2 | ton/m2 | | | cm2 | cm2 | cm2 | cm2 | |
| D | 0,4 | 0,25 | 3,71 | 0,22 | 56,21 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| | 0,4 | 0,25 | 5,3 | 0,22 | 80,30 | 76,80 | Colocar Estribo | 3,50 | 0,02 | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| C | 0,35 | 0,25 | 5,3 | 0,22 | 91,77 | 76,80 | Colocar Estribo | 14,97 | 0,06 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| | 0,5 | 0,25 | 5,3 | 0,22 | 64,24 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| B | 0,4 | 0,25 | 4,83 | 0,22 | 73,18 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| | 0,5 | 0,25 | 4,83 | 0,22 | 58,55 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| A | 0,4 | 0,25 | 3,48 | 0,22 | 52,73 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| Gradas | 0,25 | 0,25 | 0,92 | 0,22 | 22,30 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| VIGAS PRIMER PISO SENTIDO Y | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,4 | 0,25 | 3,28 | 0,22 | 49,70 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| 2 | 0,5 | 0,25 | 5,14 | 0,22 | 62,30 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| 3 | 0,5 | 0,25 | 5,11 | 0,22 | 61,94 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| | 0,25 | 0,25 | 5,11 | 0,22 | 123,88 | 76,80 | Colocar Estribo | 47,07 | 0,14 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| 4 | 0,5 | 0,25 | 4,86 | 0,22 | 58,91 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| 5 | 0,5 | 0,25 | 5,33 | 0,22 | 64,61 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| C3-B4 | 0,5 | 0,25 | 3,48 | 0,22 | 42,18 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| C5-B4 | 0,5 | 0,25 | 3,82 | 0,22 | 46,30 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| C5-B7 | 0,5 | 0,25 | 3,39 | 0,22 | 41,09 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| 10 | 0,4 | 0,25 | 3,77 | 0,22 | 57,12 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| Gradas | 0,3 | 0,25 | 0,67 | 0,22 | 13,54 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,10 | 0,13 | 0,13 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |

Tabla 74.

Armadura de vigas, cubierta

| VIGAS SEGUNDO PISO SENTIDO X | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|------|------|------|--------|--------|--------------|-----------|--------------|----------|----------|--------|------------------------|
| EJE | Dimensiones | | Vu | d | vu | vp | Comprobación | Vs=vu-vp | Av=vs*S*b/fy | Av_min 1 | Av_min 2 | Av_min | Armadura Transversal |
| | b | h | ton | m | ton/m2 | ton/m2 | | | cm2 | cm2 | cm2 | cm2 | |
| D | 0,4 | 0,25 | 2,9 | 0,22 | 43,94 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| | 0,4 | 0,25 | 3,95 | 0,22 | 59,85 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| C | 0,4 | 0,25 | 3,95 | 0,22 | 59,85 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| | 0,5 | 0,25 | 3,73 | 0,22 | 45,21 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| B | 0,4 | 0,25 | 3,79 | 0,22 | 57,42 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| | 0,5 | 0,25 | 3,79 | 0,22 | 45,94 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| A | 0,4 | 0,25 | 2,71 | 0,22 | 41,06 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| VIGAS SEGUNDO PISO SENTIDO Y | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,4 | 0,25 | 2,67 | 0,22 | 40,45 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| 2 | 0,5 | 0,25 | 3,58 | 0,22 | 43,39 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| 3 | 0,5 | 0,25 | 3,69 | 0,22 | 44,73 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| 4 | 0,5 | 0,25 | 3,85 | 0,22 | 46,67 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| 5 | 0,5 | 0,25 | 4,17 | 0,22 | 50,55 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| C3-B4 | 0,5 | 0,25 | 2,93 | 0,22 | 35,52 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| C5-B4 | 0,5 | 0,25 | 2,86 | 0,22 | 34,67 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| C5-B7 | 0,5 | 0,25 | 2,62 | 0,22 | 31,76 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,17 | 0,21 | 0,21 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| 10 | 0,4 | 0,25 | 3 | 0,22 | 45,45 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |
| Gradas | 0,3 | 0,25 | 0,74 | 0,22 | 14,95 | 76,80 | Av min | No aplica | No aplica | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 1 E φ 10 mm @ 5 y @ 10 |

Diseño de Columna

El diseño de columnas se basó según lo expuesto en la sección 4.3 de la NEC15 -HM, y a las regulaciones establecidas por el código (ACI Committee 318, 2019) debido a que el modelamiento estructural ejecutado en ETABS, requería que se realizaran ciertos controles, las dimensiones de las columnas para la estructura regular e irregular presentan diferentes dimensiones.

Refuerzo Longitudinal.

En la norma (ACI Committee 318, 2019), indica que la cuantía longitudinal debe ser al menos 0,01 y no exceder a 0,06. Sin embargo, en el caso de realizarse traslajos de todas las varillas los límites quedan entre 0,01 y 0,03 (Sánchez & Arroba, 2018).

Refuerzo Transversal

En los elementos en flexo-compresión se debe proporcionar un confinamiento especial en una longitud l_0 medida a partir de la cara de cada nudo. La longitud l_0 no puede ser menor que (NEC-SE-HM, 2015).

- Una sexta parte de la luz libre del elemento.
- La máxima dimensión de su sección transversal.
- 450 mm.

$$l_0 \geq \left[h; \frac{l_l}{6}; 450 \text{ mm} \right]$$

$$l_0 \geq \left[400 \text{ mm}; \frac{2400}{6}; 450 \text{ mm} \right]$$

$$l_0 \geq [400 \text{ mm}; 400 \text{ mm}; 450 \text{ mm}]$$

$$l_0 \geq 500 \text{ mm}, 50 \text{ cm}$$

La separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe exceder la menor de:

- La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento.
- Seis veces el diámetro de la barra de refuerzo longitudinal menor.
- So, definido por: $S_o = 100 + \left(\frac{350 - hx}{3} \right)$

El valor de S_o no debe ser mayor a 15 cm y no menor a 10 cm

hx = Espaciamiento de los ganchos suplementarios o ramas con estribos de confinamiento rectilíneos.

Para el diseño por confinamiento en columnas rectangulares se toma en cuenta las siguientes ecuaciones tal y como indica la norma: NEC-SE-HM, 4,3,4c y el código ACI, 18,7,5,4:

$$Ash = 0.3 * \frac{s * bc * f'c}{fyt} \left[\frac{Ag}{Ach} - 1 \right]$$

$$Ash = 0.09 * \frac{s * bc * f'c}{fyt}$$

Se tomará el máximo valor de las dos expresiones, el área de acero transversal será la misma en dirección X, Y

Donde:

s: Espaciamiento entre estribos

bch, bcv: Dimensión medida entre los bordes externos del refuerzo trasversal (horizontal y vertical).

f'c: Resistencia de compresión del hormigón (kg/cm²).

fyt: Esfuerzo de fluencia del refuerzo transversal (kg/cm²).

Ag: Área bruta de hormigón.

Ach: Área interior confinada.

Ash: Área total del refuerzo transversal.

La condición esencial para usar estas ecuaciones es:

$$Pu \leq (0.3 * Ag * f'c) \quad f'c \leq 70Mpa$$

Estructura Regular.

La estructura irregular presenta columnas de 30 cm x 30 cm

Refuerzo Longitudinal.

Área de sección Transversal:

$$Ag = b * h = (30) * (30) = 900 \text{ cm}^2$$

Área de acero longitudinal con una cuantía del 1%:

$$A_g = 0,01 * 900 = 9 \text{ cm}^2$$

Área de acero longitudinal con una cuantía del 3%:

$$A_g = 0,03 * 900 = 27 \text{ cm}^2$$

Columna de 30 x 30 cm:

$$Asl \text{ varilla} = \frac{\pi * \phi^2}{4} = \frac{\pi * (1,6)^2}{4} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$8 \phi 16 \text{ mm} \rightarrow 16,08 \text{ cm}^2$$

Refuerzo transversal.

Para la columna de 30x30 cm se sigue el mismo proceso de diseño por confinamiento.

$$\frac{b}{4} = \frac{30 \text{ cm}}{4} = 7,5 \text{ cm}$$

$$6 * db = 6 * 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm} = 9,6 \text{ cm}$$

$$h_x = \frac{30 \text{ cm} - 8 \text{ cm}}{2} = 11 \text{ cm}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{300 - 207,3}{3} \right) = 147,6 \text{ mm}$$

$$S_o = 150 \text{ mm}$$

$$S_{adop} = 5 \text{ cm}$$

Separación de estribos fuera de la zona de confinamiento

$$S' < [6db ; 150 \text{ mm}]$$

$$S' < [6 * 16 ; 150 \text{ mm}]$$

$$S' < [96 \text{ mm}; 150 \text{ mm}]$$

$$S' = 96 \text{ mm}$$

Asumimos un valor de

$$S = 8 \text{ mm}$$

Armadura de estribo

$$Ash = 0.3 * \frac{s * bc * f'c}{fyt} \left[\frac{Ag}{Ach} - 1 \right]$$

$$Ash = 0.09 * \frac{s * bc * f'c}{fyt}$$

La condición esencial para usar estas ecuaciones es:

$$Pu \leq (0,3 * Ag * f'c) \quad f'c \leq 70 \text{ Mpa}$$

$$17240 \text{ kg} \leq \left(0.3 * 30 * 30 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$17240 \text{ kg} \leq (64800 \text{ kg}) \rightarrow OK$$

En sentido X-Y

$$Ash = 0,3 * \frac{s * bc * f'c}{fyt} \left[\frac{Ag}{Ach} - 1 \right]$$

$$Ash = 0,3 * \frac{8 \text{ cm} * 22 \text{ cm} * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \left[\frac{30 * 30 \text{ cm}^2}{(30 \text{ cm} - 8 \text{ cm}) * (30 \text{ cm} - 8 \text{ cm})} - 1 \right]$$

$$Ash = 2,84 \text{ cm}^2$$

$$Ash = 0,09 * \frac{s * bc * f'c}{fyt}$$

$$Ash = 0,09 * \frac{8 \text{ cm} * 22 \text{ cm} * 210 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2}$$

$$Ash = 0,792 \text{ cm}^2$$

$$Ash_{x-y} = 2,26 \text{ cm}^2$$

Las ramas de estribos en el sentido X son de 2 y en el sentido Y son de 2

En sentido X-Y

Nº de filas : 2

$$2 \text{ filas de } 12 \text{ mm} \rightarrow [2.26 \text{ cm}^2]$$

Total: 2.26 cm² OK

∴ Se requiere 2 ramas ϕ 12 mm en cada sentido

Tabla 75.

Resumen de armado en columnas estructura regular.

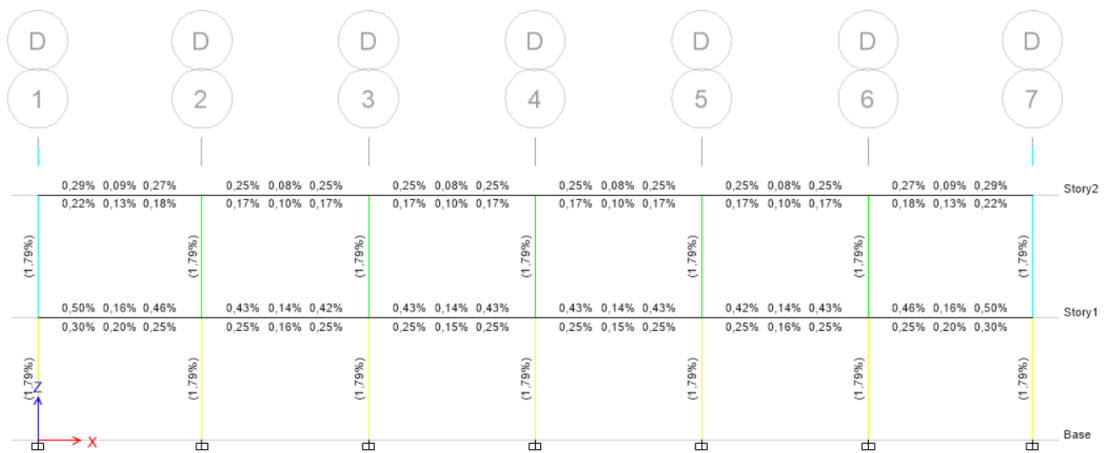
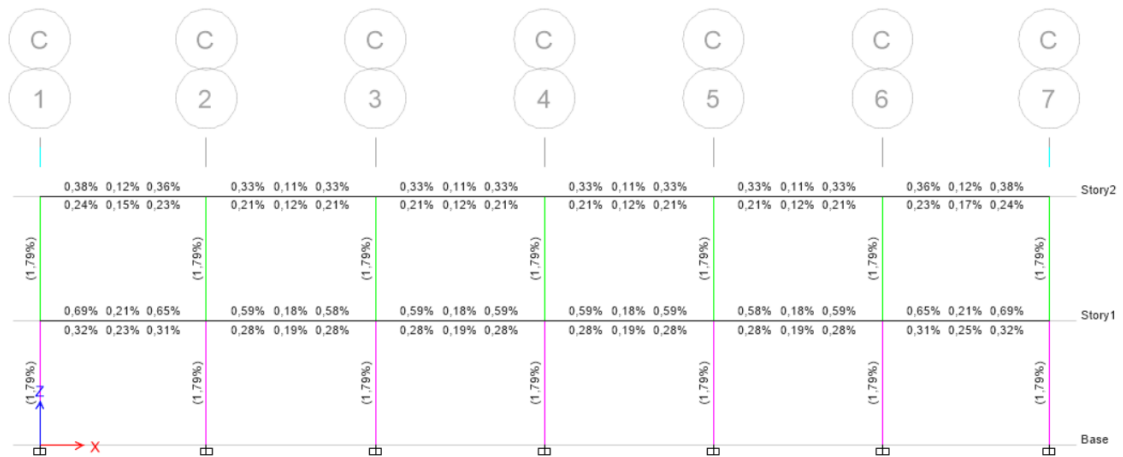
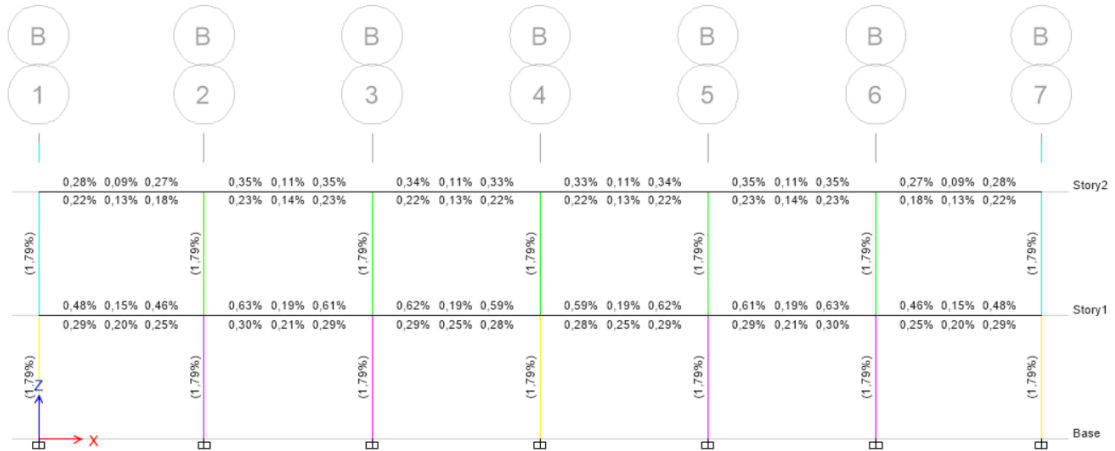
| Col | b (cm) | h (cm) | AS _{Long} | Armado transversal | | |
|-------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|------|
| | | | | Estribos | Fuera del Conf | |
| Todas | 30 | 30 | 8 ϕ 16 mm | 1E ϕ 12 mm | 5 cm | 8 cm |

Chequeo de Cuantía.

Figura 124.

Chequeo de Cuantía





Chequeo de columna fuerte viga débil.

Las columnas deben cumplir con el numeral 18.7.3.2 del (ACI Committee 318, 2019), que establece que la suma de los momentos nominales a flexión de las columnas debe oponerse a la suma de momentos resistentes nominales a flexión de las vigas que llegan al nudo. Para que se cumpla esta revisión, todos los valores deben ser mayores a 1,20.

$$\Sigma M_{nc} \geq (6/5)\Sigma M_{nb}$$

Es importante el chequeo ya que, si las columnas no son más resistentes que las vigas que llegan a un nudo, existen una mayor posibilidad de producir fluencia por flexión, ocasionando un mecanismo de falla que puede conducir al colapso (ACI Committee 318, 2019).

Figura 125.

Chequeo de columna fuerte viga débil



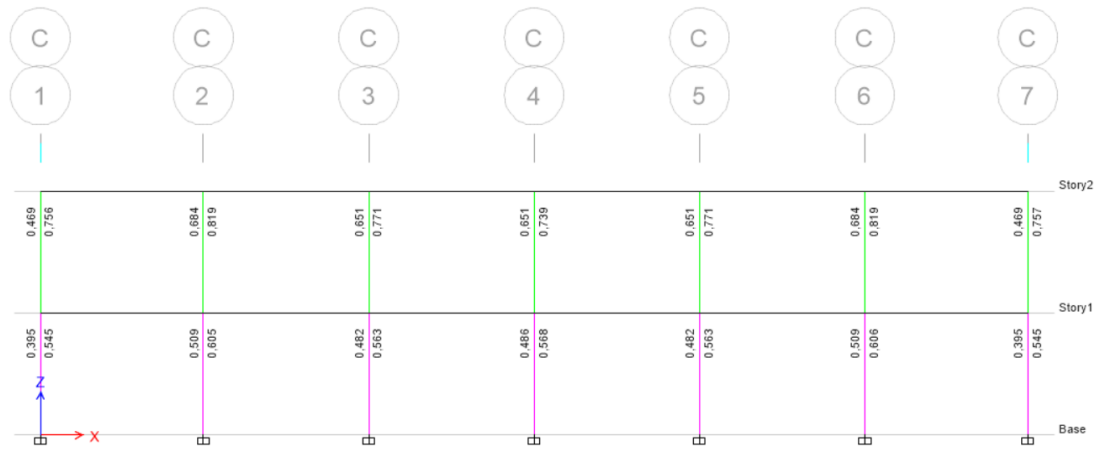
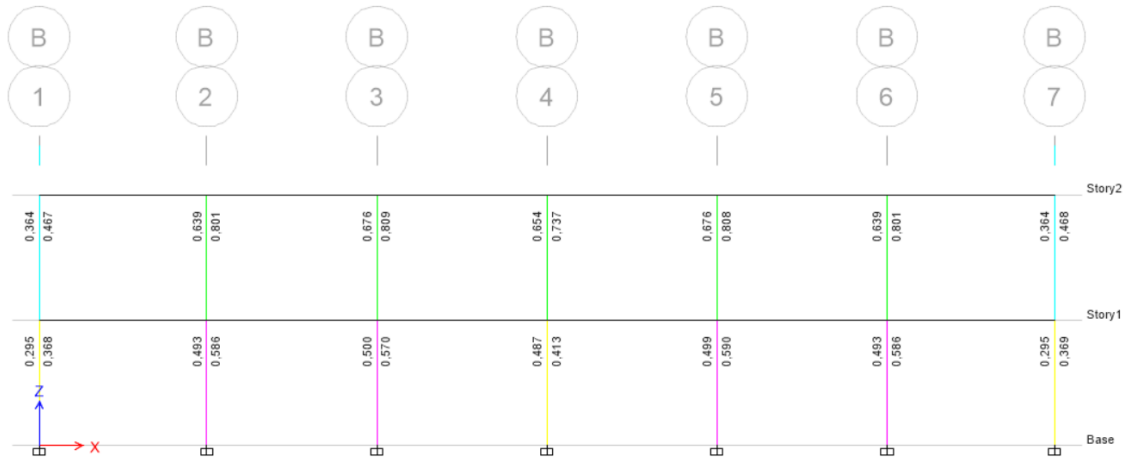
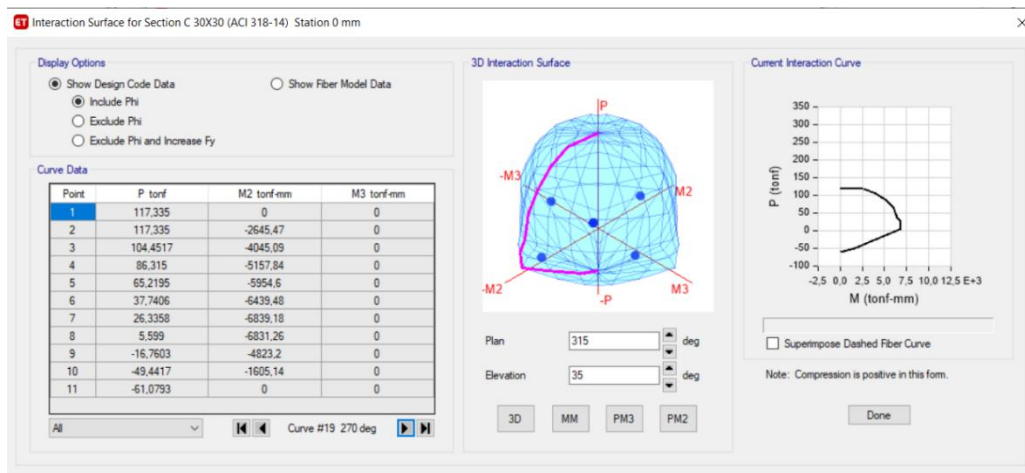


Figura 126.

Diagrama carga-momento, estructura regular



Estructura Irregular.

La estructura irregular presenta columnas de 35 cm x 35 cm y de 40 cm x 40cm distribuidas de una manera simétrica en la planta de la estructura.

Refuerzo Longitudinal.

Área de sección Transversal:

$$A_g = b * h = (35) * (35) = 1225 \text{ cm}^2$$

$$A_g = b * h = (40) * (40) = 1600 \text{ cm}^2$$

Área de acero longitudinal con una cuantía del 1%:

$$A_g = 0,01 * 1225 = 12,25 \text{ cm}^2$$

$$A_g = 0,01 * 1600 = 16 \text{ cm}^2$$

Columna de 35 x 35 cm:

$$A_{sl \text{ varilla}} = \frac{\pi * \phi^2}{4} = \frac{\pi * (1,4)^2}{4} = 1,54 \text{ cm}^2$$

$$8 \phi 14 \text{ mm} \rightarrow 12,32 \text{ cm}^2$$

Columna de 40x 04 cm:

$$Asl \text{ varilla} = \frac{\pi * \phi^2}{4} = \frac{\pi * (1,6)^2}{4} = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$8 \phi 16 \text{ mm} \rightarrow 16,08 \text{ cm}^2$$

Refuerzo Transversal.

Para columna de 40 x 40 cm.

$$\frac{b}{4} = \frac{40 \text{ cm}}{4} = 10 \text{ cm}$$

$$6 * db = 6 * 16 \text{ mm} = 96 \text{ mm} = 9,6 \text{ cm}$$

$$h_x = \frac{40 \text{ cm} - 8 \text{ cm}}{2} = 16 \text{ cm}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - 160}{3} \right) = 163,33 \text{ mm}$$

$$S_o = 150 \text{ mm}$$

$$S_{adop} = 5 \text{ cm}$$

Separación de estribos fuera de la zona de confinamiento

$$S' < [6db ; 150 \text{ mm}]$$

$$S' < [6 * 16 ; 150 \text{ mm}]$$

$$S' < [96 \text{ mm}; 150 \text{ mm}]$$

$$S' = 100 \text{ mm}$$

Para el diseño por confinamiento en columnas rectangulares se toma en cuenta las siguientes ecuaciones tal y como indica la norma: NEC-SE-HM, 4,3,4c y el código ACI, 18,7,5,4:

La condición esencial para usar estas ecuaciones es:

$$P \leq (0,3 * A_g * f'c) \quad f'c \leq 70 \text{ Mpa}$$

$$31789 \text{ kg} \leq \left(0,3 * 40 * 40 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$31789 \text{ kg} \leq (100800 \text{ kg}) \rightarrow OK$$

$$20.59 \text{ Mpa} \leq 70 \text{ Mpa} \rightarrow OK$$

En sentido X-Y

$$Ash = 0,3 * \frac{s * bc * f'c}{fyt} \left[\frac{Ag}{Ach} - 1 \right]$$

$$Ash = 0,3 * \frac{10 \text{ cm} * 32 \text{ cm} * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \left[\frac{40 * 40 \text{ cm}^2}{(40 \text{ cm} - 8 \text{ cm}) * (40 \text{ cm} - 8 \text{ cm})} - 1 \right]$$

$$Ash = 2.70 \text{ cm}^2$$

$$Ash = 0,09 * \frac{s * bc * f'c}{fyt}$$

$$Ash = 0,09 * \frac{10 \text{ cm} * 32 \text{ cm} * 210 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2}$$

$$Ash = 1.44 \text{ cm}^2$$

$$Ash_{x-y} = 2,70 \text{ cm}^2$$

Las ramas de estribos en el sentido X son de 3 y en el sentido Y son de 3

En sentido X - Y

N° de filas : 3

2 filas de 12 mm → [2,26 cm²]

1 fila de 10mm → [0,78 cm²]

Total: 3,04 cm² OK

∴ Se requiere 2 ramas ϕ 12 mm 1 vincha de ϕ 10 mm en cada sentido

Para la columna de 35 x 35 cm se sigue el mismo proceso de diseño por confinamiento.

$$\frac{b}{4} = \frac{35 \text{ cm}}{4} = 8,75 \text{ cm}$$

$$6 * db = 6 * 14 \text{ mm} = 84 \text{ mm} = 8,4 \text{ cm}$$

$$h_x = \frac{35\text{cm} - 8\text{cm}}{2} = 13,5 \text{ cm}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - 135}{3} \right) = 171,67 \text{ mm}$$

$$S_o = 150 \text{ mm}$$

$$S_{adop} = 5 \text{ cm}$$

Separación de estribos fuera de la zona de confinamiento

$$S' < [6db ; 150 \text{ mm}]$$

$$S' < [6 * 14 ; 150 \text{ mm}]$$

$$S' < [84 \text{ mm}; 150 \text{ mm}]$$

$$S' = 80 \text{ mm}$$

Armadura de estribo

$$Ash = 0,3 * \frac{s * bc * f'c}{fyt} \left[\frac{Ag}{Ach} - 1 \right]$$

$$Ash = 0,09 * \frac{s * bc * f'c}{fyt}$$

La condición esencial para usar estas ecuaciones es:

$$Pu \leq (0,3 * Ag * f'c) \quad f'c \leq 70\text{Mpa}$$

$$17240 \text{ kg} \leq \left(0,3 * 35 * 35 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$17240\text{kg} \leq (77175 \text{ kg}) \rightarrow OK$$

$$20,59 \text{ Mpa} \leq 70\text{Mpa} \rightarrow OK$$

En sentido X - Y

$$Ash = 0,3 * \frac{s * bc * f'c}{fyt} \left[\frac{Ag}{Ach} - 1 \right]$$

$$Ash = 0,3 * \frac{8 \text{ cm} * 27 \text{ cm} * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \left[\frac{35 * 35\text{cm}^2}{(35\text{cm} - 8\text{cm}) * (35\text{cm} - 8\text{cm})} - 1 \right]$$

$$Ash = 2.20\text{cm}^2$$

$$Ash = 0,09 * \frac{s * bc * f'c}{fyt}$$

$$Ash = 0,09 * \frac{8 \text{ cm} * 27 \text{ cm} * 210 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2}$$

$$Ash = 0,97 \text{ cm}^2$$

$$Ash_{x-y} = 2,20 \text{ cm}^2$$

Las ramas de estribos en el sentido X son de 2 y en el sentido Y son de 2

En sentido X - Y

Nº de filas : 2

2 filas de 12 mm → [2,26 cm²]

Total: 2,26 cm² OK

∴ Se requiere 2 ramas φ 12 mm en cada sentido

Tabla 76.

Resumen de armado en columnas estructura irregular

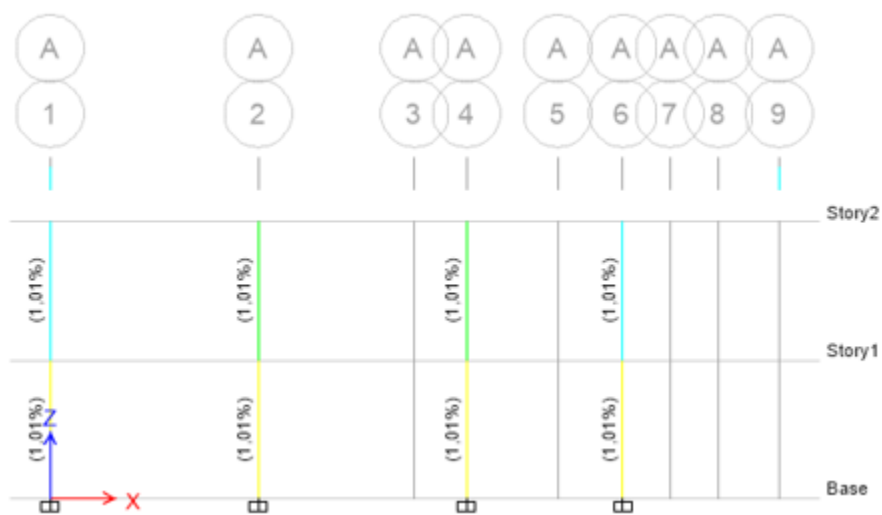
| Col | b (cm) | h (cm) | Tipo | As Long | Armado transversal | | Separación de estribos | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-------------|------------------------|-----------------|
| | | | | | Estribos | Vinchas | Zona de Conf. | Fuera del Conf. |
| D1 | 40 | 40 | Esquinera | 8 φ 16 mm | 1E φ 12 mm | 2 V φ 10 mm | 5 cm | 10 cm |
| D9 | 40 | 40 | Esquinera | 8 φ 16 mm | 1E φ 12 mm | 2 V φ 10 mm | 5 cm | 10 cm |
| A1 | 40 | 40 | Esquinera | 8 φ 16 mm | 1E φ 12 mm | 2 V φ 10 mm | 5 cm | 10 cm |
| A6 | 40 | 40 | Esquinera | 8 φ 16 mm | 1E φ 12 mm | 2 V φ 10 mm | 5 cm | 10 cm |
| D2 | 35 | 35 | Borde | 8 φ 14 mm | 1E φ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |
| D3 | 35 | 35 | Borde | 8 φ 14 mm | 1E φ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |
| D5 | 35 | 35 | Borde | 8 φ 14 mm | 1E φ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |
| C1 | 35 | 35 | Borde | 8 φ 14 mm | 1E φ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |
| C2 | 35 | 35 | Borde | 8 φ 14 mm | 1E φ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |

| Col | b (cm) | h (cm) | Tipo | As _{Long} | Armado transversal | | Separación de estribos | |
|-----|-----------|-----------|---------|--------------------|--------------------|------------------|------------------------|--------------------|
| | | | | | Estribos | Vinchas | Zona de Conf. | Fuera del Conf. |
| C8 | 35 | 35 | Borde | 8 ϕ 14 mm | 1E ϕ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |
| B1 | 35 | 35 | Borde | 8 ϕ 14 mm | 1E ϕ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |
| B2 | 35 | 35 | Borde | 8 ϕ 14 mm | 1E ϕ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |
| B7 | 35 | 35 | Borde | 8 ϕ 14 mm | 1E ϕ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |
| A2 | 35 | 35 | Borde | 8 ϕ 14 mm | 1E ϕ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |
| A4 | 35 | 35 | Borde | 8 ϕ 14 mm | 1E ϕ 12 mm | | 5 cm | 8 cm |
| C3 | 40 | 40 | Interna | 8 ϕ 16 mm | 1E ϕ 12 mm | 2 V ϕ 10 mm | 5 cm | 10 cm |
| C5 | 40 | 40 | Interna | 8 ϕ 16 mm | 1E ϕ 12 mm | 2 V ϕ 10 mm | 5 cm | 10 cm |
| B4 | 40 | 40 | Interna | 8 ϕ 16 mm | 1E ϕ 12 mm | 2 V ϕ 10 mm | 5 cm | 10 cm |

Chequeo de Cuantía.

Figura 127.

Chequeo de cuantía, ejes A y B, estructura irregular



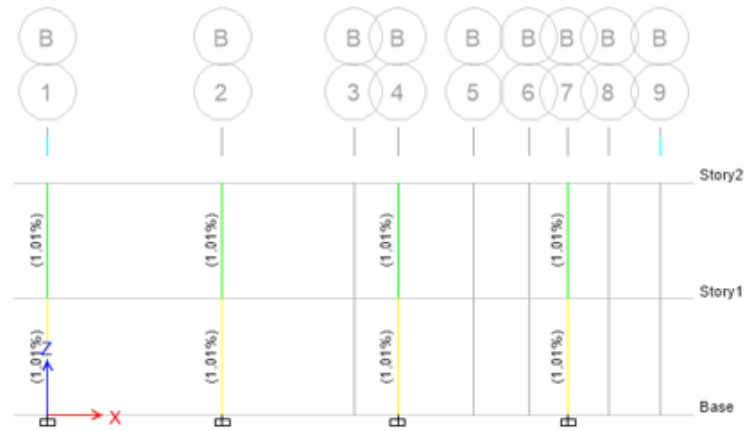


Figura 128.

Chequeo de cuantía, ejes C y D, estructura irregular

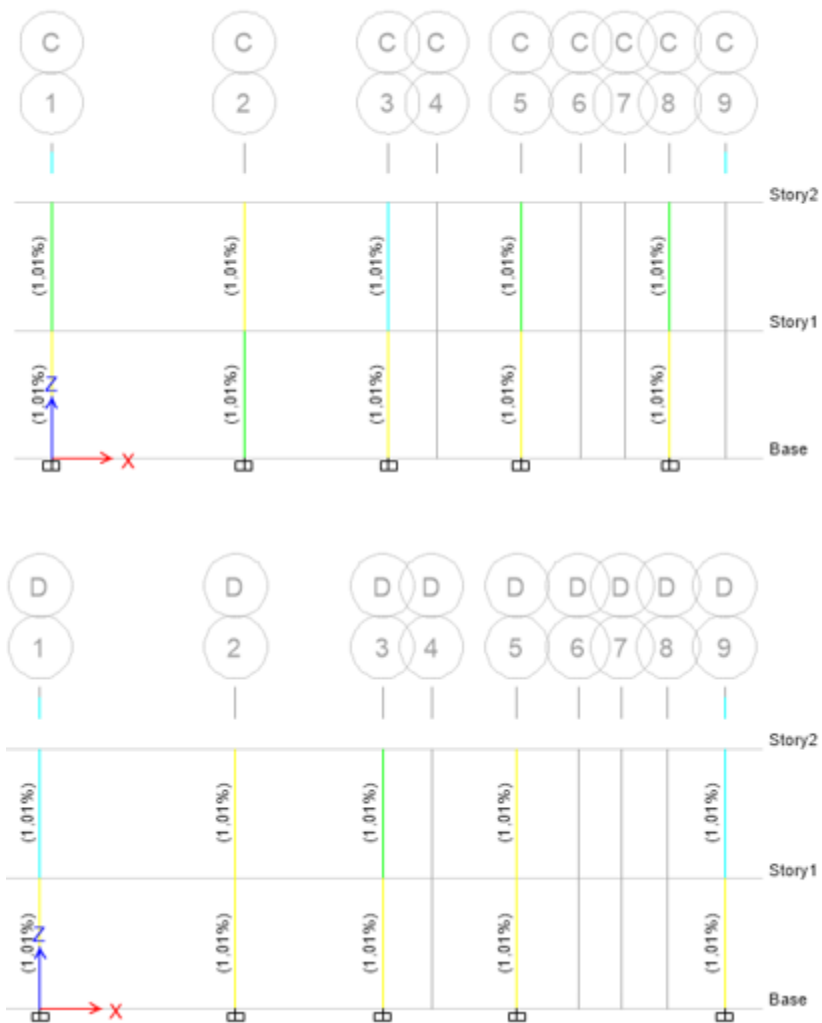


Figura 129.

Chequeo de cuantía, ejes 1 y 2, estructura irregular



Figura 130.

Chequeo de cuantía, ejes 3 y 4, estructura irregular





Figura 131.

Chequeo de cuantía, ejes 5,6,7,8 estructura irregular

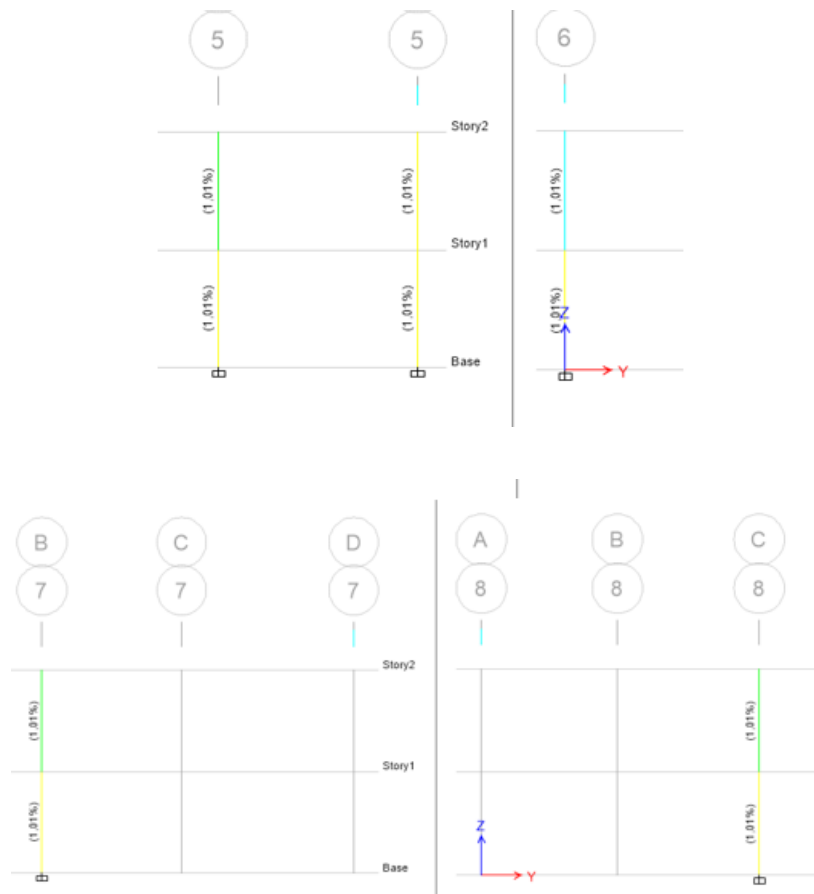
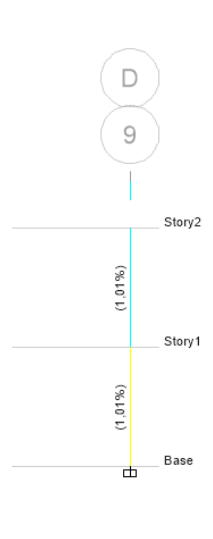


Figura 132.

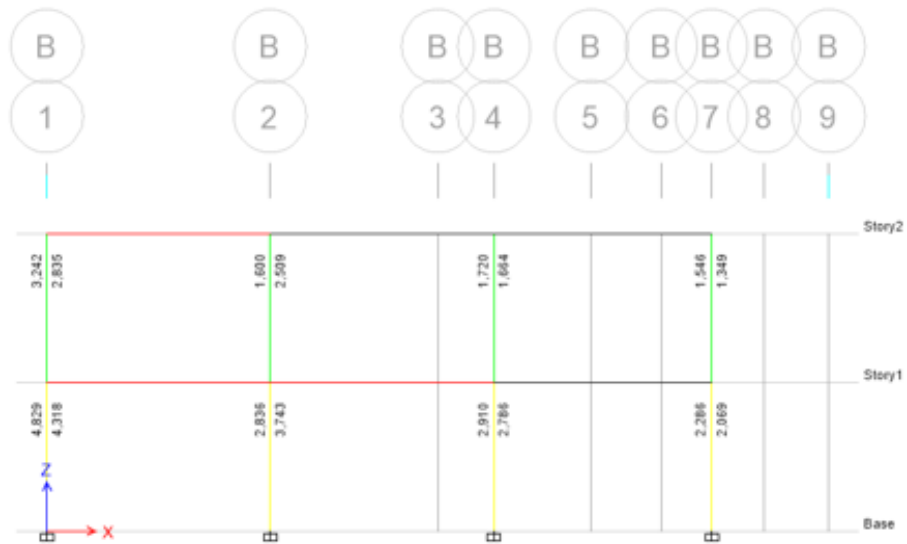
Chequeo de cuantía, eje 9 estructura irregular



Chequeo de columna fuerte viga débil.

Figura 133.

Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes A,B estructura irregular



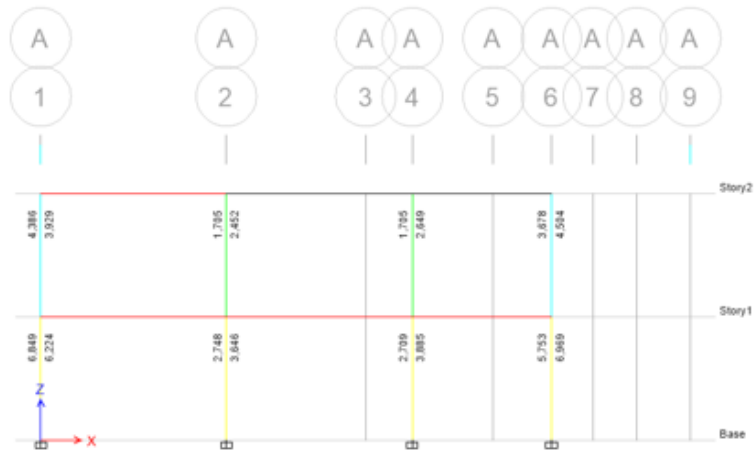


Figura 134.

Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes C,D estructura irregular

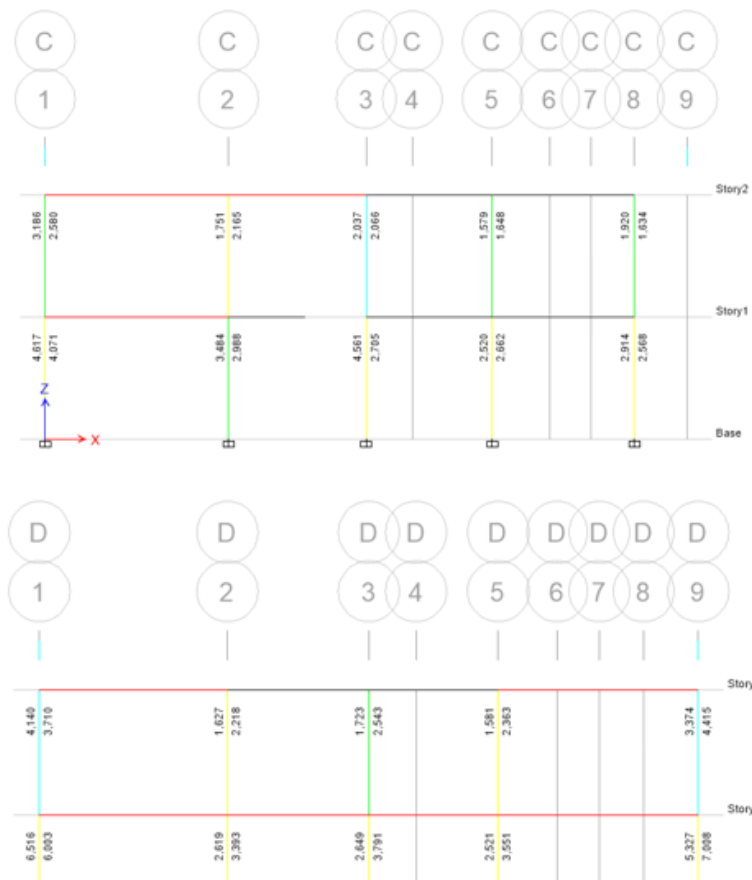


Figura 135.

Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes 1,2 estructura irregular

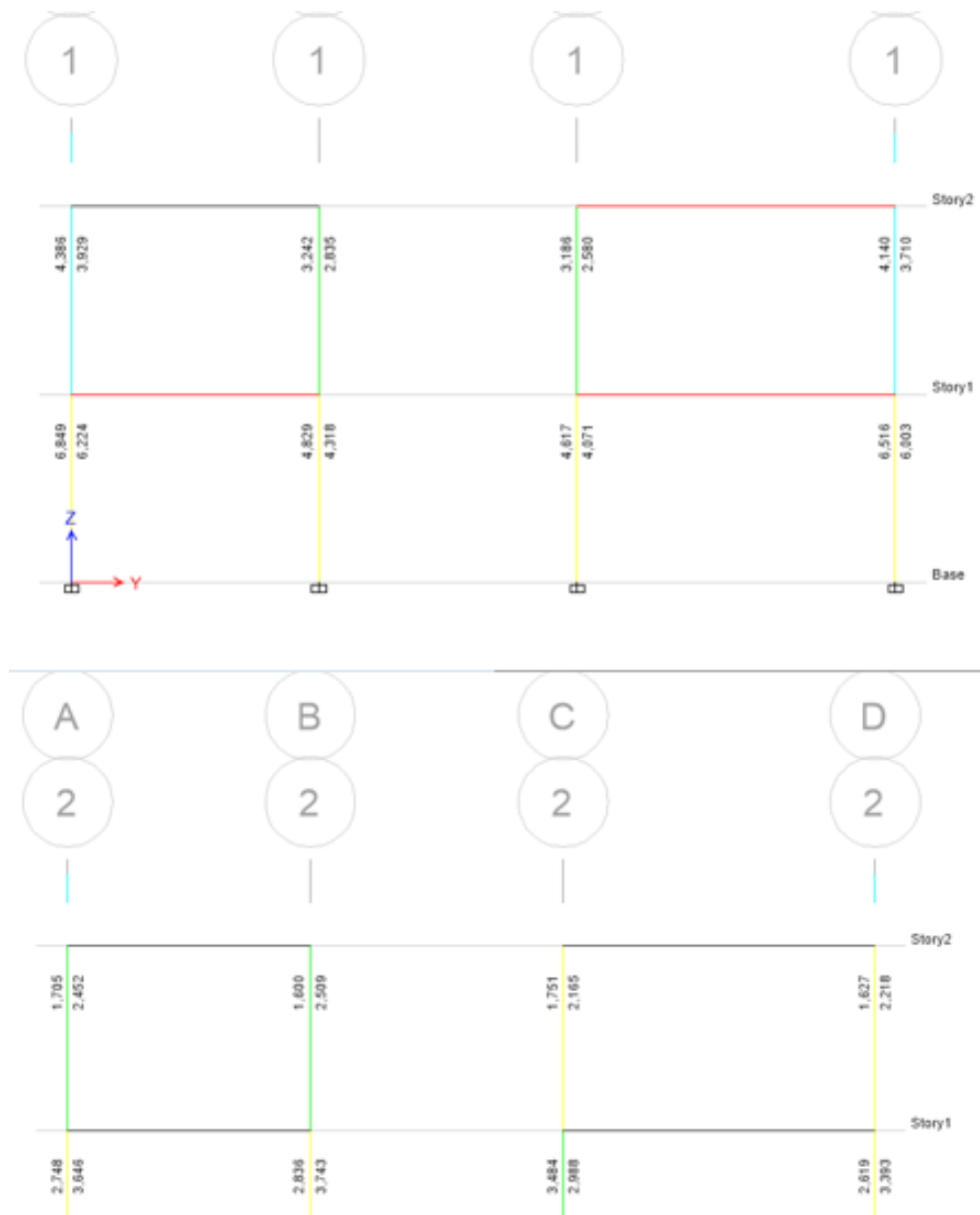


Figura 136.

Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes 3,4 estructura irregular

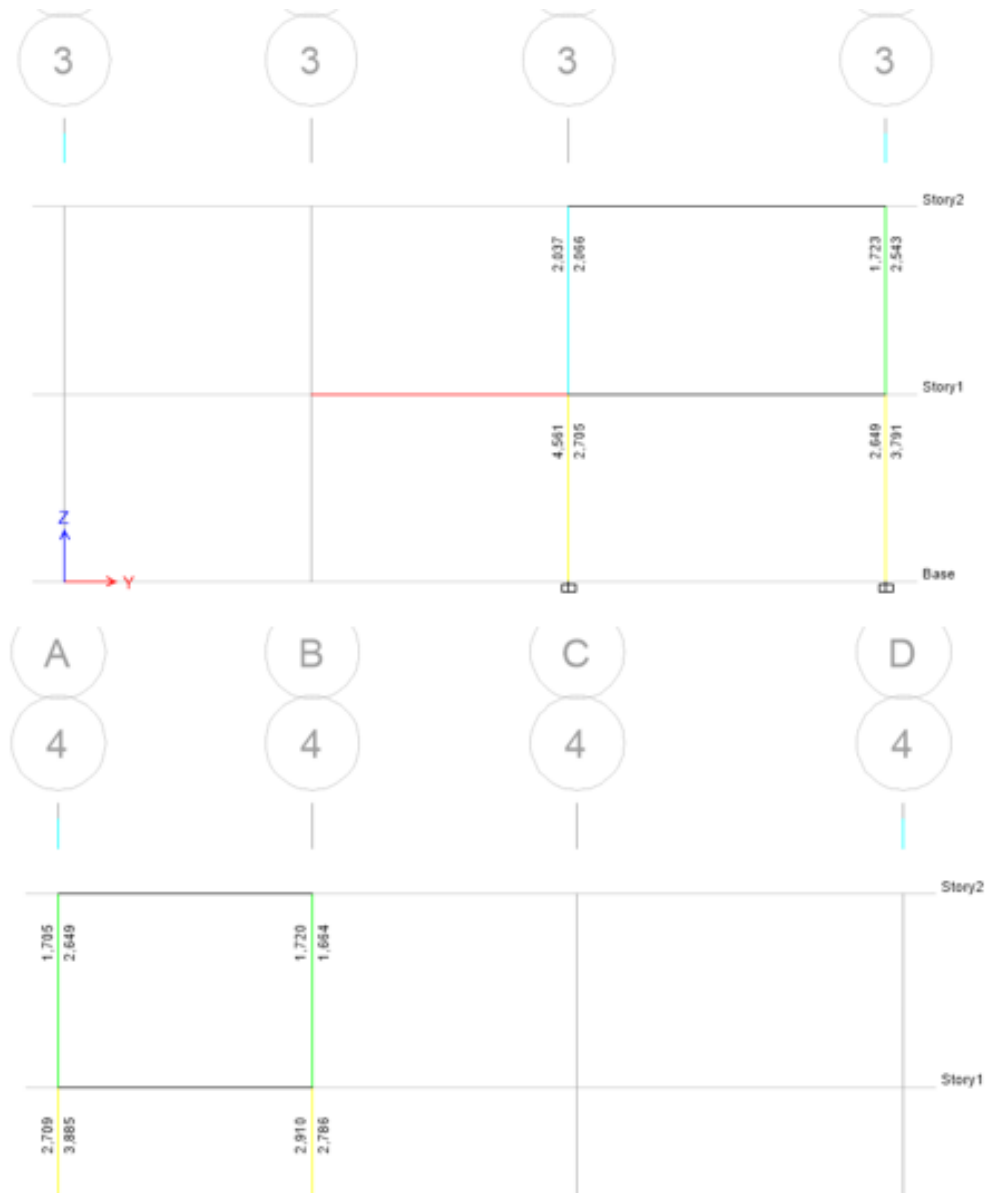


Figura 137.

Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes 5,6,7 estructura irregular

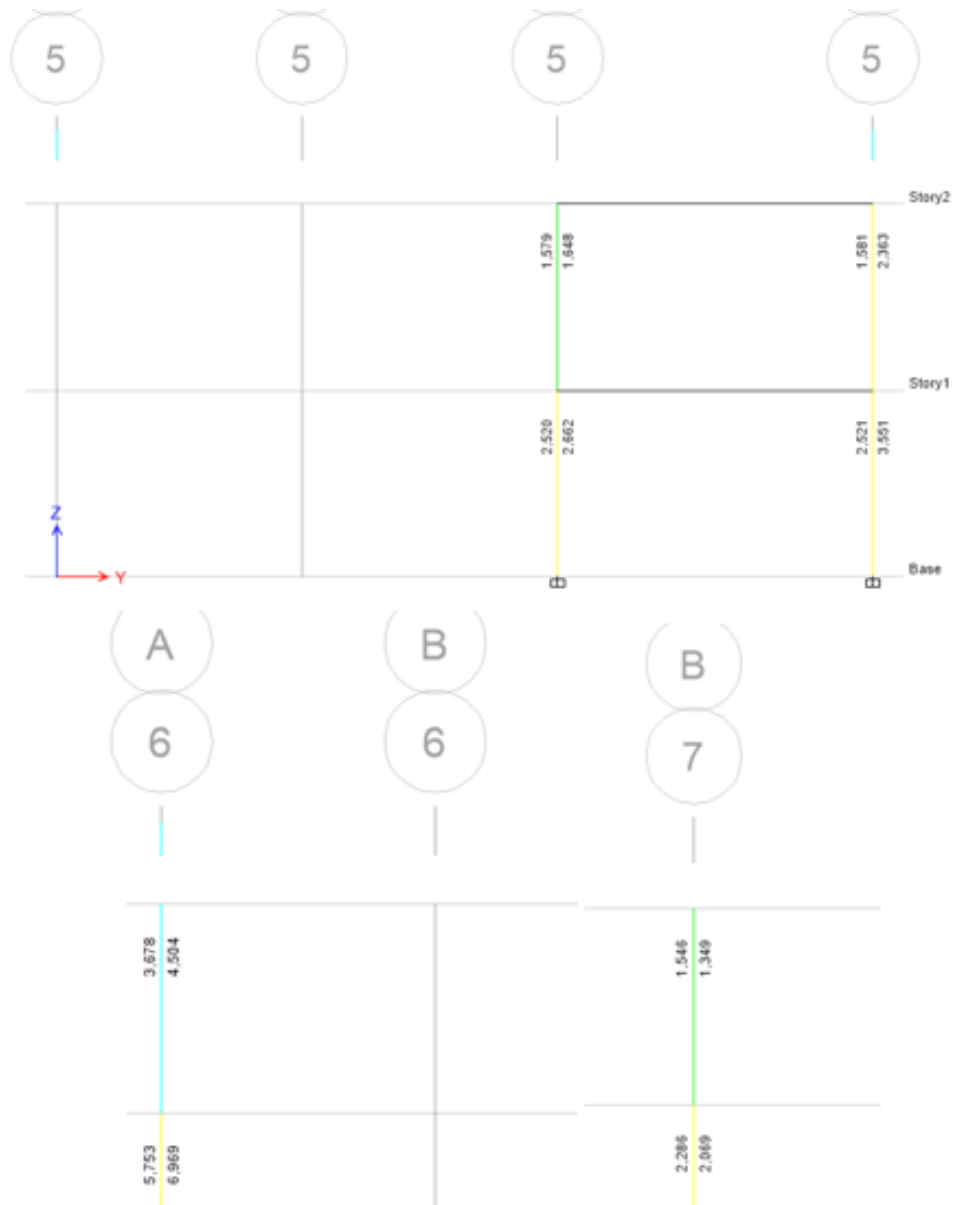


Figura 138.

Chequeo de columna fuerte-viga débil, ejes 8,9 estructura irregular

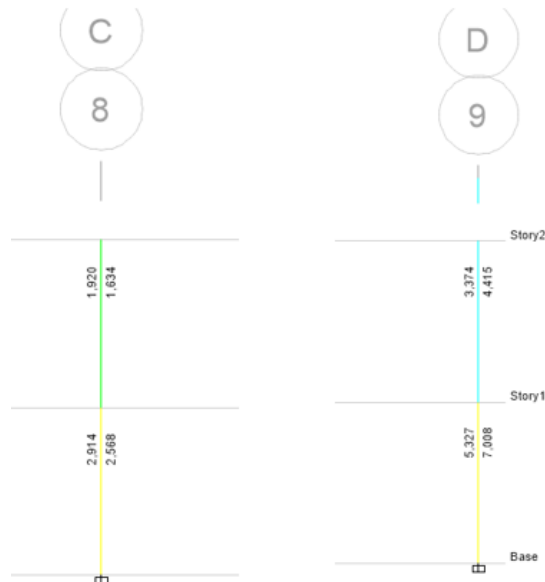
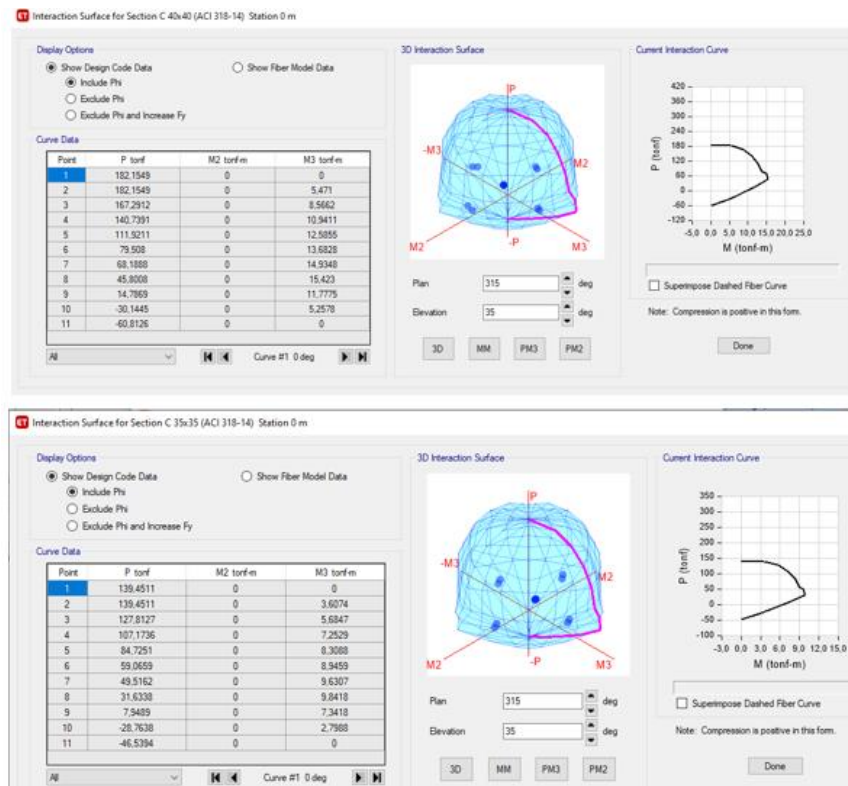


Figura 139.

Diagrama carga-momento, estructura irregular



Nota: Todos los puntos de sollicitación se encuentran dentro de la curva, lo que indica que el armado diseñado es correcto.

Diseño de Cimentación

El tipo de cimentación (plinto, viga o losa de cimentación) dependerá del tipo y calidad de suelo sobre el cual se proyecta construir las viviendas. De cualquier manera, tanto columnas de pórtico como de confinamiento deben conectarse a nivel de cimentación entre sí a través de cadenas de amarre formando una retícula (NEC-SE-VIVIENDA, 2015).

La cimentación establecida para las estructuras regular e irregular son zapatas aisladas, a continuación, los requisitos mínimos según (NEC-SE-VIVIENDA, 2015)

- De forma rectangular o cuadrangular, deben estar colocadas de tal manera que su centroide coincida con el centroide de la columna.
- La profundidad entre la superficie del contrapiso y el fondo de la zapata debe ser 1,0 m.
- La menor dimensión de la zapata debe ser de 1,0 m o lo que se sustente con un diseño de cimentación, espesor mínimo de la zapata debe ser 25 cm.
- El refuerzo a flexión de las zapatas debe colocarse en la parte inferior de la misma y en ambas direcciones, de manera uniforme en todo el ancho de la zapata.

El diseño de la cadena de amarre de 20x20 cm ubicado en el nudo inferior de una estructura a porticada, de tal manera que en un nudo que convergen varias barras y actúa un momento, este se distribuirá proporcionalmente a las rigideces de las barras. de tal forma que el momento proveniente de la columna del pórtico se distribuya proporcionalmente entre la cadena de amarre y la columneta del plinto.

Estructura Regular.

Figura 140.

Numeración de cimientos estructura regular



Tabla 77.

Resumen de cargas, momentos, rigideces y geometría de plintos en estructura regular

| # | Pd | PI | Ps | Md | MI | Me | rig col | rig cad | rig cad | rig | lado |
|----|------|------|------|------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|
| | T | T | T | T-m | T-m | T-m | cm ⁴ /m | iz | der | pedestal | plinto |
| | T | T | T | T-m | T-m | T-m | cm ⁴ /m | cm ⁴ /m | cm ⁴ /m | cm ⁴ /m | m |
| 3 | 5,14 | 0,77 | 2,79 | 0,19 | 0,05 | 5,27 | 28125,00 | 0,00 | 3755,87 | 54000,00 | 1,00 |
| 6 | 9,34 | 1,80 | 4,22 | 0,35 | 0,11 | 5,25 | 28125,00 | 3755,87 | 3703,70 | 54000,00 | 1,00 |
| 9 | 9,09 | 1,73 | 3,76 | 0,34 | 0,11 | 4,98 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,00 |
| 12 | 9,11 | 1,73 | 3,57 | 0,34 | 0,11 | 4,89 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,00 |
| 15 | 9,09 | 1,73 | 3,77 | 0,34 | 0,11 | 4,98 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,00 |
| 18 | 9,34 | 1,80 | 4,22 | 0,35 | 0,11 | 5,26 | 28125,00 | 3703,70 | 3755,87 | 54000,00 | 1,00 |
| 21 | 5,14 | 0,77 | 2,79 | 0,19 | 0,05 | 5,27 | 28125,00 | 3755,87 | 0,00 | 54000,00 | 1,00 |

| # | Pd | PI | Ps | Md | MI | Me | rig col | rig cad | rig cad | rig | lado |
|----|-------|------|------|------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|
| | T | T | T | T-m | T-m | T-m | cm ⁴ /m | iz | der | pedestal | plinto |
| | T | T | T | T-m | T-m | T-m | cm ⁴ /m | cm ⁴ /m | cm ⁴ /m | cm ⁴ /m | m |
| 24 | 10,84 | 2,16 | 3,66 | 0,34 | 0,11 | 5,83 | 28125,00 | 0,00 | 3755,87 | 54000,00 | 1,00 |
| 27 | 20,83 | 4,96 | 1,44 | 0,20 | 0,06 | 5,90 | 28125,00 | 3755,87 | 3703,70 | 54000,00 | 1,15 |
| 30 | 19,53 | 4,59 | 1,55 | 0,16 | 0,05 | 5,59 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,15 |
| 33 | 19,79 | 4,67 | 1,35 | 0,20 | 0,06 | 5,31 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,15 |
| 36 | 19,53 | 4,59 | 1,57 | 0,16 | 0,05 | 5,59 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,15 |
| 39 | 20,83 | 4,96 | 1,44 | 0,20 | 0,06 | 5,90 | 28125,00 | 3703,70 | 3755,87 | 54000,00 | 1,15 |
| 42 | 10,84 | 2,16 | 3,66 | 0,34 | 0,11 | 5,84 | 28125,00 | 3755,87 | 0,00 | 54000,00 | 1,00 |
| 45 | 5,51 | 0,85 | 2,45 | 0,14 | 0,04 | 4,94 | 28125,00 | 0,00 | 3703,70 | 54000,00 | 1,00 |
| 48 | 10,49 | 2,05 | 3,42 | 0,37 | 0,12 | 5,13 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,00 |
| 51 | 9,78 | 1,77 | 1,86 | 0,43 | 0,11 | 5,19 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,00 |
| 54 | 10,49 | 2,05 | 3,40 | 0,37 | 0,12 | 5,13 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,00 |
| 57 | 5,51 | 0,85 | 2,45 | 0,14 | 0,04 | 4,95 | 28125,00 | 3703,70 | 0,00 | 54000,00 | 1,00 |
| 60 | 5,99 | 0,96 | 2,49 | 0,18 | 0,06 | 5,14 | 28125,00 | 0,00 | 3755,87 | 54000,00 | 1,00 |
| 63 | 16,42 | 3,60 | 0,50 | 0,19 | 0,08 | 5,65 | 28125,00 | 3755,87 | 3703,70 | 54000,00 | 1,15 |
| 66 | 21,42 | 5,05 | 1,50 | 0,08 | 0,02 | 5,62 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,15 |
| 69 | 16,73 | 3,59 | 1,05 | 0,51 | 0,16 | 4,78 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,15 |
| 72 | 21,42 | 5,05 | 1,50 | 0,08 | 0,02 | 5,58 | 28125,00 | 3703,70 | 3703,70 | 54000,00 | 1,15 |
| 75 | 16,42 | 3,60 | 0,50 | 0,19 | 0,08 | 5,65 | 28125,00 | 3703,70 | 3755,87 | 54000,00 | 1,15 |
| 78 | 5,99 | 0,96 | 2,49 | 0,18 | 0,06 | 5,14 | 28125,00 | 3755,87 | 0,00 | 54000,00 | 1,00 |

| # | relle | | | | M ucad | | suma | Mu | | | | |
|---|-------|------|------------------|------------------|--------|--------|-------|--------|------------------|------------------|-------|-------|
| | P | no | PBS1 | PBS2 | der | Mu ped | Mu | plinto | PUS1 | PUS2 | | |
| | T | T | T/m ² | T/m ² | T-m | T-m | T-m | T-m | T/m ² | T/m ² | | |
| 3 | 8,70 | 3,00 | 22,08 | OK | 1,31 | OK | -0,24 | -3,48 | 0,00 | 1,74 | 20,18 | -0,73 |

| # | relle | | | | M ucad | | suma | Mu | | | | |
|----|-------|------|------------------|------------------|--------|--------|-------|--------|------------------|------------------|-------|-------|
| | P | no | PBS1 | PBS2 | der | Mu ped | Mu | plinto | PUS1 | PUS2 | | |
| | T | T | T/m ² | T/m ² | T-m | T-m | T-m | T-m | T/m ² | T/m ² | | |
| 6 | 15,36 | 3,00 | 28,70 | OK | 8,02 | OK | -0,24 | -3,49 | 0,00 | 1,74 | 27,69 | 6,76 |
| 9 | 14,58 | 3,00 | 27,41 | OK | 7,75 | OK | -0,23 | -3,32 | 0,00 | 1,66 | 26,35 | 6,45 |
| 12 | 14,42 | 3,00 | 27,08 | OK | 7,76 | OK | -0,22 | -3,26 | 0,00 | 1,63 | 26,02 | 6,46 |
| 15 | 14,59 | 3,00 | 27,42 | OK | 7,75 | OK | -0,23 | -3,32 | 0,00 | 1,66 | 26,36 | 6,45 |
| 18 | 15,36 | 3,00 | 28,71 | OK | 8,02 | OK | -0,24 | -3,49 | 0,00 | 1,75 | 27,70 | 6,76 |
| 21 | 8,70 | 3,00 | 22,09 | OK | 1,31 | OK | 0,00 | -3,49 | 0,00 | 1,74 | 20,18 | -0,74 |
| 24 | 16,66 | 3,00 | 31,51 | OK | 7,81 | OK | -0,28 | -3,99 | 0,00 | 2,00 | 30,80 | 6,85 |
| 27 | 27,24 | 3,97 | 30,91 | OK | 16,28 | OK | -0,26 | -3,73 | 0,00 | 1,87 | 32,27 | 17,54 |
| 30 | 25,67 | 3,97 | 29,31 | OK | 15,51 | OK | -0,24 | -3,52 | 0,00 | 1,76 | 30,21 | 16,35 |
| 33 | 25,81 | 3,97 | 29,15 | OK | 15,88 | OK | -0,23 | -3,39 | 0,00 | 1,69 | 30,29 | 16,93 |
| 36 | 25,70 | 3,97 | 29,32 | OK | 15,53 | OK | -0,24 | -3,51 | 0,00 | 1,76 | 30,21 | 16,35 |
| 39 | 27,23 | 3,97 | 30,91 | OK | 16,27 | OK | -0,26 | -3,74 | 0,00 | 1,87 | 32,28 | 17,54 |
| 42 | 16,66 | 3,00 | 31,52 | OK | 7,80 | OK | 0,00 | -4,00 | 0,00 | 2,00 | 30,81 | 6,84 |
| 45 | 8,82 | 3,00 | 21,48 | OK | 2,16 | OK | -0,22 | -3,24 | 0,00 | 1,62 | 19,64 | 0,21 |
| 48 | 15,95 | 3,00 | 29,13 | OK | 8,78 | OK | -0,24 | -3,44 | 0,00 | 1,72 | 28,37 | 7,74 |
| 51 | 13,41 | 3,00 | 26,77 | OK | 6,05 | OK | -0,24 | -3,50 | 0,00 | 1,75 | 25,88 | 4,85 |
| 54 | 15,94 | 3,00 | 29,12 | OK | 8,76 | OK | -0,24 | -3,44 | 0,00 | 1,72 | 28,35 | 7,72 |
| 57 | 8,82 | 3,00 | 21,49 | OK | 2,15 | OK | 0,00 | -3,24 | 0,00 | 1,62 | 19,64 | 0,21 |
| 60 | 9,44 | 3,00 | 22,57 | OK | 2,31 | OK | -0,24 | -3,40 | 0,00 | 1,70 | 20,84 | 0,44 |
| 63 | 20,52 | 3,97 | 25,56 | OK | 11,47 | OK | -0,25 | -3,59 | 0,00 | 1,80 | 26,34 | 12,16 |
| 66 | 27,97 | 3,97 | 30,96 | OK | 17,35 | OK | -0,24 | -3,46 | 0,00 | 1,73 | 32,37 | 18,72 |
| 69 | 21,37 | 3,97 | 25,64 | OK | 12,68 | OK | -0,23 | -3,34 | 0,00 | 1,67 | 26,12 | 12,93 |
| 72 | 27,97 | 3,97 | 30,90 | OK | 17,39 | OK | -0,24 | -3,43 | 0,00 | 1,72 | 32,32 | 18,77 |
| 75 | 20,52 | 3,97 | 25,57 | OK | 11,47 | OK | -0,25 | -3,60 | 0,00 | 1,80 | 26,35 | 12,16 |
| 78 | 9,44 | 3,00 | 22,58 | OK | 2,30 | OK | 0,00 | -3,40 | 0,00 | 1,70 | 20,85 | 0,43 |

| # | altura efectiva, área de punzonamiento | | | fuerza, esfuerzo punzonamiento | | |
|----|--|-----------|-----------------|--------------------------------|--------------------|---------|
| # | d | perimetro | área punzo | vu | vadm | Chequeo |
| | cm | cm | cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| 3 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 3,40 | 14,49 | ok |
| 6 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 6,03 | 14,49 | ok |
| 9 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 5,74 | 14,49 | ok |
| 12 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 5,68 | 14,49 | ok |
| 15 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 5,74 | 14,49 | ok |
| 18 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 6,03 | 14,49 | ok |
| 21 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 3,40 | 14,49 | ok |
| 24 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 6,59 | 14,49 | ok |
| 27 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 11,53 | 14,49 | ok |
| 30 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 10,78 | 14,49 | ok |
| 33 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 10,93 | 14,49 | ok |
| 36 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 10,78 | 14,49 | ok |
| 39 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 11,53 | 14,49 | ok |
| 42 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 6,59 | 14,49 | ok |
| 45 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 3,47 | 14,49 | ok |
| 48 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 6,32 | 14,49 | ok |
| 51 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 5,38 | 14,49 | ok |
| 54 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 6,31 | 14,49 | ok |
| 57 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 3,47 | 14,49 | ok |
| 60 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 3,72 | 14,49 | ok |
| 63 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 8,91 | 14,49 | ok |
| 66 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 11,82 | 14,49 | ok |
| 69 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 9,04 | 14,49 | ok |

| # | altura efectiva, área de punzonamiento | | | fuerza, esfuerzo punzonamiento | | |
|----|--|-----------|-----------------|--------------------------------|--------------------|---------|
| # | d | perimetro | área punzo | vu | vadm | Chequeo |
| | cm | cm | cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| 72 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 11,82 | 14,49 | ok |
| 75 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 8,91 | 14,49 | ok |
| 78 | 20,00 | 200,00 | 4000,00 | 3,72 | 14,49 | ok |

Determinación de la distancia y esfuerzo para valorar el cortante a d de la cara columna

| # | variación | dist corte | PUS3 | VU | vu | Vadm | Chequeo |
|----|---------------------|------------|------------------|------|--------------------|--------------------|---------|
| | T/m ² /m | m | T/m ² | T | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| 3 | 20,18 | 0,15 | 17,15 | 2,80 | 1,87 | 7,68 | ok |
| 6 | 20,93 | 0,15 | 24,55 | 3,92 | 2,61 | 7,68 | ok |
| 9 | 19,90 | 0,15 | 23,37 | 3,73 | 2,49 | 7,68 | ok |
| 12 | 19,56 | 0,15 | 23,09 | 3,68 | 2,46 | 7,68 | ok |
| 15 | 19,91 | 0,15 | 23,37 | 3,73 | 2,49 | 7,68 | ok |
| 18 | 20,94 | 0,15 | 24,56 | 3,92 | 2,61 | 7,68 | ok |
| 21 | 20,18 | 0,15 | 17,16 | 2,80 | 1,87 | 7,68 | ok |
| 24 | 23,95 | 0,15 | 27,21 | 4,35 | 2,90 | 7,68 | ok |
| 27 | 12,81 | 0,23 | 29,39 | 7,98 | 4,62 | 7,68 | ok |
| 30 | 12,06 | 0,23 | 27,50 | 7,47 | 4,33 | 7,68 | ok |
| 33 | 11,62 | 0,23 | 27,68 | 7,50 | 4,35 | 7,68 | ok |
| 36 | 12,06 | 0,23 | 27,50 | 7,47 | 4,33 | 7,68 | ok |
| 39 | 12,82 | 0,23 | 29,39 | 7,98 | 4,63 | 7,68 | ok |
| 42 | 23,97 | 0,15 | 27,22 | 4,35 | 2,90 | 7,68 | ok |
| 45 | 19,43 | 0,15 | 16,72 | 2,73 | 1,82 | 7,68 | ok |
| 48 | 20,63 | 0,15 | 25,27 | 4,02 | 2,68 | 7,68 | ok |
| 51 | 21,03 | 0,15 | 22,73 | 3,65 | 2,43 | 7,68 | ok |

| # | variación T/m ² /m | dist corte m | PUS3 T/m ² | VU T | vu kg/cm ² | V _{adm} kg/cm ² | Chequeo |
|----|----------------------------------|-----------------|--------------------------|---------|--------------------------|--|---------|
| 54 | 20,63 | 0,15 | 25,26 | 4,02 | 2,68 | 7,68 | ok |
| 57 | 19,44 | 0,15 | 16,73 | 2,73 | 1,82 | 7,68 | ok |
| 60 | 20,40 | 0,15 | 17,78 | 2,90 | 1,93 | 7,68 | ok |
| 63 | 12,33 | 0,23 | 23,57 | 6,46 | 3,74 | 7,68 | ok |
| 66 | 11,87 | 0,23 | 29,70 | 8,03 | 4,66 | 7,68 | ok |
| 69 | 11,47 | 0,23 | 23,54 | 6,43 | 3,73 | 7,68 | ok |
| 72 | 11,78 | 0,23 | 29,66 | 8,02 | 4,65 | 7,68 | ok |
| 75 | 12,33 | 0,23 | 23,57 | 6,46 | 3,74 | 7,68 | ok |
| 78 | 20,41 | 0,15 | 17,78 | 2,90 | 1,93 | 7,68 | ok |

| # | As cm ² | As _{min} cm ² | As colocar cm ² | #varillas | fi mm | As diseño cm ² | verificación | |
|----|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------|----------|------------------------------|--------------|-----------|
| 3 | 1,64 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 6 | 2,32 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 9 | 2,21 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 12 | 2,18 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 15 | 2,21 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 18 | 2,32 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 21 | 1,64 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 24 | 2,57 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 27 | 4,74 | 7,67 | 7,67 | 7,00 | 12,00 | 7,92 | OK | 7 Ø 12 mm |
| 30 | 4,44 | 7,67 | 7,67 | 7,00 | 12,00 | 7,92 | OK | 7 Ø 12 mm |
| 33 | 4,46 | 7,67 | 7,67 | 7,00 | 12,00 | 7,92 | OK | 7 Ø 12 mm |
| 36 | 4,44 | 7,67 | 7,67 | 7,00 | 12,00 | 7,92 | OK | 7 Ø 12 mm |
| 39 | 4,75 | 7,67 | 7,67 | 7,00 | 12,00 | 7,92 | OK | 7 Ø 12 mm |

| # | As cm ² | Asmin cm ² | As colocar cm ² | #varillas | fi mm | As diseño cm ² | verificación | |
|----|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------|----------|------------------------------|--------------|-----------|
| 42 | 2,57 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 45 | 1,60 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 48 | 2,38 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 51 | 2,15 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 54 | 2,38 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 57 | 1,60 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 60 | 1,70 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |
| 63 | 3,83 | 7,67 | 7,67 | 7,00 | 12,00 | 7,92 | OK | 7 Ø 12 mm |
| 66 | 4,78 | 7,67 | 7,67 | 7,00 | 12,00 | 7,92 | OK | 7 Ø 12 mm |
| 69 | 3,82 | 7,67 | 7,67 | 7,00 | 12,00 | 7,92 | OK | 7 Ø 12 mm |
| 72 | 4,77 | 7,67 | 7,67 | 7,00 | 12,00 | 7,92 | OK | 7 Ø 12 mm |
| 75 | 3,83 | 7,67 | 7,67 | 7,00 | 12,00 | 7,92 | OK | 7 Ø 12 mm |
| 78 | 1,70 | 6,67 | 6,67 | 6,00 | 12,00 | 6,79 | OK | 6 Ø 12 mm |

Estructura Irregular.

Tabla 78.

Resumen de cargas, momentos, rigideces y geometría de plintos en estructura irregular.

| Eje | Pd T | PI T | Ps T | Md T-m | MI T-m | Me T-m | rig col cm ⁴ /m | rig cad iz cm ⁴ /m | rig cad der cm ⁴ /m | rig pedestal cm ⁴ /m | lado plinto m |
|-----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| D1 | 8,94 | 1,35 | 2,57 | 0,28 | 0,12 | 8,80 | 88889 | 0 | 2963 | 170667 | 1,20 |
| C1 | 8,30 | 1,32 | 2,90 | 0,34 | 0,13 | 5,40 | 52105 | 3653 | 2963 | 100042 | 1,20 |
| B1 | 6,79 | 0,98 | 4,38 | 0,21 | 0,08 | 5,54 | 52105 | 3810 | 3653 | 100042 | 1,20 |
| A1 | 7,57 | 1,05 | 4,02 | 0,23 | 0,09 | 8,86 | 88889 | 0 | 3333 | 170667 | 1,20 |
| D2 | 13,33 | 2,39 | 3,30 | 0,53 | 0,20 | 5,96 | 52105 | 3333 | 4444 | 100042 | 1,20 |

| Eje | Pd | PI | Ps | Md | MI | Me | rig col | rig cad iz | rig cad der | rig pedestal | lado plinto |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | T | T | T | T-m | T-m | T-m | cm ⁴ /m | cm ⁴ /m | cm ⁴ /m | cm ⁴ /m | m |
| C2 | 13,40 | 2,13 | 3,01 | 0,49 | 0,19 | 5,27 | 52105 | 3333 | 4444 | 100042 | 1,20 |
| B2 | 13,16 | 2,21 | 4,40 | 0,29 | 0,12 | 5,09 | 52105 | 3333 | 3333 | 100042 | 1,20 |
| A2 | 12,27 | 2,13 | 5,47 | 0,37 | 0,14 | 5,64 | 52105 | 3333 | 3333 | 100042 | 1,20 |
| D3 | 10,55 | 1,77 | 2,89 | 0,44 | 0,16 | 6,07 | 52105 | 4444 | 4848 | 100042 | 1,20 |
| C3 | 16,91 | 2,57 | 5,52 | 0,30 | 0,11 | 8,69 | 88889 | 4444 | 4848 | 170667 | 1,35 |
| B4 | 22,69 | 3,87 | 1,46 | 0,07 | 0,05 | 9,72 | 88889 | 3333 | 3419 | 170667 | 1,35 |
| A4 | 10,81 | 1,84 | 4,76 | 0,36 | 0,13 | 5,78 | 52105 | 3333 | 4444 | 100042 | 1,20 |
| D5 | 12,71 | 2,26 | 3,29 | 0,46 | 0,18 | 5,99 | 52105 | 4848 | 3137 | 100042 | 1,20 |
| C5 | 22,05 | 3,98 | 1,77 | 0,12 | 0,06 | 9,58 | 88889 | 4848 | 4315 | 170667 | 1,35 |
| D9 | 8,42 | 1,19 | 2,55 | 0,36 | 0,12 | 8,78 | 88889 | 3137 | 0 | 170667 | 1,20 |
| C8 | 11,57 | 1,92 | 5,69 | 0,28 | 0,10 | 5,48 | 52105 | 3537 | 2867 | 100042 | 1,20 |
| B7 | 12,37 | 1,93 | 4,76 | 0,41 | 0,14 | 6,27 | 52105 | 3693 | 3537 | 100042 | 1,20 |
| A6 | 6,82 | 0,91 | 3,97 | 0,26 | 0,09 | 8,82 | 88889 | 4444 | 0 | 170667 | 1,20 |

Tabla 79.

Chequeo de presiones brutas del suelo y cálculo de presiones últimas en estructura regular

| Ejes | P | relleno | PBS1 | | PBS2 | | Pu | Mu | PUS1 | PUS2 | PUS2 |
|-----------|-------|---------|------------------|----|------------------|----|-------|------|------------------|------------------|------------------|
| | T | T | T/m ² | | T/m ² | | T | T-m | T/m ² | T/m ² | T/m ² |
| D1 | 12,86 | 4,32 | 22,31 | OK | 1,55 | OK | 14,64 | 9,25 | 20,61 | -0,27 | 0,00 |
| C1 | 12,51 | 4,32 | 18,11 | OK | 5,27 | OK | 14,17 | 5,94 | 16,34 | 3,34 | 3,34 |
| B1 | 12,15 | 4,32 | 17,79 | OK | 5,09 | OK | 13,51 | 5,87 | 15,78 | 2,99 | 2,99 |
| A1 | 12,64 | 4,32 | 22,13 | OK | 1,43 | OK | 14,16 | 9,23 | 20,23 | -0,57 | 0,00 |
| D2 | 19,02 | 4,32 | 23,47 | OK | 8,94 | OK | 21,68 | 6,79 | 22,43 | 7,68 | 7,68 |

| Ejes | P | relleno | PBS1 | | PBS2 | | Pu | Mu | PUS1 | PUS2 | PUS2 |
|------|-------|---------|------------------|----|------------------|----|-------|------|------------------|------------------|------------------|
| | T | T | T/m ² | | T/m ² | | T | T-m | T/m ² | T/m ² | T/m ² |
| C2 | 18,54 | 4,32 | 22,34 | OK | 9,41 | OK | 21,22 | 6,05 | 21,31 | 8,16 | 8,16 |
| B2 | 19,77 | 4,32 | 22,75 | OK | 10,71 | OK | 22,40 | 5,57 | 21,64 | 9,47 | 9,47 |
| A2 | 19,87 | 4,32 | 23,54 | OK | 10,06 | OK | 22,33 | 6,24 | 22,32 | 8,68 | 8,68 |
| D3 | 15,21 | 4,32 | 20,74 | OK | 6,39 | OK | 17,32 | 6,76 | 19,30 | 4,76 | 4,76 |
| C3 | 25,00 | 5,47 | 23,76 | OK | 9,68 | OK | 28,39 | 9,16 | 22,66 | 8,49 | 8,49 |
| B4 | 28,01 | 5,47 | 26,05 | OK | 10,68 | OK | 33,41 | 9,85 | 26,03 | 10,64 | 10,64 |
| A4 | 17,41 | 4,32 | 21,89 | OK | 8,28 | OK | 19,57 | 6,34 | 20,47 | 6,71 | 6,71 |
| D5 | 18,25 | 4,32 | 22,87 | OK | 8,48 | OK | 20,79 | 6,72 | 21,73 | 7,15 | 7,15 |
| C5 | 27,79 | 5,47 | 25,81 | OK | 10,69 | OK | 32,82 | 9,79 | 25,59 | 10,43 | 10,43 |
| D9 | 12,16 | 4,32 | 21,89 | OK | 1,00 | OK | 13,85 | 9,33 | 20,14 | -0,91 | 0,00 |
| C8 | 19,18 | 4,32 | 22,73 | OK | 9,91 | OK | 21,49 | 5,90 | 21,39 | 8,46 | 8,46 |
| B7 | 19,05 | 4,32 | 23,66 | OK | 8,80 | OK | 21,53 | 6,90 | 22,47 | 7,43 | 7,43 |
| A6 | 11,70 | 4,32 | 21,42 | OK | 0,83 | OK | 13,06 | 9,22 | 19,42 | -1,28 | 0,00 |

Tabla 80.

Chequeo de punzonamiento estructura irregular

| Ejes | d | perímetro | área | vu | vadm | Comprobación |
|------|-------|-----------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------|
| | cm | cm | punzonamiento | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| | | | cm ² | | | |
| D1 | 17,50 | 230,00 | 4025,00 | 5,09 | 14,49 | ok |
| C1 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 5,40 | 14,49 | ok |
| B1 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 5,15 | 14,49 | ok |
| A1 | 17,50 | 230,00 | 4025,00 | 4,92 | 14,49 | ok |
| D2 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 8,26 | 14,49 | ok |
| C2 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 8,08 | 14,49 | ok |

| Ejes | d | perímetro | área | vu | vadm | Comprobación |
|------|-------|-----------|----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| | cm | cm | punzonamiento cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| B2 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 8,53 | 14,49 | ok |
| A2 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 8,51 | 14,49 | ok |
| D3 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 6,60 | 14,49 | ok |
| C3 | 17,50 | 230,00 | 4025,00 | 9,87 | 14,49 | ok |
| B4 | 17,50 | 230,00 | 4025,00 | 11,62 | 14,49 | ok |
| A4 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 7,45 | 14,49 | ok |
| D5 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 7,92 | 14,49 | ok |
| C5 | 17,50 | 230,00 | 4025,00 | 11,41 | 14,49 | ok |
| D9 | 17,50 | 230,00 | 4025,00 | 4,82 | 14,49 | ok |
| C8 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 8,19 | 14,49 | ok |
| B7 | 17,50 | 210,00 | 3675,00 | 8,20 | 14,49 | ok |
| A6 | 17,50 | 230,00 | 4025,00 | 4,54 | 14,49 | ok |

Tabla 81.

Chequeo de cortante en estructura irregular

| Ejes | Variación | Dist corte | PUS3 | VU | vu | vadm | Comprobación |
|------|---------------------|------------|------------------|------|--------------------|--------------------|--------------|
| | T/m ² /m | m | T/m ² | T | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| D1 | 17,18 | 0,23 | 16,75 | 5,04 | 3,20 | 7,68 | ok |
| C1 | 10,83 | 0,25 | 13,63 | 4,50 | 2,85 | 7,68 | ok |
| B1 | 10,65 | 0,25 | 13,11 | 4,33 | 2,75 | 7,68 | ok |
| A1 | 16,86 | 0,23 | 16,44 | 4,95 | 3,14 | 7,68 | ok |
| D2 | 12,30 | 0,25 | 19,36 | 6,27 | 3,98 | 7,68 | ok |
| C2 | 10,96 | 0,25 | 18,57 | 5,98 | 3,80 | 7,68 | ok |
| B2 | 10,14 | 0,25 | 19,11 | 6,11 | 3,88 | 7,68 | ok |

| Ejes | Variación | Dist corte | PUS3 | VU | vu | vadm | Comprobación vadm >vu |
|-----------|---------------------|------------|------------------|------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| | T/m ² /m | m | T/m ² | T | kg/cm ² | kg/cm ² | |
| A2 | 11,37 | 0,25 | 19,48 | 6,27 | 3,98 | 7,68 | ok |
| D3 | 12,11 | 0,25 | 16,27 | 5,33 | 3,39 | 7,68 | ok |
| C3 | 10,50 | 0,30 | 19,51 | 8,54 | 4,82 | 7,68 | ok |
| B4 | 11,40 | 0,30 | 22,61 | 9,85 | 5,56 | 7,68 | ok |
| A4 | 11,47 | 0,25 | 17,60 | 5,71 | 3,63 | 7,68 | ok |
| D5 | 12,15 | 0,25 | 18,69 | 6,06 | 3,85 | 7,68 | ok |
| C5 | 11,23 | 0,30 | 22,22 | 9,68 | 5,46 | 7,68 | ok |
| D9 | 16,78 | 0,23 | 16,36 | 4,93 | 3,13 | 7,68 | ok |
| C8 | 10,78 | 0,25 | 18,70 | 6,01 | 3,82 | 7,68 | ok |
| B7 | 12,53 | 0,25 | 19,34 | 6,27 | 3,98 | 7,68 | ok |
| A6 | 16,18 | 0,23 | 15,78 | 4,75 | 3,02 | 7,68 | ok |

Tabla 82.

Diseño a flexión en estructura irregular

| Ejes | Dist Mom | PUS4 | M plinto | As | Asmin | As colocar | Armadura x-y |
|-----------|----------|------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | m | T/m ² | T-m | cm ² | cm ² | cm ² | |
| D1 | 0,40 | 13,74 | 1,76 | 3,02 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| C1 | 0,43 | 11,74 | 1,60 | 2,75 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| B1 | 0,43 | 11,25 | 1,55 | 2,65 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| A1 | 0,40 | 13,49 | 1,73 | 2,96 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| D2 | 0,43 | 17,21 | 2,24 | 3,84 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| C2 | 0,43 | 16,65 | 2,14 | 3,67 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| B2 | 0,43 | 17,33 | 2,19 | 3,75 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |

| | | | | | | | |
|-----------|------|-------|------|------|------|------|----------|
| A2 | 0,43 | 17,49 | 2,24 | 3,85 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| D3 | 0,43 | 14,15 | 1,91 | 3,27 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| C3 | 0,48 | 17,67 | 3,20 | 5,48 | 7,88 | 7,88 | 7 Ø12 mm |
| B4 | 0,48 | 20,61 | 3,69 | 6,32 | 7,88 | 7,88 | 7 Ø12 mm |
| A4 | 0,43 | 15,60 | 2,04 | 3,50 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| D5 | 0,43 | 16,57 | 2,17 | 3,72 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| C5 | 0,48 | 20,25 | 3,63 | 6,22 | 7,88 | 7,88 | 7 Ø12 mm |
| D9 | 0,40 | 13,43 | 1,72 | 2,95 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| C8 | 0,43 | 16,81 | 2,15 | 3,69 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| B7 | 0,43 | 17,14 | 2,24 | 3,84 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |
| A6 | 0,40 | 12,95 | 1,66 | 2,84 | 7,00 | 7,00 | 6 Ø12 mm |

Diseño de Gradadas

Estructura Regular.

- Altura de piso = 2,65 m
- Altura del descanso = 1,23 m
- Ancho de descanso = 1,20m
- Carga viva de gradadas (NEC-SE-HM, 2015)= 500 kg/m²
- Dimensión de huella impuesta = 0,28 m (Dimensión mínima 28mm)(NTE INEN 2249, 2016)
- Dimensión de contrahuella = 0,18 m (Dimensión máxima 180 mm) (NTE INEN 2249, 2016)

$$\text{número de contrahuellas} = \frac{1,23}{0,18} = 7$$

- Luz libre

$$L = \text{ancho del descanso} + \# \text{ peldaños} * \text{huella}$$

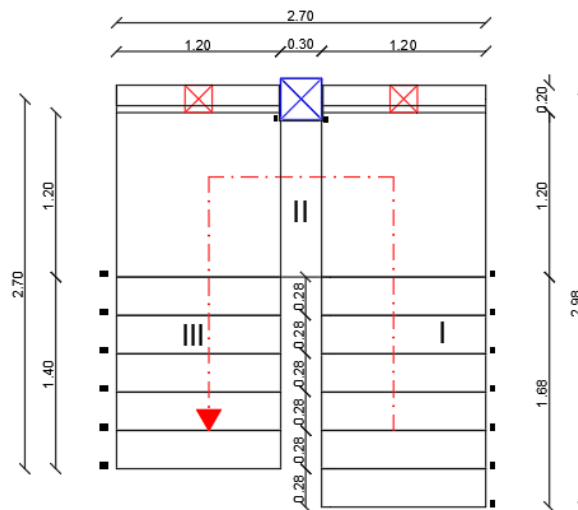
$$L = 1.20 + 7 * 0,28m = 3.16m$$

- Luz libre a un eje

$$L = 3.16 + \frac{0.20}{2} = 3,40$$

Figura 141.

Vista en planta y elevación de grada de estructura regular



Espesor de la Losa de Grada.

Para determinar el espesor de losa, se recurre a la Tabla 7.3.1.1 (ACI Committee 318, 2019) Se asume que es un extremo continuo el arranque y llegada de la grada por estar unida a la losa o viga de entrepiso, el descanso se apoyará en dos columnas, por lo que se tiene dos extremos continuos, se utiliza el coeficiente 24 para dar mayor rigidez a la losa de la grada.

$$\frac{l}{24} = \frac{3,40}{24} = 14,17 = 15cm$$

Cargas en la Gradadas.

Tabla 83

Cargas que actúan en la losa de escalera

| Descripción | Cálculo | Cantidad | Unidad |
|-------------------------------|--|----------|--------|
| Peso de la losa | (1,20m) (1,00 m) (0,15 m) (2400 Kg/m ³) | 432,00 | kg/m |
| Peso corregido de losa | 432/ cos α | 503,79 | kg/m |
| Acabados | Acabado común (100Kg/m ²)(1,20) | 120,00 | kg/m |
| Peso de peldaño (p) | (3,33 p/m*0,17m*0,15m1,20m) (1700Kg/m ³) | 183,60 | kg/m |
| Barandilla | Asumido | 90,00 | kg/m |
| Carga muerta (D) | Sumatoria de las cargas anteriores | 897,39 | kg/m |
| Carga viva (L) | (500 Kg/m ²) (1,20 m) | 600 | kg/m |
| Carga de Diseño | 1.2D+1.6L | 2036,87 | kg/m |

Nota: Se realiza una corrección al peso de losa, ya que el peso obtenido corresponde a una losa en posición horizontal, pero la losa se encuentra inclinado a 31°.

Momentos y Armado.

Para tomar en cuenta el sismo, el momento negativo se lo asume igual al positivo:

$$M = \frac{w * l^2}{10}$$

$$M_u = \frac{2,036 T/m * 3,40^2}{10} = 2,355 T - m$$

$$d = 15 - 3 = 12cm$$

$$\rho = 0,85 * \frac{210}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 2,355 * 10^5}{0,9 * 0,85 * 210 * 120 * (12^2)}} \right) = 0,00377$$

$$A_s = 0,00377 * 120 * 12 = 5,43cm^2$$

$$7 \emptyset 10 mm = 5,50 cm^2$$

Armadura por Temperatura.

$$Asd = 0,0018 * b * t$$

$$Asd = 0,0018 * (100) * (15)$$

$$Asd = 2,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\approx 1 \text{ } \emptyset \text{ 8mm @ 20cm}$$

Análisis por Cortante.

$$Vu = \frac{2,036 \frac{\text{t}}{\text{m}} * 3.40\text{m}}{2} - 0,1 * 2,036 = 3,259 \text{ T}$$

$$vu = \frac{Vu}{\phi * b * d} = \frac{3,36 * 10^3}{0,75 * 120 * 12} = 3,11 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante que soporta el hormigón

$$vc = 0.53 * \sqrt{f'c} = 0,53 * \sqrt{210} = 7,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$vc > vu \rightarrow OK$$

Losa de Descanso.

Al diseñar las gradas en forma aislada se analiza como un pórtico, con una carga sísmica a nivel de dintel, e insistiendo que la losa de descanso este apoyada en dos columnas mínimas de 20 * 20 cm. En el sentido transversal se tiene dos columnas con dos vigas en voladizo.

$$L \text{ central} = 1,30\text{m}$$

$$L \text{ volados} = 0,60\text{m}$$

Peso por metro cuadrado de la losa de grada:

$$\frac{2,037 \text{ T/m}}{1,20\text{m}} = 1,70 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

Se realiza una generalización ya que el peso de descanso es menor al no existir peldaños sobre él.

$$w = 1,70 * \left(\frac{3,30}{2} + 0,20 \right) = 3,14 \frac{T}{m}$$

Momento negativo mayor en voladizo

$$M = \frac{w * L^2}{2} = \frac{3,14 * 0,60^2}{2} = 0,57 T - m$$

$$A_s = 1,36 \text{ cm}^2$$

El armado de la viga es igual tanto en la armadura superior como la inferior, se chequea armadura mínima, asumiendo una $b = 25 \text{ cm}$, $h = 15 \text{ cm}$.

$$A_{smin} = \frac{14}{4200} * 25 * 12 = 1 \text{ cm}^2$$

Colocar: $4\phi 12 \text{ mm}$ y $1E\phi 8 \text{ mm} @ 10 \text{ cm}$

Se chequea que la losa de descanso no falle a punzonamiento o corte en los apoyos o columnas.

Tabla 84.

Revisión por Punzonamiento y Corte de losa de descanso

| Punzonamiento | | | Corte | | |
|----------------------------|-----------|--------------------|--------------------------|-----------|--------------------|
| Descripción | Valor | Unidad | Descripción | Valor | Unidad |
| Perímetro de punzonamiento | 80 | cm | $V_{u(\text{volado i})}$ | 1,57 | T |
| V_u | 5,81 | T | $V_{u(\text{volado d})}$ | 1,19 | T |
| v_u | 7,45 | T | v_u | 6,17 | kg/cm ² |
| V_{adm} | 7,68 | kg/cm ² | V_{adm} | 7,68 | kg/cm ² |
| $V_u < V_{adm}$ | OK | | $V_u < V_{adm}$ | OK | |

Nota: El valor de esfuerzo a corte es relativo, la losa de descanso en maciza, y se puede considerar que trabaja como un elemento monolítico.

Para tomar en cuenta el sismo, el momento negativo se lo asume igual al positivo.

Columnas.

Cada columna tiene carga $P = 2,03 * (3,30/2 + 0,20) = 3,77 T$, y un momento $M = 2,36 T\cdot m$ en el sentido longitudinal, y de $0,57 T\cdot m$ en el sentido transversal. La columna tendrá una longitud de $1,45 m$, como el esfuerzo referencial a carga axial es $(3,77 * 1000)/(20 * 20) = 9,42 kg/cm^2$, se toma la decisión de diseñarla como una viga sometida a un momento de $2,36 T\cdot m$ Se coloca:

$$4\phi 12mm \text{ y } 1E\phi 8mm @10cm$$

Estructura Irregular.

- Altura de piso = $2,65m$
- Altura del descanso = $1,80 m$
- Carga viva de gradas (NEC-SE-HM, 2015) = $500 kg/m^2$
- Dimensión de huella impuesta = $0,28 m$ (Dimensión mínima $28mm$)(NTE INEN 2249, 2016).
- Dimensión de contrahuella = $0,17 m$ (Dimensión máxima $180 mm$)(NTE INEN 2249, 2016).

$$\text{número de contrahuellas} = \frac{1,80}{0,17} = 10,5$$

- Luz libre

$$L = \text{ancho del descanso} + \# \text{ peldaños} * \text{huella}$$

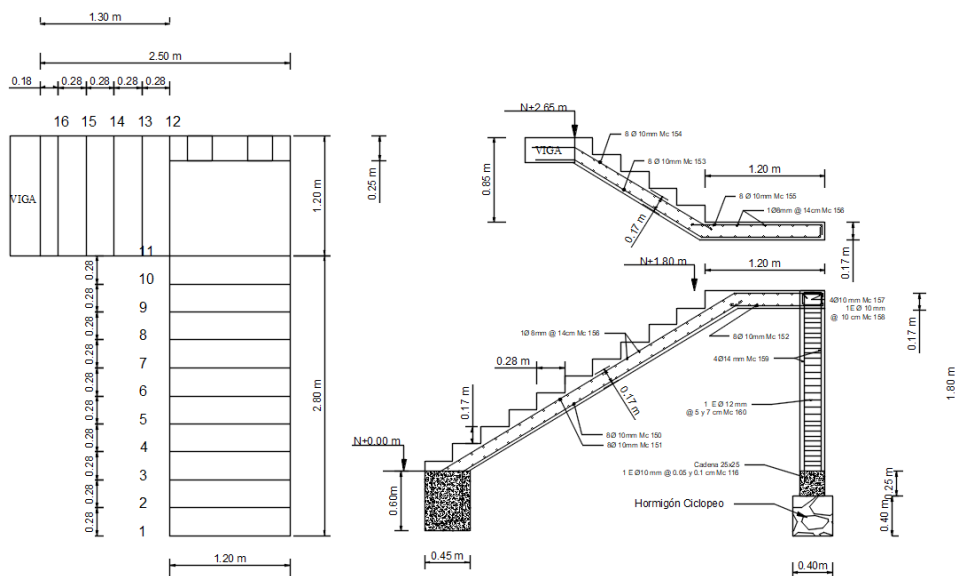
$$L = 1,20 + 10 * 0,28 m - 0,25 m = 3,75 m$$

- Luz libre a un eje

$$L = 3,25 + \frac{0,25}{2} = 3,875 m$$

Figura 142.

Vista en planta y elevación de gradas de estructura irregular



Espesor de la Losa de Grada.

Al igual que la estructura regular se asume que es un extremo continuo el arranque y llegada de la grada por estar unida a la losa o viga de entrepiso, el descanso se apoyará en dos columnas, por lo que se tiene dos extremos continuos, se utiliza el coeficiente 24 para dar mayor rigidez a la losa de la grada.

$$\frac{l}{24} = \frac{3,875}{24} = 16,1 \text{ cm}$$

$$e = 17 \text{ cm}$$

Cargas en la Grada.

Tabla 85.

Cuadro de cargas que actúan en la losa de escalera

| Descripción | Cálculo | Cantidad | Unidad |
|-----------------|---|----------|--------|
| Peso de la losa | (1,20m) (1,00 m) (0,17 m) (2400 kg/m ³) | 489,6 | kg/m |

| Descripción | Cálculo | Cantidad | Unidad |
|-------------------------------|---|----------|--------|
| Peso corregido de losa | $432 / \cos \alpha$ | 572,77 | kg/m |
| Acabados | Acabado común (100kg/m ²)(1,20) | 120,00 | kg/m |
| Peso de peldaño (p) | (3,57 p/m*0,17m*0,14m1,20m) (1700 kg/m ³) | 173,40 | kg/m |
| Barandilla | Asumido | 90,00 | kg/m |
| Carga muerta (D) | Sumatoria de las cargas anteriores | 956,17 | kg/m |
| Carga viva (L) | (500 kg/m ²) (1,20 m) | 600 | kg/m |
| Carga de Diseño | 1.2D+1.6L | 2107,41 | kg/m |

Nota: Se realiza una corrección al peso de losa, ya que el peso obtenido corresponde a una losa en posición horizontal, pero la losa se encuentra inclinado a 31°.

Momentos y Armado.

$$M = \frac{w * l^2}{10}$$

$$Mu = \frac{2,107T/m * 3,875^2}{10} = 3,164 T - m$$

$$d = 17 - 3 = 14 \text{ cm}$$

$$\rho = 0,85 * \frac{210}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 3,164 * 10^5}{0,9 * 0,85 * 210 * 120 * (14^2)}} \right) = 0,0037$$

$$As = 0,0037 * 120 * 14 = 6,25 \text{ m}^2$$

$$8 \emptyset 10 \text{ mm} = 6,28 \text{ cm}^2$$

Armadura por Temperatura.

$$Asd = 0,0018 * b * t$$

$$Asd = 0,0018 * (100) * (14)$$

$$Asd = 3,06 \text{ cm}^2/m$$

$$\approx 1 \text{ } \emptyset \text{ } 8\text{mm @ } 14\text{cm}$$

Análisis por Cortante.

$$Vu = \frac{2,107 * 3,875\text{m}}{2} - 0,1 * 2,107 = 3,87 \text{ T}$$

$$vu = \frac{Vu}{\phi * b * d} = \frac{3,87 * 10^3}{0,75 * 120 * 14} = 3,07 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante que soporta el hormigón:

$$vc = 0,53 * \sqrt{f'c} = 0,53 * \sqrt{210} = 7,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$vc > vu \rightarrow OK$$

Losa de Descanso.

Al diseñar las gradas en forma aislada se analiza como un pórtico, con una carga sísmica a nivel de dintel, e insistiendo que la losa de descanso este apoyada en dos columnas mínimas de 25 x 25 cm. En el sentido transversal se tiene dos columnas con una viga banda.

$$L \text{ central} = 0,60 \text{ m}$$

$$L \text{ volados} = 0,30 \text{ m}$$

Peso por metro cuadrado de la losa de grada:

$$\frac{2,107 \text{ T/m}}{1,20\text{m}} = 1,76 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

Se realiza una generalización ya que el peso de descanso es menor al no existir peldaños sobre él.

$$w = 1,76 * \left(\frac{3,75}{2} + 0,20 \right) = 3,64 \frac{\text{T}}{\text{m}}$$

Momento negativo en voladizo

$$M(-) = \frac{w * L^2}{2} = \frac{3,64 * 0,30^2}{2} = 0,16 \text{ T - m}$$

$$A_s = 0,31 \text{ cm}^2$$

El armado de la viga es igual tanto en la armadura superior como la inferior, se chequea armadura mínima, asumiendo una $b = 25 \text{ cm}$, $h = 17 \text{ cm}$.

$$A_{smin} = \frac{14}{4200} * 25 * 15 = 1,16 \text{ cm}^2$$

Colocar: $4\phi 10 \text{ mm}$ y $1E\phi 10 \text{ mm @ } 10 \text{ cm}$

Se chequea que la losa de descanso no falle a punzonamiento o corte

Tabla 86.

Revisión por punzonamiento y corte en losa de descanso

| Punzonamiento | | | Corte | | |
|----------------------------|-------|--------------------|-------------|-------|--------------------|
| Descripción | Valor | Unidad | Descripción | Valor | Unidad |
| Perímetro de punzonamiento | 103 | cm | Vu(volado) | 0,58 | T |
| Vu | 7,29 | T | Vu(central) | 0,58 | T |
| vu | 6,74 | T | vu | 2,22 | kg/cm ² |
| vadm | 7,68 | kg/cm ² | vadm | 7,68 | kg/cm ² |
| vu<vadm | | OK | vu<vadm | | OK |

Nota: El valor de esfuerzo a corte es relativo, la losa de descanso en maciza, y se puede considerar que trabaja como un elemento monolítico.

Columnas.

Cada columna tiene carga $P = 2,107 * (3,75/2 + 0,20) = 4,37 \text{ T}$, y un momento $M = 3,164 \text{ T-m}$ en el sentido longitudinal, y de $0,16 \text{ T-m}$ en el sentido transversal. La columna tendrá una longitud de $1,80 \text{ m}$, como el esfuerzo referencial a carga axial es $(4,37 * 1000)/(25 * 25) = 6,99 \text{ kg/cm}^2$, se toma la decisión de diseñarla como una viga sometida a un momento de $3,16 \text{ T-m}$. Se coloca:

$4 \phi 14 \text{ mm}$ y $1E\phi 12 \text{ mm @ } 5 \text{ y } 7 \text{ cm}$

Sistema de muros portantes de hormigón armado

Diseño de Muros Portantes de Hormigón

De acuerdo con el predimensionamiento se realizará el diseño de muros con un espesor de 15 cm y una altura de 265 cm, para iniciar el diseño se debe verificar si se necesita elementos de confinamiento, los cuales son necesario cuando los esfuerzos de compresión superan al 20% de la resistencia del hormigón ($f'c$), a partir de la siguiente formula:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Pu}{A} + \frac{Mu * y}{I}$$

Tabla 87.

Verificación de elementos de borde estructura regular

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | s max | 20%*f'c | Chequeo |
|-------|------|------|-------|-------|-------|--------------------|---------|---------|
| | | m | T | T | T | kg/cm ² | | |
| Eje 1 | M02 | 3,60 | 23,56 | 14,55 | 31,11 | 4,83 | 42,00 | No |
| | M04 | 4,05 | 20,95 | 12,08 | 39,07 | 3,84 | 42,00 | No |
| | M06 | 3,60 | 23,55 | 14,55 | 31,09 | 4,83 | 42,00 | No |
| Eje 2 | M08 | 2,13 | 20,20 | 6,18 | 11,62 | 6,54 | 42,00 | No |
| | M11 | 3,60 | 31,68 | 20,42 | 32,75 | 6,53 | 42,00 | No |
| | M12 | 3,60 | 31,66 | 20,43 | 32,77 | 6,52 | 42,00 | No |
| | M15 | 2,13 | 20,19 | 6,18 | 11,62 | 6,53 | 42,00 | No |
| Eje 3 | M19 | 4,48 | 22,14 | 8,90 | 16,70 | 3,58 | 42,00 | No |
| | M20 | 2,53 | 24,97 | 7,84 | 16,24 | 6,85 | 42,00 | No |
| | M21 | 1,63 | 17,41 | 4,88 | 8,06 | 7,30 | 42,00 | No |
| | M22 | 1,63 | 17,40 | 4,88 | 8,06 | 7,29 | 42,00 | No |
| | M23 | 2,53 | 24,92 | 7,81 | 16,23 | 6,83 | 42,00 | No |
| | M24 | 2,48 | 22,19 | 8,92 | 16,70 | 6,26 | 42,00 | No |
| | M32 | 4,30 | 30,24 | 14,34 | 49,36 | 5,15 | 42,00 | No |

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | s max | 20%*f'c | Chequeo |
|--------|------|------|-------|-------|-------|--------------------|---------|---------|
| | | m | T | T | T | kg/cm ² | | |
| | M33 | 1,05 | 10,51 | 1,78 | 2,96 | 6,73 | 42,00 | No |
| | M34 | 2,10 | 19,11 | 4,28 | 10,25 | 6,21 | 42,00 | No |
| | M35 | 1,05 | 10,51 | 1,77 | 2,94 | 6,73 | 42,00 | No |
| | M36 | 4,30 | 30,22 | 14,34 | 49,34 | 5,15 | 42,00 | No |
| Eje A | M16 | 4,58 | 35,34 | 15,17 | 34,77 | 5,64 | 42,00 | No |
| | M25 | 3,73 | 31,89 | 12,62 | 24,65 | 6,11 | 42,00 | No |
| Eje B | M01 | 1,00 | 11,57 | 1,57 | 2,32 | 7,76 | 42,00 | No |
| | M09 | 4,43 | 37,30 | 10,55 | 32,62 | 5,96 | 42,00 | No |
| | M26 | 3,73 | 25,70 | 10,95 | 23,17 | 4,95 | 42,00 | No |
| Eje C | M03 | 3,03 | 28,66 | 7,53 | 13,94 | 6,56 | 42,00 | No |
| | M10 | 2,03 | 28,15 | 4,79 | 7,63 | 9,42 | 42,00 | No |
| | M27 | 3,65 | 27,93 | 10,74 | 21,29 | 5,45 | 42,00 | No |
| Eje C' | M37 | 2,68 | 16,60 | 9,34 | 13,22 | 4,44 | 42,00 | No |
| Eje D | M17 | 4,50 | 28,65 | 16,77 | 26,47 | 4,78 | 42,00 | No |
| | M28 | 3,65 | 29,07 | 13,61 | 20,78 | 5,75 | 42,00 | No |
| Eje D' | M38 | 2,68 | 16,66 | 9,29 | 13,18 | 4,45 | 42,00 | No |
| Eje E | M05 | 3,03 | 28,65 | 7,52 | 13,93 | 6,56 | 42,00 | No |
| | M13 | 2,03 | 28,12 | 4,79 | 7,63 | 9,41 | 42,00 | No |
| | M29 | 3,65 | 27,93 | 10,73 | 21,29 | 5,45 | 42,00 | No |
| Eje F | M07 | 1,00 | 11,57 | 1,57 | 2,32 | 7,76 | 42,00 | No |
| | M14 | 4,43 | 37,35 | 10,56 | 32,64 | 5,97 | 42,00 | No |
| | M30 | 3,73 | 25,66 | 10,94 | 23,18 | 4,94 | 42,00 | No |
| Eje G | M18 | 4,58 | 35,32 | 15,17 | 34,79 | 5,64 | 42,00 | No |
| | M31 | 3,73 | 31,92 | 12,63 | 24,67 | 6,12 | 42,00 | No |

Nota: En el cuadro se muestra la verificación de elementos de borde de cada muro, como se observa ninguno requiere dicho elemento.

Tabla 88.

Verificación de elementos de borde estructura irregular

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | s max | 20%*f'c | Chequeo |
|----------------|------|------|-------|-------|-------|--------------------|---------|---------|
| | | m | T | T | T | kg/cm ² | | |
| | M21 | 2,35 | 15,65 | 15,43 | 5,47 | 4,94 | 42,00 | No |
| Eje 1 | M22 | 4,10 | 23,84 | 55,85 | 13,86 | 5,68 | 42,00 | No |
| | M23 | 2,60 | 20,63 | 20,80 | 7,78 | 5,96 | 42,00 | No |
| Eje 1,1 | M20 | 3,00 | 29,60 | 26,61 | 13,00 | 7,44 | 42,00 | No |
| | M17 | 3,05 | 17,75 | 26,16 | 7,92 | 4,72 | 42,00 | No |
| Eje 2 | M18 | 1,65 | 15,73 | 7,85 | 5,15 | 6,61 | 42,00 | No |
| | M19 | 3,09 | 29,47 | 28,17 | 12,26 | 7,27 | 42,00 | No |
| Eje 3 | M15 | 4,00 | 28,87 | 49,10 | 14,33 | 6,39 | 42,00 | No |
| | M16 | 2,85 | 19,72 | 25,33 | 12,59 | 5,43 | 42,00 | No |
| | M8 | 1,25 | 18,51 | 5,10 | 2,98 | 10,04 | 42,00 | No |
| Eje 4 | M9 | 2,50 | 19,79 | 17,17 | 5,86 | 5,83 | 42,00 | No |
| | M10 | 2,05 | 16,41 | 10,78 | 4,06 | 5,68 | 42,00 | No |
| | M11 | 0,80 | 5,96 | 2,16 | 1,41 | 5,04 | 42,00 | No |
| Eje A | M1 | 3,50 | 29,51 | 43,62 | 19,13 | 7,03 | 42,00 | No |
| Eje B | M2 | 2,35 | 19,35 | 15,85 | 7,95 | 6,00 | 42,00 | No |
| Eje B' | M3 | 3,65 | 27,18 | 37,37 | 15,57 | 6,17 | 42,00 | No |
| Eje C | M4 | 3,65 | 21,98 | 29,55 | 18,56 | 4,97 | 42,00 | No |
| Eje D | M5 | 3,65 | 25,59 | 24,23 | 10,58 | 5,46 | 42,00 | No |
| Eje E | M6 | 2,50 | 26,77 | 11,26 | 5,37 | 7,50 | 42,00 | No |
| | M7 | 3,35 | 28,09 | 19,95 | 7,02 | 6,23 | 42,00 | No |

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | s max | 20%*f'c | Chequeo |
|-------|------|------|-------|-------|-------|--------------------|---------|---------|
| | | m | T | T | T | kg/cm ² | | |
| | M12 | 4,65 | 31,88 | 25,91 | 12,58 | 5,41 | 42,00 | No |
| Eje J | M13 | 3,77 | 28,42 | 18,31 | 11,95 | 5,62 | 42,00 | No |
| | M14 | 3,61 | 25,43 | 17,29 | 10,38 | 5,25 | 42,00 | No |

Nota: En el cuadro se muestra la verificación de elementos de borde de cada muro, como se observa ninguno requiere dicho elemento.

Análisis por Flexo – Compresión.

Para el diseño a flexo compresión se aplicará la cuantía obtenida por el programa ETABS, la cual es de 0,0025, que además representa el valor mínimo estipulado para muros por la norma ACI, obtenido con la siguiente formula:

$$A_{s_{min}} = 0,0025 * Av$$

$$A_{s_{min}} = 0,0025 * 15 * 100 = 3,75 \text{ cm}^2$$

Como se tiene 2 filas de acero de refuerzo se procede a repartir la mitad para cada fila teniendo un valor de 1,875 cm², de igual manera se define la separación del acero, como se mencionó anteriormente, la separación máxima es de 45 cm o 3 veces el espesor del muro, por lo que el espaciamiento resultante es de 45cm. Finalmente se obtiene la armadura requerida la cual es 2 \emptyset 10mm @ 45cm.

Análisis por Cortante.

Para el análisis por cortante se debe encontrar el Vu de diseño se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Vu \text{ diseño} = Vu * \frac{Mn}{Mu}$$

Sin embargo, cuando el valor de la relación M_n/M_u es mayor que el factor R utilizado para el cálculo del cortante basal se utiliza el factor R , obteniendo la siguiente fórmula:

$$Vu \text{ diseño} = Vu * R$$

Tabla 89.

Valores obtenidos de Vu diseño para estructura regular

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vu diseño |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-----------|
| | | m | T | T | T | T |
| Eje 1 | M02 | 3,60 | 23,56 | 14,55 | 31,11 | 93,32 |
| | M04 | 4,05 | 20,95 | 12,08 | 39,07 | 117,22 |
| | M06 | 3,60 | 23,55 | 14,55 | 31,09 | 93,26 |
| Eje 2 | M08 | 2,13 | 20,20 | 6,18 | 11,62 | 34,87 |
| | M11 | 3,60 | 31,68 | 20,42 | 32,75 | 98,25 |
| | M12 | 3,60 | 31,66 | 20,43 | 32,77 | 98,32 |
| | M15 | 2,13 | 20,19 | 6,18 | 11,62 | 34,85 |
| Eje 3 | M19 | 4,48 | 22,14 | 8,90 | 16,70 | 50,09 |
| | M20 | 2,53 | 24,97 | 7,84 | 16,24 | 48,71 |
| | M21 | 1,63 | 17,41 | 4,88 | 8,06 | 24,17 |
| | M22 | 1,63 | 17,40 | 4,88 | 8,06 | 24,18 |
| | M23 | 2,53 | 24,92 | 7,81 | 16,23 | 48,69 |
| | M24 | 2,48 | 22,19 | 8,92 | 16,70 | 50,11 |
| Eje 4 | M32 | 4,30 | 30,24 | 14,34 | 49,36 | 148,07 |
| | M33 | 1,05 | 10,51 | 1,78 | 2,96 | 8,87 |
| | M34 | 2,10 | 19,11 | 4,28 | 10,25 | 30,76 |
| | M35 | 1,05 | 10,51 | 1,77 | 2,94 | 8,82 |
| | M36 | 4,30 | 30,22 | 14,34 | 49,34 | 148,02 |
| Eje A | M16 | 4,58 | 35,34 | 15,17 | 34,77 | 104,30 |

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vu diseño |
|--------|------|------|-------|-------|-------|-----------|
| | | m | T | T | T | T |
| | M25 | 3,73 | 31,89 | 12,62 | 24,65 | 73,96 |
| | M01 | 1,00 | 11,57 | 1,57 | 2,32 | 6,96 |
| Eje B | M09 | 4,43 | 37,30 | 10,55 | 32,62 | 97,86 |
| | M26 | 3,73 | 25,70 | 10,95 | 23,17 | 69,51 |
| | M03 | 3,03 | 28,66 | 7,53 | 13,94 | 41,83 |
| Eje C | M10 | 2,03 | 28,15 | 4,79 | 7,63 | 22,89 |
| | M27 | 3,65 | 27,93 | 10,74 | 21,29 | 63,88 |
| Eje C' | M37 | 2,68 | 16,60 | 9,34 | 13,22 | 39,65 |
| | M17 | 4,50 | 28,65 | 16,77 | 26,47 | 79,40 |
| Eje D | M28 | 3,65 | 29,07 | 13,61 | 20,78 | 62,33 |
| | M38 | 2,68 | 16,66 | 9,29 | 13,18 | 39,54 |
| | M05 | 3,03 | 28,65 | 7,52 | 13,93 | 41,80 |
| Eje E | M13 | 2,03 | 28,12 | 4,79 | 7,63 | 22,88 |
| | M29 | 3,65 | 27,93 | 10,73 | 21,29 | 63,88 |
| | M07 | 1,00 | 11,57 | 1,57 | 2,32 | 6,96 |
| Eje F | M14 | 4,43 | 37,35 | 10,56 | 32,64 | 97,92 |
| | M30 | 3,73 | 25,66 | 10,94 | 23,18 | 69,54 |
| | M18 | 4,58 | 35,32 | 15,17 | 34,79 | 104,38 |
| Eje G | M31 | 3,73 | 31,92 | 12,63 | 24,67 | 74,00 |

Tabla 90.

Valores obtenidos de Vu diseño para estructura irregular

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vu diseño |
|-------|------|------|-------|-------|------|-----------|
| | | m | T | T | T | T |
| Eje 1 | M21 | 2,35 | 15,65 | 15,43 | 5,47 | 16,40 |

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vu diseño |
|----------------|------|------|-------|-------|-------|-----------|
| | | m | T | T | T | T |
| | M22 | 4,10 | 23,84 | 55,85 | 13,86 | 41,57 |
| | M23 | 2,60 | 20,62 | 20,80 | 7,78 | 23,35 |
| Eje 1,1 | M20 | 3,00 | 29,60 | 26,61 | 13,00 | 38,99 |
| | M17 | 3,05 | 17,75 | 26,16 | 7,92 | 23,77 |
| Eje 2 | M18 | 1,65 | 15,73 | 7,85 | 5,15 | 15,46 |
| | M19 | 3,09 | 29,47 | 28,17 | 12,26 | 36,78 |
| Eje 3 | M15 | 4,00 | 28,86 | 49,10 | 14,33 | 42,98 |
| | M16 | 2,85 | 19,72 | 25,33 | 12,59 | 37,78 |
| | M8 | 1,25 | 18,51 | 5,10 | 2,97 | 8,92 |
| Eje 4 | M9 | 2,50 | 19,79 | 17,17 | 5,85 | 17,56 |
| | M10 | 2,05 | 16,41 | 10,78 | 4,06 | 12,17 |
| | M11 | 0,80 | 5,96 | 2,16 | 1,41 | 4,22 |
| Eje A | M1 | 3,50 | 29,51 | 43,62 | 19,13 | 57,39 |
| Eje B | M2 | 2,35 | 19,35 | 15,85 | 7,95 | 23,86 |
| Eje B' | M3 | 3,65 | 27,18 | 37,37 | 15,57 | 46,71 |
| Eje C | M4 | 3,65 | 21,98 | 29,55 | 18,56 | 55,68 |
| Eje D | M5 | 3,65 | 25,59 | 24,23 | 10,58 | 31,73 |
| Eje E | M6 | 2,50 | 26,76 | 11,26 | 5,37 | 16,10 |
| | M7 | 3,35 | 28,09 | 19,95 | 7,02 | 21,07 |
| | M12 | 4,65 | 31,88 | 25,91 | 12,58 | 37,73 |
| Eje J | M13 | 3,77 | 28,42 | 18,31 | 11,95 | 35,84 |
| | M14 | 3,61 | 25,43 | 17,29 | 10,38 | 31,15 |

Además, se deberá cumplir con la siguiente condición establecida por el ACI para el diseño por cortante:

$$\phi V_n \geq V_u$$

La expresión anterior establece que el cortante nominal debe ser mayor que el cortante último, por lo que el cortante nominal se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$V_n = V_c + V_s$$

Para el cálculo de V_c , se utiliza una fórmula simplificada establecida por el código ACI, obteniendo lo siguiente:

$$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f'_c} * h * d$$

Donde:

λ : Factor de acuerdo con el tipo de hormigón.

h : Espesor de muro.

d : Peralte del muro, equivalente a 0,8 de la longitud del muro.

Además, se debe verificar que el valor V_c calculado no sea mayor que el $V_{c_{máx}}$, tomando en consideración que el cortante nominal es la suma de V_c y V_s , por lo tanto, el $V_{c_{máx}}$ está dado por la siguiente fórmula:

$$V_{c_{max}} = A_{cv} (\alpha \lambda \sqrt{f'_c})$$

Donde:

A_{cv} : Área bruta de la sección

αc : Coeficiente de acuerdo con la relación entre espesor y longitud

Para encontrar el valor de αc , se debe conocer la relación de aspecto de los muros para lo cual se divide la altura sobre la longitud de cada elemento, y de acuerdo con el resultado se puede obtener el valor en base a la siguiente tabla:

Tabla 91.*Valores para el coeficiente αc*

| αc | Hw/Lw |
|------------|---------|
| 0,8 | <1,5 |
| 0,53 | >2 |
| 0,8 - 0,53 | 1,5 - 2 |

Nota: En el cuadro se presenta los valores para el coeficiente αc , de acuerdo con la relación de aspecto de cada muro Adoptado de:(ACI Committee 318, 2019).

Tabla 92.*Comprobación $V_c - V_{c_{max}}$ para estructura regular*

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vc | Hw/Lw | Acv | Vcmax | Chequeo |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|---------|
| | | m | T | T | T | T | m/m | m ² | T | |
| Eje 1 | M02 | 3,60 | 23,56 | 14,55 | 31,11 | 33,18 | 0,74 | 0,54 | 62,60 | OK |
| | M04 | 4,05 | 20,95 | 12,08 | 39,07 | 37,33 | 0,65 | 0,61 | 70,43 | OK |
| | M06 | 3,60 | 23,55 | 14,55 | 31,09 | 33,18 | 0,74 | 0,54 | 62,60 | OK |
| Eje 2 | M08 | 2,13 | 20,20 | 6,18 | 11,62 | 19,59 | 1,25 | 0,32 | 36,95 | OK |
| | M11 | 3,60 | 31,68 | 20,42 | 32,75 | 33,18 | 0,74 | 0,54 | 62,60 | OK |
| | M12 | 3,60 | 31,66 | 20,43 | 32,77 | 33,18 | 0,74 | 0,54 | 62,60 | OK |
| | M15 | 2,13 | 20,19 | 6,18 | 11,62 | 19,59 | 1,25 | 0,32 | 36,95 | OK |
| Eje 3 | M19 | 4,48 | 22,14 | 8,90 | 16,70 | 41,24 | 0,59 | 0,67 | 77,82 | OK |
| | M20 | 2,53 | 24,97 | 7,84 | 16,24 | 23,27 | 1,05 | 0,38 | 43,91 | OK |
| | M21 | 1,63 | 17,41 | 4,88 | 8,06 | 14,98 | 1,63 | 0,24 | 28,26 | OK |
| | M22 | 1,63 | 17,40 | 4,88 | 8,06 | 14,98 | 1,63 | 0,24 | 28,26 | OK |
| | M23 | 2,53 | 24,92 | 7,81 | 16,23 | 23,27 | 1,05 | 0,38 | 43,91 | OK |
| | M24 | 2,48 | 22,19 | 8,92 | 16,70 | 22,81 | 1,07 | 0,37 | 43,04 | OK |

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vc | Hw/Lw | Acv | Vcmax | Chequeo |
|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|---------|
| | | m | T | T | T | T | m/m | m ² | T | |
| Eje 4 | M32 | 4,30 | 30,24 | 14,34 | 49,36 | 39,63 | 0,62 | 0,65 | 74,78 | OK |
| | M33 | 1,05 | 10,51 | 1,78 | 2,96 | 9,68 | 2,52 | 0,16 | 18,26 | OK |
| | M34 | 2,10 | 19,11 | 4,28 | 10,25 | 19,35 | 1,26 | 0,32 | 36,52 | OK |
| | M35 | 1,05 | 10,51 | 1,77 | 2,94 | 9,68 | 2,52 | 0,16 | 18,26 | OK |
| | M36 | 4,30 | 30,22 | 14,34 | 49,34 | 39,63 | 0,62 | 0,65 | 74,78 | OK |
| Eje A | M16 | 4,58 | 35,34 | 15,17 | 34,77 | 42,17 | 0,58 | 0,69 | 79,56 | OK |
| | M25 | 3,73 | 31,89 | 12,62 | 24,65 | 34,33 | 0,71 | 0,56 | 64,78 | OK |
| Eje B | M01 | 1,00 | 11,57 | 1,57 | 2,32 | 9,22 | 2,65 | 0,15 | 17,39 | OK |
| | M09 | 4,43 | 37,30 | 10,55 | 32,62 | 40,78 | 0,60 | 0,66 | 76,95 | OK |
| | M26 | 3,73 | 25,70 | 10,95 | 23,17 | 34,33 | 0,71 | 0,56 | 64,78 | OK |
| Eje C | M03 | 3,03 | 28,66 | 7,53 | 13,94 | 27,88 | 0,88 | 0,45 | 52,60 | OK |
| | M10 | 2,03 | 28,15 | 4,79 | 7,63 | 18,66 | 1,31 | 0,30 | 35,21 | OK |
| | M27 | 3,65 | 27,93 | 10,74 | 21,29 | 33,64 | 0,73 | 0,55 | 63,47 | OK |
| Eje C' | M37 | 2,68 | 16,60 | 9,34 | 13,22 | 24,65 | 0,99 | 0,40 | 46,52 | OK |
| Eje D | M17 | 4,50 | 28,65 | 16,77 | 26,47 | 41,47 | 0,59 | 0,68 | 78,25 | OK |
| | M28 | 3,65 | 29,07 | 13,61 | 20,78 | 33,64 | 0,73 | 0,55 | 63,47 | OK |
| Eje D' | M38 | 2,68 | 16,66 | 9,29 | 13,18 | 24,65 | 0,99 | 0,40 | 46,52 | OK |
| Eje E | M05 | 3,03 | 28,65 | 7,52 | 13,93 | 27,88 | 0,88 | 0,45 | 52,60 | OK |
| | M13 | 2,03 | 28,12 | 4,79 | 7,63 | 18,66 | 1,31 | 0,30 | 35,21 | OK |
| | M29 | 3,65 | 27,93 | 10,73 | 21,29 | 33,64 | 0,73 | 0,55 | 63,47 | OK |
| Eje F | M07 | 1,00 | 11,57 | 1,57 | 2,32 | 9,22 | 2,65 | 0,15 | 17,39 | OK |
| | M14 | 4,43 | 37,35 | 10,56 | 32,64 | 40,78 | 0,60 | 0,66 | 76,95 | OK |
| | M30 | 3,73 | 25,66 | 10,94 | 23,18 | 34,33 | 0,71 | 0,56 | 64,78 | OK |
| Eje G | M18 | 4,58 | 35,32 | 15,17 | 34,79 | 42,17 | 0,58 | 0,69 | 79,56 | OK |
| | M31 | 3,73 | 31,92 | 12,63 | 24,67 | 34,33 | 0,71 | 0,56 | 64,78 | OK |

Nota: Se presenta la comprobación de V_c con el $V_{c_{max}}$, se usó un valor 0,8 para el coeficiente α_c , en todos los cálculos.

Tabla 93.

Comprobación $V_c - V_{c_{max}}$ para estructura irregular

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vc | Hw/Lw | Acv | Vcmax | Chequeo |
|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|---------|
| | | m | T | T | T | T | m/m | m ² | T | |
| Eje 1 | M21 | 2,35 | 15,65 | 15,43 | 5,47 | 21,66 | 1,13 | 0,35 | 40,86 | OK |
| | M22 | 4,10 | 23,84 | 55,85 | 13,86 | 37,79 | 0,65 | 0,62 | 71,29 | OK |
| | M23 | 2,60 | 20,62 | 20,80 | 7,78 | 23,96 | 1,02 | 0,39 | 45,21 | OK |
| Eje 1,1 | M20 | 3,00 | 29,60 | 26,61 | 13,00 | 27,65 | 0,88 | 0,45 | 52,16 | OK |
| Eje 2 | M17 | 3,05 | 17,75 | 26,16 | 7,92 | 28,11 | 0,87 | 0,46 | 53,03 | OK |
| | M18 | 1,65 | 15,73 | 7,85 | 5,15 | 15,21 | 1,61 | 0,25 | 28,69 | OK |
| | M19 | 3,09 | 29,47 | 28,17 | 12,26 | 28,48 | 0,86 | 0,46 | 53,73 | OK |
| Eje 3 | M15 | 4,00 | 28,86 | 49,10 | 14,33 | 36,87 | 0,66 | 0,60 | 69,55 | OK |
| | M16 | 2,85 | 19,72 | 25,33 | 12,59 | 26,27 | 0,93 | 0,43 | 49,56 | OK |
| Eje 4 | M8 | 1,25 | 18,51 | 5,10 | 2,97 | 11,52 | 2,12 | 0,19 | 21,73 | OK |
| | M9 | 2,50 | 19,79 | 17,17 | 5,85 | 23,04 | 1,06 | 0,38 | 43,47 | OK |
| | M10 | 2,05 | 16,41 | 10,78 | 4,06 | 18,89 | 1,29 | 0,31 | 35,64 | OK |
| | M11 | 0,80 | 5,96 | 2,16 | 1,41 | 7,37 | 3,31 | 0,12 | 13,91 | OK |
| Eje A | M1 | 3,50 | 29,51 | 43,62 | 19,13 | 32,26 | 0,76 | 0,53 | 60,86 | OK |
| Eje B | M2 | 2,35 | 19,35 | 15,85 | 7,95 | 21,66 | 1,13 | 0,35 | 40,86 | OK |
| Eje B' | M3 | 3,65 | 27,18 | 37,37 | 15,57 | 33,64 | 0,73 | 0,55 | 63,47 | OK |
| Eje C | M4 | 3,65 | 21,98 | 29,55 | 18,56 | 33,64 | 0,73 | 0,55 | 63,47 | OK |
| Eje D | M5 | 3,65 | 25,59 | 24,23 | 10,58 | 33,64 | 0,73 | 0,55 | 63,47 | OK |
| Eje E | M6 | 2,50 | 26,76 | 11,26 | 5,37 | 23,04 | 1,06 | 0,38 | 43,47 | OK |
| | M7 | 3,35 | 28,09 | 19,95 | 7,02 | 30,88 | 0,79 | 0,50 | 58,25 | OK |
| Eje J | M12 | 4,65 | 31,88 | 25,91 | 12,58 | 42,83 | 0,57 | 0,70 | 80,81 | OK |

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vc | Hw/Lw | Acv | Vcmax | Chequeo |
|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|---------|
| | | m | T | T | T | T | m/m | m ² | T | |
| | M13 | 3,77 | 28,42 | 18,31 | 11,95 | 34,74 | 0,70 | 0,57 | 65,54 | OK |
| | M14 | 3,61 | 25,43 | 17,29 | 10,38 | 33,31 | 0,73 | 0,54 | 62,84 | OK |

Nota: Se presenta la comprobación de V_c con el $V_{c_{max}}$, se usó un valor 0,8 para el coeficiente α_c , en todos los cálculos.

Con los valores obtenidos anteriormente, se puede calcular el valor de V_s , mediante la siguiente expresión:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_c + V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Además, se podrá conocer la cuantía necesaria para el refuerzo establecido por el ACI, mediante la expresión, $V_u \geq 0,5 V_c \phi$, en donde al cumplir con la condición se obtiene un valor de $\rho_{min} = 0,00250$. Con la cuantía se procede a calcular un nuevo valor de V_s , el cual está dado por la siguiente fórmula:

$$V_s(d) = \rho_{min} * b * h * f_y$$

De esta manera se obtendrá un nuevo valor de V_n , que viene dado por la siguiente expresión:

$$V_n = v_c + v_s$$

Y el cual se comparará con el $V_{n_{max}}$, el cual está dado por la siguiente fórmula:

$$V_{n_{max}} = 2,65 \sqrt{f'_c} * b * h$$

Tabla 94.

Comprobación $V_n - V_{n_{max}}$ para estructura regular

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vs | Vs(d) | Vn | Vn | Chequeo |
|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|---------|
| | | m | T | T | T | T | T | T | max | |
| Eje 1 | M02 | 3,60 | 23,56 | 14,55 | 31,11 | 76,61 | 56,70 | 89,88 | 165,90 | OK |
| | M04 | 4,05 | 20,95 | 12,08 | 39,07 | 100,58 | 63,79 | 101,11 | 186,63 | OK |
| | M06 | 3,60 | 23,55 | 14,55 | 31,09 | 76,54 | 56,70 | 89,88 | 165,90 | OK |
| Eje 2 | M08 | 2,13 | 20,20 | 6,18 | 11,62 | 21,44 | 33,47 | 53,05 | 97,93 | OK |
| | M11 | 3,60 | 31,68 | 20,42 | 32,75 | 82,40 | 56,70 | 89,88 | 165,90 | OK |
| | M12 | 3,60 | 31,66 | 20,43 | 32,77 | 82,49 | 56,70 | 89,88 | 165,90 | OK |
| | M15 | 2,13 | 20,19 | 6,18 | 11,62 | 21,42 | 33,47 | 53,05 | 97,93 | OK |
| Eje 3 | M19 | 4,48 | 22,14 | 8,90 | 16,70 | 17,69 | 70,48 | 111,73 | 206,22 | OK |
| | M20 | 2,53 | 24,97 | 7,84 | 16,24 | 34,04 | 39,77 | 63,04 | 116,36 | OK |
| | M21 | 1,63 | 17,41 | 4,88 | 8,06 | 13,46 | 25,59 | 40,57 | 74,88 | OK |
| | M22 | 1,63 | 17,40 | 4,88 | 8,06 | 13,47 | 25,59 | 40,57 | 74,88 | OK |
| | M23 | 2,53 | 24,92 | 7,81 | 16,23 | 34,01 | 39,77 | 63,04 | 116,36 | OK |
| | M24 | 2,48 | 22,19 | 8,92 | 16,70 | 36,14 | 38,98 | 61,79 | 114,05 | OK |
| Eje 4 | M32 | 4,30 | 30,24 | 14,34 | 49,36 | 134,57 | 67,73 | 107,36 | 198,16 | OK |
| | M33 | 1,05 | 10,51 | 1,78 | 2,96 | 0,75 | 16,54 | 26,21 | 48,39 | OK |
| | M34 | 2,10 | 19,11 | 4,28 | 10,25 | 16,84 | 33,08 | 52,43 | 96,77 | OK |
| | M35 | 1,05 | 10,51 | 1,77 | 2,94 | 0,70 | 16,54 | 26,21 | 48,39 | OK |
| | M36 | 4,30 | 30,22 | 14,34 | 49,34 | 134,50 | 67,73 | 107,36 | 198,16 | OK |
| Eje A | M16 | 4,58 | 35,34 | 15,17 | 34,77 | 80,54 | 72,06 | 114,22 | 210,83 | OK |
| | M25 | 3,73 | 31,89 | 12,62 | 24,65 | 52,68 | 58,67 | 93,00 | 171,66 | OK |
| Eje B | M01 | 1,00 | 11,57 | 1,57 | 2,32 | 1,03 | 15,75 | 24,97 | 46,08 | OK |
| | M09 | 4,43 | 37,30 | 10,55 | 32,62 | 74,35 | 69,69 | 110,48 | 203,92 | OK |

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vs | Vs(d) | Vn | Vn | Chequeo |
|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|
| | | m | T | T | T | T | T | T | max | |
| | M26 | 3,73 | 25,70 | 10,95 | 23,17 | 47,44 | 58,67 | 93,00 | 171,66 | OK |
| | M03 | 3,03 | 28,66 | 7,53 | 13,94 | 21,33 | 47,64 | 75,52 | 139,40 | OK |
| Eje C | M10 | 2,03 | 28,15 | 4,79 | 7,63 | 8,27 | 31,89 | 50,56 | 93,32 | OK |
| | M27 | 3,65 | 27,93 | 10,74 | 21,29 | 41,51 | 57,49 | 91,13 | 168,20 | OK |
| Eje C' | M37 | 2,68 | 16,60 | 9,34 | 13,22 | 21,99 | 42,13 | 66,79 | 123,27 | OK |
| | M17 | 4,50 | 28,65 | 16,77 | 26,47 | 51,94 | 70,88 | 112,35 | 207,37 | OK |
| Eje D | M28 | 3,65 | 29,07 | 13,61 | 20,78 | 39,69 | 57,49 | 91,13 | 168,20 | OK |
| Eje D' | M38 | 2,68 | 16,66 | 9,29 | 13,18 | 21,86 | 42,13 | 66,79 | 123,27 | OK |
| | M05 | 3,03 | 28,65 | 7,52 | 13,93 | 21,30 | 47,64 | 75,52 | 139,40 | OK |
| Eje E | M13 | 2,03 | 28,12 | 4,79 | 7,63 | 8,26 | 31,89 | 50,56 | 93,32 | OK |
| | M29 | 3,65 | 27,93 | 10,73 | 21,29 | 41,52 | 57,49 | 91,13 | 168,20 | OK |
| | M07 | 1,00 | 11,57 | 1,57 | 2,32 | 1,03 | 15,75 | 24,97 | 46,08 | OK |
| Eje F | M14 | 4,43 | 37,35 | 10,56 | 32,64 | 74,41 | 69,69 | 110,48 | 203,92 | OK |
| | M30 | 3,73 | 25,66 | 10,94 | 23,18 | 47,48 | 58,67 | 93,00 | 171,66 | OK |
| | M18 | 4,58 | 35,32 | 15,17 | 34,79 | 80,63 | 72,06 | 114,22 | 210,83 | OK |
| Eje G | M31 | 3,73 | 31,92 | 12,63 | 24,67 | 52,73 | 58,67 | 93,00 | 171,66 | OK |

Nota: Se presenta la comprobación de Vn con Vn_{max} , en donde el cortante nominal no excede al cortante nominal máximo.

Tabla 95.

Comprobación $V_n - V_{n_{max}}$ para estructura irregular

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vs | Vs(d) | Vn | Vn | Chequeo |
|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|
| | | m | T | T | T | T | T | T | max | |
| Eje 1 | M21 | 2,35 | 15,65 | 15,43 | 5,47 | 2,37 | 37,01 | 58,67 | 108,29 | OK |
| | M22 | 4,10 | 23,84 | 55,85 | 13,86 | 11,12 | 64,58 | 102,36 | 188,94 | OK |
| | M23 | 2,60 | 20,62 | 20,80 | 7,78 | 3,51 | 40,95 | 64,91 | 119,82 | OK |
| Eje 1,1 | M20 | 3,00 | 29,60 | 26,61 | 13,00 | 18,22 | 47,25 | 74,90 | 138,25 | OK |
| Eje 2 | M17 | 3,05 | 17,75 | 26,16 | 7,92 | 0,14 | 48,04 | 76,15 | 140,55 | OK |
| | M18 | 1,65 | 15,73 | 7,85 | 5,15 | 2,98 | 25,99 | 41,19 | 76,04 | OK |
| | M19 | 3,09 | 29,47 | 28,17 | 12,26 | 14,80 | 48,67 | 77,15 | 142,40 | OK |
| Eje 3 | M15 | 4,00 | 28,86 | 49,10 | 14,33 | 13,70 | 63,00 | 99,87 | 184,33 | OK |
| | M16 | 2,85 | 19,72 | 25,33 | 12,59 | 18,18 | 44,89 | 71,15 | 131,34 | OK |
| Eje 4 | M8 | 1,25 | 18,51 | 5,10 | 2,97 | 1,02 | 19,69 | 31,21 | 57,60 | OK |
| | M9 | 2,50 | 19,79 | 17,17 | 5,85 | 2,38 | 39,38 | 62,42 | 115,21 | OK |
| | M10 | 2,05 | 16,41 | 10,78 | 4,06 | 4,58 | 32,29 | 51,18 | 94,47 | OK |
| | M11 | 0,80 | 5,96 | 2,16 | 1,41 | 2,41 | 12,60 | 19,97 | 36,87 | OK |
| Eje A | M1 | 3,50 | 29,51 | 43,62 | 19,13 | 35,26 | 55,13 | 87,38 | 161,29 | OK |
| Eje B | M2 | 2,35 | 19,35 | 15,85 | 7,95 | 6,41 | 37,01 | 58,67 | 108,29 | OK |
| Eje B' | M3 | 3,65 | 27,18 | 37,37 | 15,57 | 21,31 | 57,49 | 91,13 | 168,20 | OK |
| Eje C | M4 | 3,65 | 21,98 | 29,55 | 18,56 | 31,87 | 57,49 | 91,13 | 168,20 | OK |
| Eje D | M5 | 3,65 | 25,59 | 24,23 | 10,58 | 3,69 | 57,49 | 91,13 | 168,20 | OK |
| Eje E | M6 | 2,50 | 26,76 | 11,26 | 5,37 | 4,10 | 39,38 | 62,42 | 115,21 | OK |
| | M7 | 3,35 | 28,09 | 19,95 | 7,02 | 6,09 | 52,76 | 83,64 | 154,38 | OK |
| Eje J | M12 | 4,65 | 31,88 | 25,91 | 12,58 | 1,56 | 73,19 | 116,02 | 214,15 | OK |
| | M13 | 3,77 | 28,42 | 18,31 | 11,95 | 7,42 | 59,36 | 94,10 | 173,69 | OK |

| Eje | Muro | Long | P | Mu | Vu | Vs | Vs(d) | Vn | Vn | Chequeo |
|-----|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|---------|
| | | m | T | T | T | T | T | T | max | |
| | M14 | 3,61 | 25,43 | 17,29 | 10,38 | 3,34 | 56,92 | 90,23 | 166,54 | OK |

Nota: Se presenta la comprobación de Vn con $V_{n_{max}}$, en donde el cortante nominal no excede al cortante nominal máximo.

Para finalizar se establece la cuantía que se utilizará, manteniendo un espaciamiento de 45cm, mediante la siguiente formula:

$$Av = \frac{Vs(d) * s}{fy * d}$$

Tabla 96.

Armado longitudinal para estructura regular

| Eje | Muro | S | Av | Principal | | |
|-------|------|-------|-----------------|-----------|-----------|------|
| | | cm | cm ² | ∅ | N° barras | Asp |
| Eje 1 | M02 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M04 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M06 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje 2 | M08 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M11 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M12 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M15 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje 3 | M19 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M20 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M21 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M22 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M23 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | | | | | | |

| Eje | Muro | S | Av | Principal | | |
|---------------|------|-------|-----------------|-----------|-----------|------|
| | | cm | cm ² | ∅ | N° barras | Asp |
| | M24 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M32 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M33 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje 4 | M34 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M35 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M36 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M16 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje A | M25 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M01 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje B | M09 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M26 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M03 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje C | M10 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M27 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje C' | M37 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M17 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje D | M28 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje D' | M38 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M05 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje E | M13 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M29 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M07 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje F | M14 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M30 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje G | M18 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |

| Eje | Muro | S | Av | Principal | | |
|-----|------|-------|-----------------|-----------|-----------|------|
| | | cm | cm ² | ∅ | N° barras | Asp |
| | M31 | 45,00 | 1,69 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |

Nota: Se presenta el armado longitudinal de los muros, para la estructura regular obteniendo 2 ∅ 10mm @ 45cm.

Tabla 97.

Armado longitudinal para estructura irregular

| Eje | Muro | S | Av | Principal | | |
|---------|------|-------|-----------------|-----------|-----------|------|
| | | cm | cm ² | ∅ | N° barras | Asp |
| Eje 1 | M21 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M22 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M23 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje 1,1 | M20 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje 2 | M17 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M18 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M19 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje 3 | M15 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M16 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje 4 | M8 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M9 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M10 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M11 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje A | M1 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje B | M2 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje B' | M3 | 46,00 | 1,70 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |

| Eje | Muro | S | Av | Principal | | |
|-------|------|-------|-----------------|-----------|-----------|------|
| | | cm | cm ² | ∅ | Nº barras | Asp |
| Eje C | M4 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje D | M5 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje E | M6 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M7 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| Eje J | M12 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M13 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |
| | M14 | 45,00 | 1,68 | 10,00 | 2,00 | 1,57 |

Nota: Se presenta el armado longitudinal de los muros, para la estructura irregular obteniendo $2 \text{ } \varnothing 10\text{mm} @ 45\text{cm}$.

Diseño de la Cimentación

Para el diseño de la cimentación de muros portantes de hormigón armado se tomará la recomendación de usar malla de cimentación para la estructura regular e irregular, para lo cual se ocupará la carga más crítica de todos los muros de cada eje teniendo lo siguiente:

Base de la viga.

Para el ancho de la viga se tiene como referencia el espesor del muro de 15cm y se asume un ancho para el cuerpo de la viga de acuerdo con las características geométricas procurando un perfecto acople entre el muro y la cimentación.

- **Regular**

$$b_w = 25 \text{ cm}$$

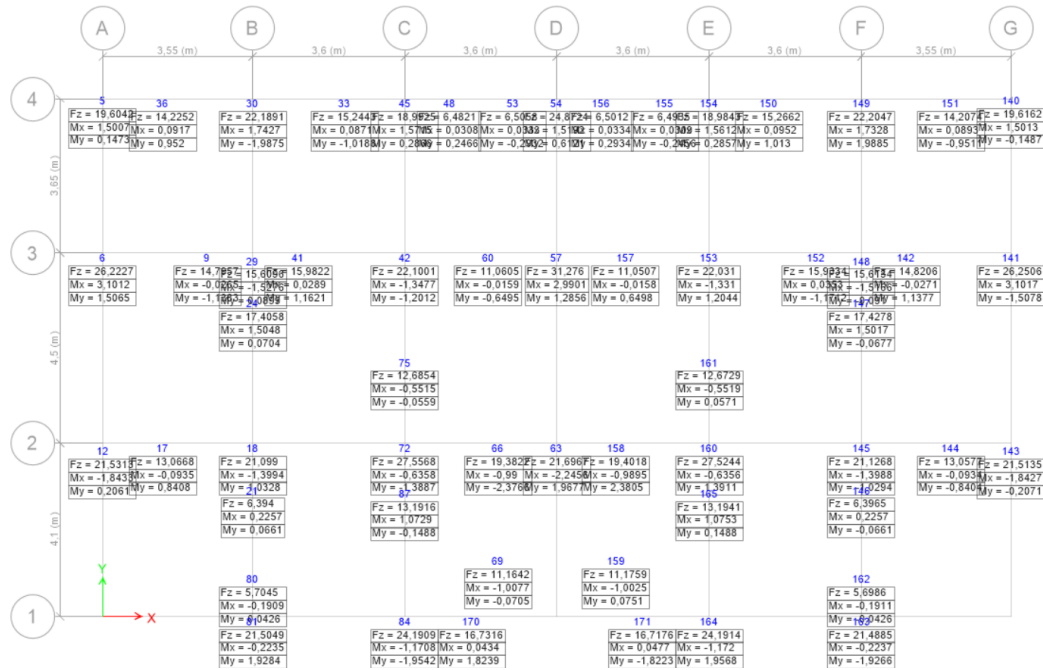
- **Irregular**

$$b_w = 30\text{cm}$$

Predimensionamiento.

Figura 143.

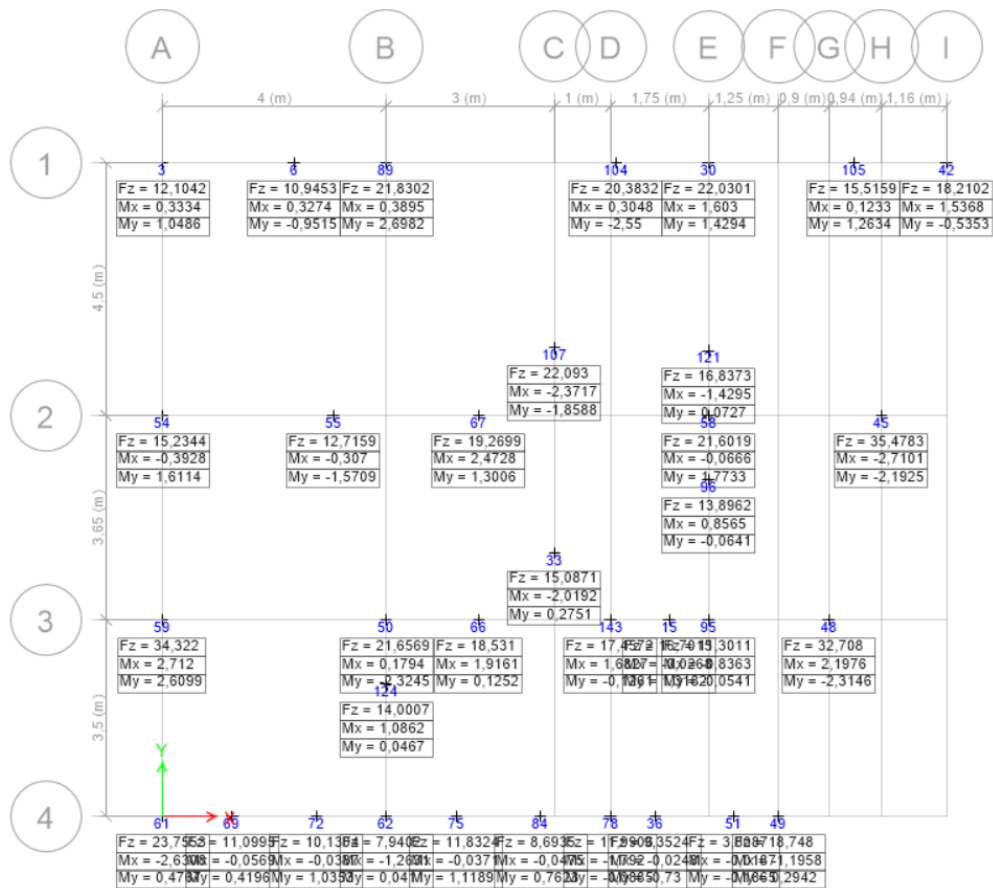
Reacciones en la base estructura regular



Nota: Las reacciones de los muros viene dada por los extremos de estos.

Figura 144.

Reacciones en la base Estructura Irregular



Nota: Las reacciones de los muros viene dada por los extremos de estos.

Tabla 98.

Reacciones por ejes estructura regular

| Reacciones por Ejes | | | |
|---------------------|-----|-----------|--------|
| Sentido | Eje | Long. (m) | Fz (T) |
| Y | A | 8,15 | 68,36 |
| | B | 12,25 | 111,59 |
| | C | 12,25 | 120,79 |
| | D | 12,25 | 81,40 |
| | E | 12,25 | 120,73 |

| Reacciones por Ejes | | | |
|---------------------|-----|-----------|--------|
| Sentido | Eje | Long. (m) | Fz (T) |
| | F | 12,25 | 111,62 |
| | G | 8,15 | 68,41 |
| | 1 | 14,40 | 126,75 |
| X | 2 | 21,50 | 234,17 |
| | 3 | 21,50 | 246,72 |
| | 4 | 21,50 | 235,01 |

Nota: Se evidencia que los ejes con mayor carga en sentido X es el eje 3 y en el sentido Y es el eje C para la estructura regular.

Tabla 99.

Reacciones por ejes estructura irregular

| Reacciones por Ejes | | | |
|---------------------|-----|-----------|--------|
| Sentido | Eje | Long. (m) | Fz (T) |
| | A | 85,4159 | 0,02 |
| | B | 98,05 | 0,19 |
| | B´ | 37,80 | 4,39 |
| Y | C | 45,87 | -4,44 |
| | D | 49,90 | 0,24 |
| | E | 85,67 | 0,13 |
| | J | 105,14 | -0,17 |
| | 1 | 121,019 | 4,62 |
| | 1´ | 60,57 | -4,06 |
| X | 2 | 115,28 | -0,95 |
| | 3 | 152,68 | 7,82 |
| | 4 | 117,35 | -7,11 |

Nota: Se evidencia que los ejes con mayor carga en sentido X es el eje 3 y en el sentido Y es el eje J para la estructura irregular.

De acuerdo con la sumatoria de cargas en los respectivos ejes indicados se procede a realizar el predimensionamiento de la cimentación, tomando en consideración las longitudes de los ejes y la sumatoria de reacciones.

Tabla 100.

Área de fundación y base adoptada estructura regular

| Área de Fundación | | | |
|--------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Descripción | Sentido X | Sentido Y | Unidades |
| ΣP | 246,72 | 120,79 | T |
| Longitud Total | 21,50 | 12,25 | m |
| %P | 1,15 | 1,15 | % |
| Área de F. | 11,35 | 5,56 | m ² |
| B | 0,53 | 0,45 | m |
| B Asum. | 0,60 | 0,60 | m |

Nota: Se presenta un aporte del 15% por peso del relleno en la cimentación para la estructura regular.

Tabla 101.

Área de fundación y base adoptada estructura irregular

| Área de Fundación | | | |
|--------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Descripción | Sentido X | Sentido Y | Unidades |
| ΣP | 152,68 | 105,14 | T |
| Longitud Total | 11,94 | 12,03 | m |
| %P | 1,15 | 1,15 | % |

| Área de Fundación | | | |
|-------------------|-----------|-----------|----------------|
| Descripción | Sentido X | Sentido Y | Unidades |
| Área de F. | 7,023 | 4,836 | m ² |
| B | 0,59 | 0,40 | m |
| B Asum. | 0,70 | 0,70 | m |

Nota: Se presenta un aporte del 15% por peso del relleno en la cimentación para la estructura irregular.

Se procede a calcular la presión del suelo para una base asumida, para poder obtener las dimensiones de la viga de cimentación.

$$q_s = \frac{\Sigma P}{B * L}$$

Donde:

ΣP = Sumatoria de cargas en el eje más crítico.

B = Base asumida de la cimentación.

L = Longitud del eje más crítico.

- **Regular**

$$q_s = \frac{246,72}{0,60 * 21,50} = 19,13 \frac{T}{m^2}$$

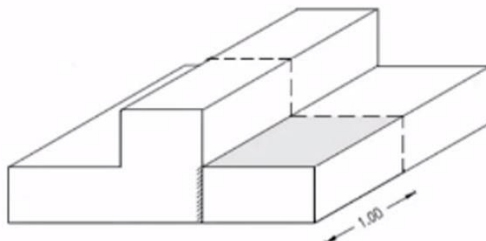
- **Irregular**

$$q_s = \frac{152,68}{0,70 * 11,94} = 18,27 \frac{T}{m^2}$$

Dimensionamiento de las Alas.

Figura 145.

Viga de Cimentación



Nota: Para el predimensionamiento de las alas se toma como referencia un metro de sección de la viga de cimentación Adoptado de (Zúñiga, 2021).

De acuerdo con la base de la viga asumida y la base de la cimentación de las estructura regular e irregular, se procede a calcular la longitud de las alas para ello se tiene:

- **Regular**

$$L_{ala} = \frac{60 - 25}{2} = 17,5 \text{ cm}$$

- **Irregular**

$$L_{ala} = \frac{70 - 30}{2} = 20 \text{ cm}$$

Para poder determinar la altura del ala se tiene que verificar el cortante que actúa sobre la misma, es por ello por lo que se plantea como condición que el esfuerzo cortante permisible debe de ser igual al esfuerzo cortante de la sección.

$$V_u = q_{smax} * L_{ala} * b$$

$$v_p = 0,53 * \sqrt{f'_c} \quad (1)$$

$$v_c = \frac{V_u}{\phi * b * d} \quad (2)$$

$$v_c = v_p$$

Ecuación (1) en (2)

$$d = \frac{V_u}{\phi * b * v_p} \quad (3)$$

Donde:

V_u = Cortante último de la sección (T)

v_p = Esfuerzo cortante permitido (kg/cm^2).

v_c = Esfuerzo cortante de la sección (kg/cm^2).

d = Altura efectiva del Ala (cm).

b = Sección de análisis de la viga (1 m).

q_{smax} = Presión del suelo, mayorada 30% (T/m^2).

- **Regular**

$$V_u = (19,13 * 1,30) * 0,175 * 1 = 4,35 T/m^2$$

$$v_p = 0,53 * \sqrt{210} = 7,68 kg/cm^2$$

$$d = \frac{4,35 * 1000}{0,75 * 100 * 7,68} = 7,55 cm$$

- **Irregular**

$$V_u = (18,27 * 1,30) * 0,20 * 1 = 4,75 T/m^2$$

$$v_p = 0,53 * \sqrt{210} = 7,68 kg/cm^2$$

$$d = \frac{4,75 * 1000}{0,75 * 100 * 7,68} = 8,25 cm$$

Como control se tiene que el valor de la altura efectiva no debe de ser menor que la mitad de la base de la viga asumida

$$d \geq \frac{b_w}{2}$$

- **Regular**

$$d \geq \frac{25}{2} = 12,5 \text{ cm}$$

- Irregular

$$d \geq \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

En base a los controles y el recubrimiento de la cimentación se asume una altura de ala de:

- Regular

$$h_{ala} = 25 \text{ cm}$$

- Irregular

$$h_{ala} = 25 \text{ cm}$$

Dimensionamiento de la viga.

Para una base asumida se procede a calcular las cargas y momentos actuantes sobre las vigas de la siguiente manera:

$$q = q_s * B_c$$

- Regular

$$q = 19,13 * 0,60 = 11,48 \text{ T/m}$$

$$L_{mayor} = 3,6 \text{ m}$$

$$M_u = \frac{q * L_{mayor}^2}{10} = \frac{11,48 * 3,6^2}{10} = 14,88 \text{ T - m}$$

Tabla 102.

Altura del cuerpo de la viga estructura regular

| Altura del cuerpo de la viga | | |
|-------------------------------------|-------|-----|
| Luz mayor | 3,60 | m |
| w | 11,48 | T/m |

| Altura del cuerpo de la viga | | |
|------------------------------|-------|--------------------|
| M ext | 14,87 | T-m |
| Ru | 39,71 | kg/cm ² |
| Mr | 21,48 | T-m |
| d0 | 46,52 | cm |
| h0 | 54,02 | cm |
| h0 asum | 0,60 | m |

Nota: Para un momento actuante de 14,87 (T – m) se asume una altura del cuerpo de la viga de 60 cm para la estructura regular.

$$h_w = 60 \text{ cm}$$

- Irregular

$$q = 18,27 * 0760 = 12,79 \text{ T/m}$$

$$L_{mayor} = 4 \text{ m}$$

$$M_u = \frac{q * L_{mayor}^2}{10} = \frac{12,79 * 4^2}{10} = 20,46 \text{ T - m}$$

Tabla 103.

Altura del cuerpo de la viga estructura regular

| Altura del cuerpo de la viga | | |
|------------------------------|-------|--------------------|
| Luz mayor | 4,00 | m |
| w | 12,79 | T/m |
| M ext | 20,46 | T-m |
| Ru | 39,71 | kg/cm ² |
| Mr | 29,55 | T-m |
| d0 | 49,80 | cm |
| h0 | 57,30 | cm |

| Altura del cuerpo de la viga | | |
|------------------------------|------|---|
| h0 asum | 0,60 | m |

Nota: Para un momento actuante de 20,46 ($T - m$) se asume una altura del cuerpo de la viga de 60 cm para la estructura regular.

$$h_w = 60 \text{ cm}$$

Coefficiente de balastro.

Para el cálculo del coeficiente de balastro se usa el método de Boiler, para un esfuerzo del suelo de 25 (T/m^2) para la estructura regular e irregular.

$$K_s = 120 * \sigma_s$$

Donde:

$$\sigma_s = \text{Esfuerzo del suelo } (T/m^2)$$

$$K_s = 120 * 25$$

$$K_s = 3000 \text{ T}/m^2$$

Verificación de la cimentación.

Con el predimensionamiento realizado se procede a verificar las dimensiones propuestas mediante el uso de software, la herramienta informática a utilizar será VigCim, para ello se requiere las fuerzas y momentos actuantes en el eje y los siguientes datos:

Tabla 104.*Datos de la cimentación estructura regular*

| Codificación de datos | | |
|------------------------------|---------|------------------|
| E (hormigón) | 2100000 | T/m ² |
| Inercia T | 0,0066 | m ⁴ |
| KS (Boiler) | 3000,00 | T/m ³ |
| b | 0,60 | m |
| b0 | 0,25 | m |
| h | 0,25 | m |
| h0 | 0,60 | m |

Tabla 105.*Datos de la cimentación estructura irregular*

| Codificación de datos | | |
|------------------------------|---------|------------------|
| E (hormigón) | 2100000 | T/m ² |
| Inercia T | 0,0079 | m ⁴ |
| KS (Boiler) | 3000,00 | T/m ³ |
| b | 0,70 | m |
| b0 | 0,30 | m |
| h | 0,25 | m |
| h0 | 0,60 | m |

Figura 146.

Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura regular

Input

PROYECTO: ESTRUCTURA REGULAR MUROS

NT: 24 E: 2100000,0000 (T/m²)

| | INERCIA (m) | BA (m) | LU (m) | KS (T/m ³) |
|---|-------------|--------|--------|------------------------|
| 1 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 2 | 0,00665 | 0,6000 | 2,1750 | 3000,0000 |
| 3 | 0,00665 | 0,6000 | 0,7750 | 3000,0000 |
| 4 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 5 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 6 | 0,00665 | 0,6000 | 0,7750 | 3000,0000 |
| 7 | 0,00665 | 0,6000 | 2,2250 | 3000,0000 |
| 8 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 9 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |

| | MO (T-m) | P (T) |
|---|----------|---------|
| 1 | 1,5480 | 26,5850 |
| 2 | 0,0000 | 0,0000 |
| 3 | -1,1680 | 15,0640 |
| 4 | 0,0000 | 0,0000 |
| 5 | 0,0940 | 15,8790 |
| 6 | 0,0000 | 0,0000 |
| 7 | 1,2050 | 16,2280 |
| 8 | 0,0000 | 0,0000 |

Input

PROYECTO: ESTRUCTURA REGULAR MUROS

NT: 24 E: 2100000,0000 (T/m²)

| | INERCIA (m) | BA (m) | LU (m) | KS (T/m ³) |
|----|-------------|--------|--------|------------------------|
| 10 | 0,00665 | 0,6000 | 1,6750 | 3000,0000 |
| 11 | 0,00665 | 0,6000 | 1,3250 | 3000,0000 |
| 12 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 13 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 14 | 0,00665 | 0,6000 | 1,3250 | 3000,0000 |
| 15 | 0,00665 | 0,6000 | 1,6750 | 3000,0000 |
| 16 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 17 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 18 | 0,00665 | 0,6000 | 2,2250 | 3000,0000 |

| | MO (T-m) | P (T) |
|----|----------|---------|
| 9 | -1,2320 | 22,4290 |
| 10 | 0,0000 | 0,0000 |
| 11 | -0,6700 | 11,2350 |
| 12 | 0,0000 | 0,0000 |
| 13 | -1,3170 | 31,9200 |
| 14 | 0,0000 | 0,0000 |
| 15 | 0,6680 | 11,2450 |
| 16 | 0,0000 | 0,0000 |

Figura 147.

Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura regular

Input

PROYECTO: ESTRUCTURA REGULAR MUROS

NT: 24 E: 2100000,0000 (T/m²)

| | INERCIA (m) | BA (m) | LU (m) | KS (T/m ³) |
|----|-------------|--------|--------|------------------------|
| 17 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 18 | 0,00665 | 0,6000 | 2,2250 | 3000,0000 |
| 19 | 0,00665 | 0,6000 | 0,7750 | 3000,0000 |
| 20 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 21 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 22 | 0,00665 | 0,6000 | 0,7750 | 3000,0000 |
| 23 | 0,00665 | 0,6000 | 2,1750 | 3000,0000 |
| 24 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |

| | MO (T-m) | P (T) |
|----|----------|---------|
| 17 | 1,2320 | 22,3750 |
| 18 | 0,0000 | 0,0000 |
| 19 | -1,2030 | 16,2230 |
| 20 | 0,0000 | 0,0000 |
| 21 | -0,0930 | 15,8380 |
| 22 | 0,0000 | 0,0000 |
| 23 | 1,1640 | 15,0640 |
| 24 | 0,0000 | 0,0000 |

Input

PROYECTO: ESTRUCTURA REGULAR MUROS

NT: 24 E: 2100000,0000 (T/m²)

| | INERCIA (m) | BA (m) | LU (m) | KS (T/m ³) |
|----|-------------|--------|--------|------------------------|
| 17 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 18 | 0,00665 | 0,6000 | 2,2250 | 3000,0000 |
| 19 | 0,00665 | 0,6000 | 0,7750 | 3000,0000 |
| 20 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 21 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |
| 22 | 0,00665 | 0,6000 | 0,7750 | 3000,0000 |
| 23 | 0,00665 | 0,6000 | 2,1750 | 3000,0000 |
| 24 | 0,00665 | 3,0000 | 0,3000 | 3000,0000 |

| | MO (T-m) | P (T) |
|----|----------|---------|
| 18 | 0,0000 | 0,0000 |
| 19 | -1,2030 | 16,2230 |
| 20 | 0,0000 | 0,0000 |
| 21 | -0,0930 | 15,8380 |
| 22 | 0,0000 | 0,0000 |
| 23 | 1,1640 | 15,0640 |
| 24 | 0,0000 | 0,0000 |
| 25 | -1,5540 | 26,6380 |

Tabla 106.

Valores máximos de esfuerzo, momento y cortante para la estructura regular

| Sección (m) | Esfuerzo (T/m ²) | Momento (T-m) | Corte (T) |
|-------------|------------------------------|---------------|-----------|
| Inicial | 20,04 | 1,55 | -26,59 |
| M (+) Max | 11,48 | 7,53 | 16,26 |
| M (-) Max | 14,47 | -7,71 | -1,53 |
| V (+) Max | 20,09 | 1,55 | 26,64 |
| V (-) Max | 20,04 | 1,55 | -26,59 |
| Final | 20,09 | 1,55 | 26,64 |

Nota: Se representan los valores máximos del esfuerzo, momento y cortante del análisis para el diseño de la cimentación correspondiente a la estructura regular.

Figura 148.

Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura irregular

Input

PROYECTO: VIGA 3 SENTIDO X

NT: 16 E: 2100000,0000 (T/m²)

| | INERCI A (m) | BA (m) | LU (m) | KS (T/m ³) |
|---|--------------|--------|--------|------------------------|
| 1 | 0,00790 | 3,5500 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 2 | 0,00790 | 0,7000 | 3,3000 | 3000,0000 |
| 3 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 4 | 0,00790 | 3,5500 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 5 | 0,00790 | 0,7000 | 0,9500 | 3000,0000 |
| 6 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 7 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 8 | 0,00790 | 0,7000 | 1,6500 | 3000,0000 |
| 9 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |

| | MO (T-m) | P (T) |
|---|----------|---------|
| 1 | 2,6099 | 34,3220 |
| 2 | 0,0000 | 0,0000 |
| 3 | 0,0000 | 0,0000 |
| 4 | -2,3245 | 21,6590 |
| 5 | 0,0000 | 0,0000 |
| 6 | 0,0000 | 0,0000 |
| 7 | 0,1252 | 18,5310 |
| 8 | 0,0000 | 0,0000 |

Input

PROYECTO: VIGA 3 SENTIDO X

NT: 16 E: 2100000,0000 (T/m²)

| | INERCI A (m) | BA (m) | LU (m) | KS (T/m ³) |
|----|--------------|--------|--------|------------------------|
| 9 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 10 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 11 | 0,00790 | 0,7000 | 0,7000 | 3000,0000 |
| 12 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 13 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 14 | 0,00790 | 3,5500 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 15 | 0,00790 | 0,7000 | 1,4400 | 3000,0000 |
| 16 | 0,00790 | 3,6900 | 0,3600 | 3000,0000 |

| | MO (T-m) | P (T) |
|----|----------|---------|
| 8 | 0,0000 | 0,0000 |
| 9 | 0,0000 | 0,0000 |
| 10 | -0,1261 | 17,4572 |
| 11 | 0,0000 | 0,0000 |
| 12 | 1,3182 | 16,7015 |
| 13 | 0,0000 | 0,0000 |
| 14 | -0,0541 | 11,3011 |
| 15 | 0,0000 | 0,0000 |

Figura 149.

Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura irregular

Input

PROYECTO : VIGA 3 SENTIDO X

NT : 16 E : 2100000,0000 (T/m²)

| | INERCIAS (m) | BA (m) | LU (m) | KS (T/m ³) |
|----|--------------|--------|--------|------------------------|
| 9 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 10 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 11 | 0,00790 | 0,7000 | 0,7000 | 3000,0000 |
| 12 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 13 | 0,00790 | 0,7000 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 14 | 0,00790 | 3,5500 | 0,3500 | 3000,0000 |
| 15 | 0,00790 | 0,7000 | 1,4400 | 3000,0000 |
| 16 | 0,00790 | 3,6900 | 0,3600 | 3000,0000 |

| | MO (T-m) | P (T) |
|----|----------|---------|
| 10 | -0,1261 | 17,4572 |
| 11 | 0,0000 | 0,0000 |
| 12 | 1,3182 | 16,7015 |
| 13 | 0,0000 | 0,0000 |
| 14 | -0,0541 | 11,3011 |
| 15 | 0,0000 | 0,0000 |
| 16 | 0,0000 | 0,0000 |
| 17 | -2,3146 | 32,7080 |

Tabla 107.

Valores máximos de esfuerzo, momento y cortante para la estructura irregular

| Sección (m) | Esfuerzo (T/m ²) | Momento (T-m) | Corte (T) |
|-------------|------------------------------|---------------|-----------|
| Inicial | 18,37 | 2,61 | -34,32 |
| M (+) Max | 12,26 | 4,89 | -7,55 |
| M (-) Max | 1,65 | -13,91 | 1,29 |
| V (+) Max | 17,42 | 2,31 | 32,71 |
| V (-) Max | 18,37 | 2,61 | -34,32 |
| Final | 17,42 | 2,31 | 32,71 |

Nota: Se representan los valores máximos del esfuerzo, momento y cortante del análisis para el diseño de la cimentación correspondiente a la estructura irregular.

En base al análisis realizado se evidencia que las dimensiones obtenidas en el predimensionamiento son viables para la cimentación, adicionalmente se extrae los valores de cortante y momento máximo para realizar el armado de este.

Armado de la cimentación.

Armadura longitudinal del Ala.

La armadura principal de las alas se determina considerando a las mismas como volados apoyados en el cuerpo de la viga. (Zúñiga, 2021).

Es por ello por lo que se tiene la siguiente ecuación:

$$M = \frac{q_s * L_{ala}^2 * b}{2}$$

- **Regular**

$$q_s = 20,09 T/m^2$$

$$M = \frac{20,09 * 0,175^2 * 1}{2} = 0,31 T * m$$

Tabla 108.

Armadura Transversal cimentación estructura regular

| Armadura Transversal | | |
|-----------------------------|---------|-------------------------|
| M | 0,31 | T-m |
| Mu | 0,40 | T-m |
| r | 0,00017 | s/u |
| r min | 0,00333 | s/u |
| As T | 8,33 | cm²/m |
| Esp. T | 17,50 | cm |
| #Varillas T | 6,00 | u |
| f T | 14,00 | mm |
| As T asum. | 9,24 | cm²/m |

Nota: Se obtiene un armado de 1Ø14mm@17,5cm

- Irregular

$$q_s = 18,37 \text{ T/m}^2$$

$$M = \frac{18,37 * 0,20^2 * 1}{2} = 0,37 \text{ T - m}$$

Tabla 109.

Armadura Transversal cimentación estructura irregular

| Armadura Transversal | | |
|-----------------------------|---------|-------------------------|
| M | 0,37 | T-m |
| Mu | 0,48 | T-m |
| r | 0,00020 | s/u |
| r min | 0,00333 | s/u |
| As T | 8,33 | cm²/m |
| Esp. T | 10,00 | cm |
| #Varillas T | 11,00 | u |
| f T | 10,00 | mm |
| As T asum. | 8,64 | cm²/m |

Nota: Se obtiene un armado de 1Ø10mm@10cm.

Armadura Transversal Ala.

La armadura transversal de las alas se calcula a partir de la expresión para armadura de temperatura. (Zúñiga, 2021).

$$A_{st} = 0,0018 * (b - b_0) * h$$

- Regular

$$A_{st} = 0,0018 * (60 - 25) * 25 = 1,58 \text{ cm}^2$$

Se obtiene 2 varillas \emptyset 14mm debido a que sobre estas se colocará los ganchos provenientes de la armadura vertical del muro.

- **Irregular**

$$A_{st} = 0,0018 * (70 - 30 - 8) * 25 = 1,44 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{st}}{2} = 0,72 \text{ cm}^2 \text{ para cada ala}$$

Se obtiene 1 varillas \emptyset 10mm para cada ala de la viga.

Armadura a flexión de la viga.

Tabla 110.

Armadura Longitudinal del cuerpo de la viga estructura regular

| Armadura Longitudinal | | |
|------------------------------------|---------|---------|
| Mu (T) | -7,71 | 7,53 |
| p calculado | 0,00269 | 0,00262 |
| p definitivo | 0,00333 | 0,00333 |
| As. Requerido | 4,67 | 4,67 |
| As. Extra | 0,05 | 0,05 |
| # Varillas | 3 | 3 |
| \emptyset (mm) | 14 | 14 |
| As. Total (cm²) | 4,62 | 4,62 |

Nota: Se requiere un armado superior e inferior de 3 \emptyset 14mm.

Tabla 111.

Armadura Longitudinal del cuerpo de la viga estructura regular

| Armadura Longitudinal | | |
|------------------------------|--------|------|
| Mu (T) | -13,91 | 4,89 |

| | | |
|-----------------------------------|--------|---------|
| p calculado | 0,0041 | 0,0014 |
| p definitivo | 0,0041 | 0,00333 |
| As. Requerido | 6,90 | 5,60 |
| As. Extra | 2,29 | 0,98 |
| # Varillas | 3 | 3 |
| ∅ (mm) | 14 | 14 |
| As. Total | 4,62 | 4,62 |
| Refuerzo # | | |
| Varillas | 2 | - |
| ∅ (mm) | 12 | - |
| As. Total (cm²) | 2,27 | - |

Nota: Se requiere un armado superior e inferior de 3∅14mm y un refuerzo de 2∅12mm

Armadura a cortante de la viga.

La comprobación a cortante en el cuerpo se efectúa exactamente igual que en las vigas comunes, la verificación del esfuerzo cortante se hace con el mayor de los cortantes (Zúñiga, 2021).

Tabla 112.

Armadura por cortante cimentación estructura regular

| Armadura por cortante | | |
|------------------------------|--------|--------------------------|
| V | 26,64 | T |
| Vu | 329,80 | T/m² |
| Vp | 76,804 | T/m² |
| f'c | 210 | kg/cm² |
| fyt | 4200 | kg/cm² |
| Vs | 253,00 | T/m² |

| Armadura por cortante | | |
|------------------------------|-------|-----------------------|
| s | 7,5 | cm |
| Av | 1,129 | cm² |
| Av/2 | 0,56 | cm² |

Nota: Para la armadura por cortante se requiere 1EØ10mm@7,5cm.

Tabla 113.

Armadura por cortante cimentación estructura irregular

| Armadura por cortante | | |
|------------------------------|--------|--------------------------|
| V | 34,322 | T |
| Vu | 354,11 | T/m² |
| Vp | 76,804 | T/m² |
| f'c | 210 | kg/cm² |
| fyt | 4200 | kg/cm² |
| Vs | 277,28 | T/m² |
| s | 9 | cm |
| Av | 1,58 | cm² |
| Av/2 | 0,79 | cm² |

Nota: Para la armadura por cortante se requiere 1EØ10mm@9cm.

Resumen de la cimentación.

Tabla 114.

Armadura del ala estructura regular

| Cimentación Ala | | |
|------------------------|-------|-----------|
| b Ala | 60,00 | cm |
| h Ala | 25,00 | cm |

| Cimentación Ala | | | | | |
|-----------------|------|---|----|---|---------|
| Recubr. | 4,00 | | | | cm |
| As. Trans. | 2 | Ø | 14 | | mm |
| As. Long. | 1 | Ø | 14 | @ | 17,5 cm |

Tabla 115.

Armadura del ala estructura irregular

| Cimentación Ala | | | | | |
|-----------------|-------|---|----|---|-------|
| b Ala | 20,00 | | | | cm |
| h Ala | 25,00 | | | | cm |
| Recubr. | 4,00 | | | | cm |
| As. Trans. | 1 | Ø | 10 | | mm |
| As. Long. | 1 | Ø | 10 | @ | 10 cm |

Tabla 116.

Armadura de la viga estructura regular

| Cimentación Viga | | | | | |
|------------------|-------|---|----|---|--------|
| b Viga | 25,00 | | | | cm |
| h Viga | 60,00 | | | | cm |
| Recubr. | 4,00 | | | | cm |
| As. (-) | 3 | Ø | 14 | | mm |
| As. (+) | 3 | Ø | 14 | | mm |
| Estribos | 1 | Ø | 10 | @ | 7,5 cm |

Tabla 117.

Armadura de la viga estructura irregular

| Cimentación Viga | | |
|------------------|-------|----|
| b Viga | 30,00 | cm |

| Cimentación Viga | | | | | |
|----------------------|-------|---|----|---|------|
| h Viga | 70,00 | | | | cm |
| Recubr. | 4,00 | | | | cm |
| As. (-) | 3 | Ø | 14 | | mm |
| As. (+) | 3 | Ø | 14 | | mm |
| As. (+) Refu. | 2 | Ø | 12 | | mm |
| Estribos | 1 | Ø | 10 | @ | 9 cm |

Diseño de la Losa Bidireccional Alivianada

La losa de entepiso y de cubierta de acuerdo con el predimensionamiento realizado anteriormente tendrá un espesor de 20 cm. El diseño se lo realizará de acuerdo con la metodología establecida por el Ing. Marcelo Romo en su libro “Diseño en hormigón armado”.

Cargas para losa de Entepiso.

$$CM = \text{Peso de losa} + \text{Peso de acabados} + \text{Peso de mamposteria}$$

$$CM = 0,33 \frac{Tn}{m^2} + 0,13 \frac{Tn}{m^2} + 0,12 \frac{Tn}{m^2}$$

$$CM = 0,58 \frac{Tn}{m^2}$$

$$CV = 0,20 \frac{Tn}{m^2}$$

$$Q_D = 1,2 * CM + 1,6 * CV$$

$$Q_D = 1,2 * 0,58 + 1,6 * 0,20 = 1,016 \frac{T}{m^2}$$

Cargas para losa de Cubierta.

$$CM = \text{Peso de Losa} + \text{Peso de Acabados}$$

$$CM = 0,33 \frac{Tn}{m^2} + 0,13 \frac{Tn}{m^2}$$

$$CM = 0,46 \frac{Tn}{m^2}$$

$$CL = 0,10 \frac{Tn}{m^2}$$

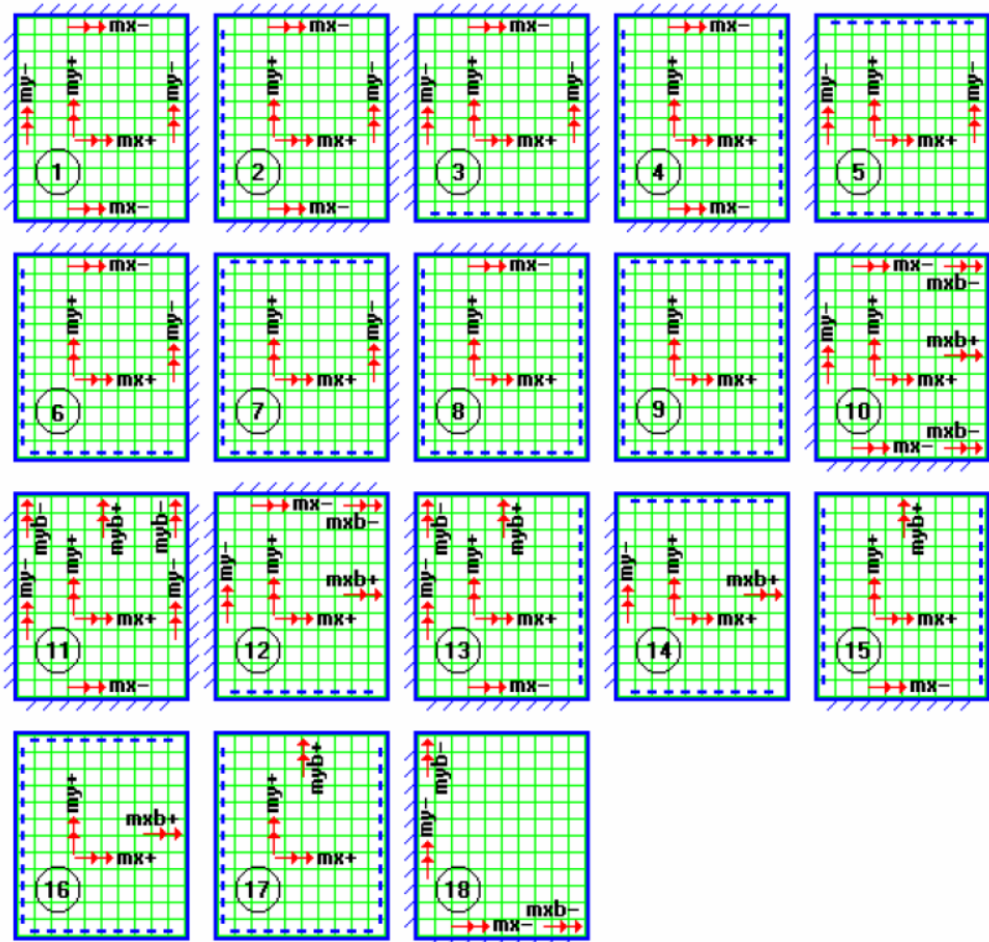
$$Q_D = 1,2 * CM + 1,6 * CV$$

$$Wu = 1,2 * 0,46 + 1,6 * 0,10 = 0,712 \frac{T}{m^2}$$

Diseño a Flexión.

Figura 150.

Modelos estructurales para diseño de losa por flexión



Nota: Paneles de losa para el diseño a flexión con diferentes condiciones de borde

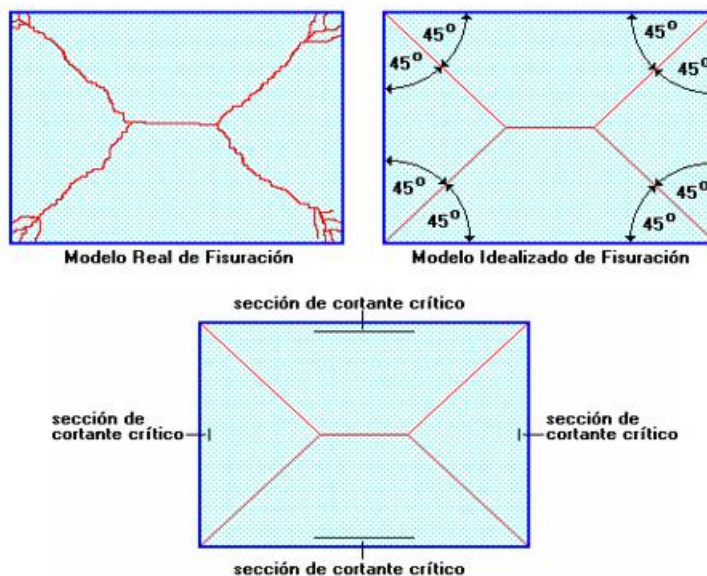
Adaptado de (Marcelo, 2008) pág. 256.

Diseño a Cortante.

Para el diseño a cortante se toma en cuenta las secciones críticas de las losas, las cuales se ubican en los sectores de ordenada máxima de los triángulos y trapecios que están próximos a las vigas (Marcelo, 2008).

Figura 151.

Modelo de fisuración



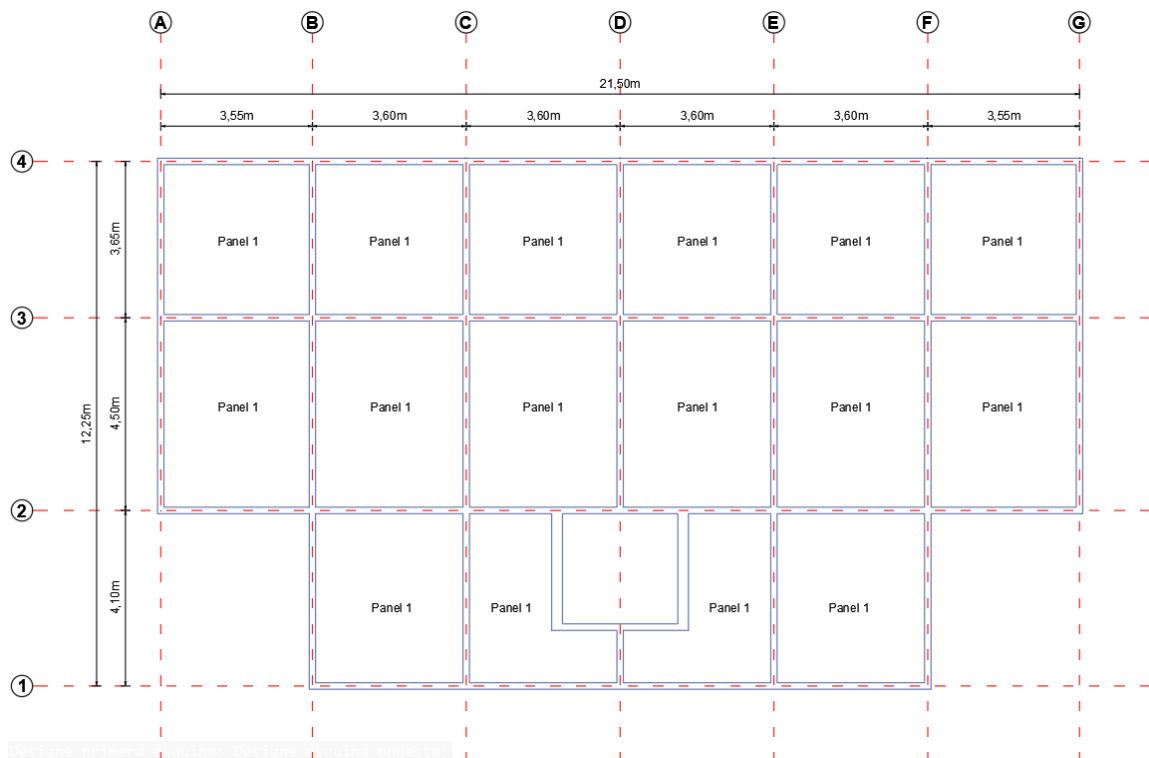
Nota: En la figura se presenta un modelo el cual tiene una fisuración real, y un modelo idealizado de cómo sería la fisuración Adaptado de (Marcelo, 2008), pág. 287.

Cálculo de losa de entrepiso nivel +2,65m.

Mediante la clasificación de los paneles y la relación entre las longitudes l_x , l_y de cada panel, se obtiene los coeficientes “m” respectivos de acuerdo con el tipo de losa.

Figura 152.

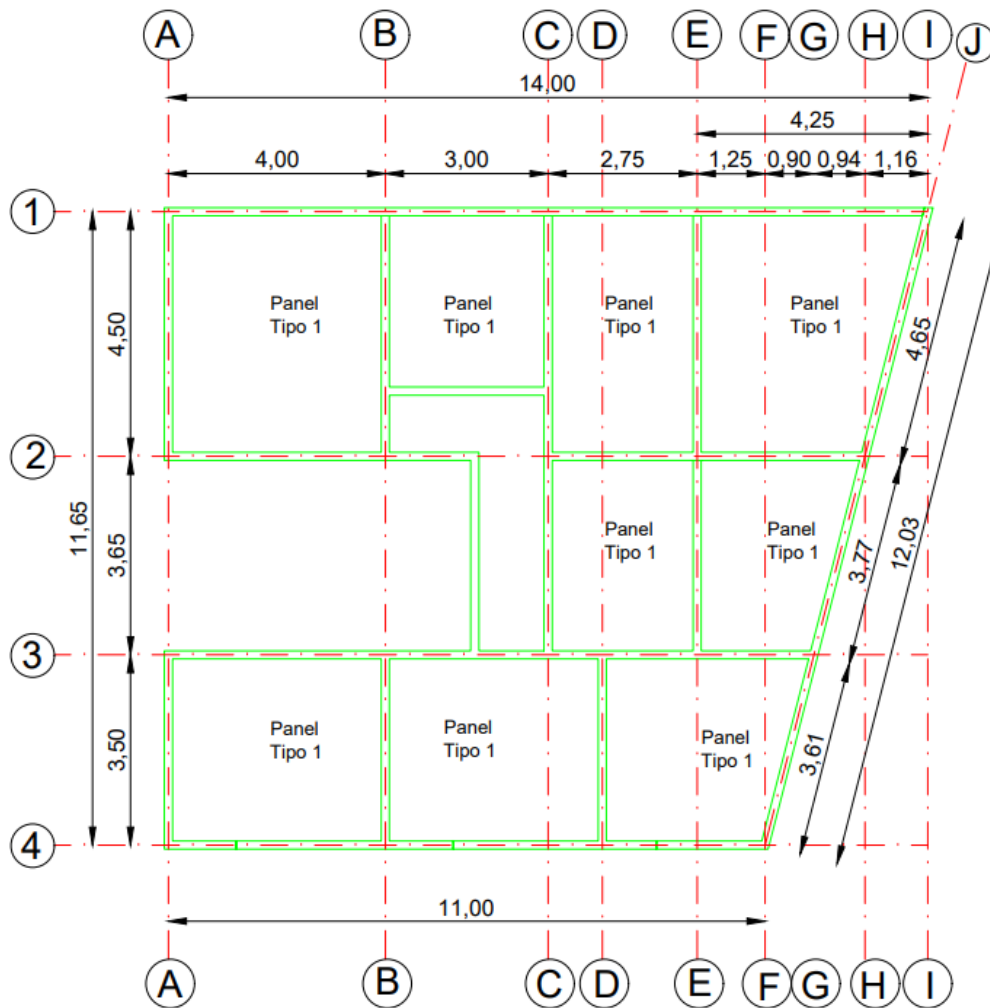
Vista en planta de losa entrecapota estructura regular



Nota: En la figura se presenta la distribución de los tipos de paneles en la losa de entrecapota para la estructura regular.

Figura 153.

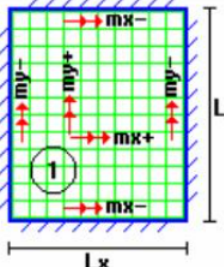
Vista en planta de losa entrepiso estructura irregular



Nota: En la figura se presenta la distribución de los tipos de paneles en la losa de entrepiso de la estructura irregular.

Figura 154.

Coeficientes para el diseño de losa

| Losa | Fórmula | Coef | Lx / Ly | | | | | |
|---|--|----------|---------|------|------|------|------|------|
| | | | 1.00 | 0.90 | 0.80 | 0.70 | 0.60 | 0.50 |
|  | $\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot L_x^4 / (E \cdot h^3)$ | δ | 200 | 241 | 281 | 315 | 336 | 339 |
| | $M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L_x^2$ | m_{y-} | 564 | 659 | 752 | 830 | 878 | 887 |
| | $M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$ | m_{y+} | 258 | 319 | 378 | 428 | 459 | 464 |
| | $M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L_x^2$ | m_{x-} | 564 | 577 | 574 | 559 | 538 | 520 |
| | $M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$ | m_{x+} | 258 | 242 | 208 | 157 | 126 | 123 |

Nota: En la figura se muestra los coeficientes empleados que sirven para el diseño de un panel tipo 1 sometido a cargas distribuidas uniformes Adaptado de (Marcelo, 2008) pág. 272.

En el caso de no encontrar el valor correspondiente en la Figura **153** se realiza interpolaciones dentro del rango al que pertenece, por lo cual para el diseño de la losa de entrepiso se tiene los siguientes resultados:

Tabla 118.

Coeficientes de diseño para losa de entrepiso Nivel +2,65 Estructura Regular

| Panel | Losa Tipo | Lx (m) | Ly (m) | Lx/Ly | Coeficientes | | | | |
|---------|-----------|--------|--------|-------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | δ | my(-) | my(+) | mx(-) | mx(+) |
| 4-3-A-B | 1 | 3,55 | 3,65 | 0,97 | 211,23 | 590,03 | 274,71 | 567,56 | 253,62 |
| 3-2-A-B | 1 | 3,55 | 4,50 | 0,79 | 284,78 | 760,67 | 383,56 | 572,33 | 202,33 |
| 4-3-B-C | 1 | 3,60 | 3,65 | 0,99 | 205,62 | 577,01 | 266,36 | 565,78 | 255,81 |
| 3-2-B-C | 1 | 3,60 | 4,50 | 0,80 | 281,00 | 752,00 | 378,00 | 574,00 | 208,00 |
| 2-1-B-C | 1 | 3,60 | 4,10 | 0,88 | 249,78 | 679,41 | 331,95 | 576,34 | 234,54 |
| 4-3-A-B | 1 | 3,55 | 3,65 | 0,97 | 211,23 | 590,03 | 274,71 | 567,56 | 253,62 |

Nota: En el cuadro anterior se muestran los coeficientes de diseño que se utilizarán para el cálculo de momentos de la losa de entrepiso nivel +2,65 correspondientes a la estructura regular.

Tabla 119.

Coeficientes de diseño para losa de entrepiso Nivel +2,65 Estructura Irregular

| Panel | Losa Tipo | Lx (m) | Ly (m) | Lx/Ly | Coeficientes | | | | |
|---------|-----------|--------|--------|-------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | δ | my(-) | my(+) | mx(-) | mx(+) |
| 1-2-A-B | 1 | 4 | 4,5 | 0,89 | 245,44 | 669,33 | 325,56 | 576,67 | 238,22 |
| 1-2-B-C | 1 | 3 | 3,3 | 0,91 | 237,27 | 650,36 | 313,45 | 575,82 | 243,45 |
| 1-2-C-E | 1 | 2,75 | 4,5 | 0,61 | 333,67 | 872,67 | 455,56 | 540,33 | 129,44 |
| 1-2-E-I | 1 | 3,67 | 4,5 | 0,82 | 274,78 | 737,53 | 368,82 | 574,47 | 213,29 |
| 2-3-C-E | 1 | 2,75 | 3,7 | 0,75 | 296,84 | 788,33 | 401,29 | 567,01 | 184,25 |
| 2-3-E-H | 1 | 2,94 | 3,65 | 0,81 | 278,81 | 746,90 | 374,77 | 574,16 | 209,86 |
| 3-4-A-B | 1 | 4 | 3,5 | 0,88 | 251,00 | 576,25 | 233,50 | 682,25 | 333,75 |
| 3-4-B-D | 1 | 4 | 3,5 | 0,88 | 251,00 | 576,25 | 233,50 | 682,25 | 333,75 |
| 3-4-D-G | 1 | 3,45 | 3,5 | 0,99 | 205,86 | 577,57 | 266,71 | 565,86 | 255,71 |

Nota: En el cuadro anterior se muestran los coeficientes de diseño que se utilizarán para el cálculo de momentos de la losa de entrepiso nivel +2,65 correspondientes a la estructura irregular.

Momentos de diseño.

Posterior a la elección de los coeficientes de acuerdo con el tipo de losa se procede a encontrar los momentos de diseño y armado a partir de las siguientes fórmulas:

$$My_- = 0.0001 * Q_D * my_- * Lx^2$$

$$My_+ = 0.0001 * Q_D * my_+ * Lx^2$$

$$Mx_{-} = 0.0001 * Q_D * mx_{-} * Lx^2$$

$$Mx_{+} = 0.0001 * Q_D * mx_{+} * Lx^2$$

Donde:

M_{y-} : Momento negativo en sentido y

M_{y+} : Momento positivo en sentido y

M_{x-} : Momento negativo en sentido x

M_{x+} : Momento positivo en sentido x

Q_D : Carga de diseño

m_{y-} : Coeficiente de diseño negativo en sentido y

m_{y+} : Coeficiente de diseño positivo en sentido y

m_{x-} : Coeficiente de diseño negativo en sentido x

m_{x+} : Coeficiente de diseño positivo en sentido x

Lx : Longitud en sentido x

Para lo cual se obtiene los siguientes valores de momentos negativos y positivos en la losa de entrepiso:

Tabla 120.

Momentos de diseño para losa de entrepiso nivel +2,65 estructura regular

| Panel | Losa Tipo | Lx (m) | Ly (m) | Lx/Ly | Momentos (Kg m) | | | |
|---------|-----------|--------|--------|-------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | | | | Muy(-) | Muy(+) | Mux(-) | Mux(+) |
| 4-3-A-B | 1 | 3,55 | 3,65 | 0,97 | 752,27 | 350,25 | 723,62 | 323,35 |
| 3-2-A-B | 1 | 3,55 | 4,50 | 0,79 | 969,83 | 489,02 | 729,71 | 257,97 |
| 4-3-B-C | 1 | 3,60 | 3,65 | 0,99 | 756,54 | 349,23 | 741,82 | 335,40 |
| 3-2-B-C | 1 | 3,60 | 4,50 | 0,80 | 985,98 | 495,61 | 752,59 | 272,72 |
| 2-1-B-C | 1 | 3,60 | 4,10 | 0,88 | 890,81 | 435,23 | 755,66 | 307,51 |

Nota: Se detalla el cálculo de momentos de diseño positivos y negativos en cada sentido a través de los coeficientes obtenidos en la Tabla 118 para la estructura regular.

Tabla 121.

Momentos de diseño para losa de entrepiso nivel +2,65 estructura irregular

| Panel | Losa Tipo | Lx (m) | Ly (m) | Lx/Ly | Momentos (Kg m) | | | |
|---------|--------------|-----------|-----------|-------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | | | | Muy(-) | Muy(+) | Mux(-) | Mux(+) |
| 1-2-A-B | 1 | 4 | 4,5 | 0,89 | 1088,07 | 529,22 | 937,43 | 387,25 |
| 1-2-B-C | 1 | 3 | 3,3 | 0,91 | 594,69 | 286,62 | 526,53 | 222,61 |
| 1-2-C-E | 1 | 2,75 | 4,5 | 0,61 | 670,51 | 350,03 | 415,17 | 99,46 |
| 1-2-E-I | 1 | 3,67 | 4,5 | 0,82 | 1009,27 | 504,71 | 786,12 | 291,87 |
| 2-3-C-E | 1 | 2,75 | 3,7 | 0,75 | 605,71 | 308,33 | 435,66 | 141,57 |
| 2-3-E-H | 1 | 2,94 | 3,65 | 0,81 | 655,92 | 329,12 | 504,23 | 184,30 |
| 3-4-A-B | 1 | 4 | 3,5 | 0,88 | 717,20 | 290,61 | 849,13 | 415,39 |
| 3-4-B-D | 1 | 4 | 3,5 | 0,88 | 717,20 | 290,61 | 849,13 | 415,39 |
| 3-4-D-G | 1 | 3,45 | 3,5 | 0,99 | 698,45 | 322,54 | 684,29 | 309,23 |

Nota: Se detalla el cálculo de momentos de diseño positivos y negativos en cada sentido a través de los coeficientes obtenidos en la Tabla 119 para la estructura irregular.

Cantidad de acero y armado.

$$f'c = 210 \frac{kg}{cm^2} \quad fy = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\text{Altura efectiva } d = 20 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 17 \text{ cm}$$

Altura de compresión por nervios (Armadura negativa)

$$b(-) = 10 \text{ cm} * 2 = 20 \text{ cm}$$

Ancho de compresión por loseta de compresion (Armadura positiva)

$$b(+)=100\text{cm}$$

Armadura mínima.

A través de las siguientes fórmulas se encuentra la armadura mínima que necesita la losa de entrepiso:

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = 0,00333$$

$$A_{s\min} = \rho_{\min} * b * d = 0,00333 * 20 * 17 = 1,1322 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Armado de nervios.

La armadura de los nervios positiva y negativa en ambos sentidos será calculada mediante las siguientes fórmulas, obteniendo los resultados presentados posteriormente:

$$\text{Cuantía: } \rho = 0,85 \frac{f'_c}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\phi * 0,85 * f'_c * b * d^2}} \right]$$

$$\text{Área de Acero } A_{sy} = \rho_y * b * d$$

Tabla 122.

Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura regular

| Armadura Requerida | | | | Armadura de Diseño | | | | Armadura de Diseño (cm ² /nervio) | | | |
|----------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|---------------------------|------|--|------|---------------------------|------|
| (cm ² /m) | | (cm ²) | | (cm ²) | | (cm ² /nervio) | | (cm ² /nervio) | | (cm ² /nervio) | |
| Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx |
| (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) |
| 1,31 | 1,25 | 0,58 | 0,54 | 1,31 | 1,25 | 1,07 | 1,07 | 0,65 | 0,63 | 0,53 | 0,53 |
| 1,71 | 1,27 | 0,81 | 0,43 | 1,71 | 1,27 | 1,07 | 1,07 | 0,86 | 0,63 | 0,53 | 0,53 |
| 1,31 | 1,29 | 0,58 | 0,56 | 1,31 | 1,29 | 1,07 | 1,07 | 0,66 | 0,64 | 0,53 | 0,53 |
| 1,74 | 1,31 | 0,82 | 0,45 | 1,74 | 1,31 | 1,07 | 1,07 | 0,87 | 0,65 | 0,53 | 0,53 |

| Armadura Requerida | | | | Armadura de Diseño | | | | Armadura de Diseño (cm ² | | | |
|----------------------|------|------|------|--------------------|------|------|------|-------------------------------------|------|------|------|
| (cm ² /m) | | | | (cm ²) | | | | /nervio) | | | |
| Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx |
| (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) |
| 1,56 | 1,31 | 0,72 | 0,51 | 1,56 | 1,31 | 1,07 | 1,07 | 0,78 | 0,66 | 0,53 | 0,53 |

Nota: Se presenta la armadura requerida y de diseño de cada nervio de la losa de entrepiso nivel +2,65 para la estructura regular.

Tabla 123.

Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura irregular

| Armadura Requerida | | | | Armadura de Diseño | | | | Armadura de Diseño (cm ² | | | |
|----------------------|------|------|------|--------------------|------|------|------|-------------------------------------|------|------|------|
| (cm ² /m) | | | | (cm ²) | | | | /nervio) | | | |
| Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx |
| (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) |
| 1,81 | 1,54 | 0,83 | 0,61 | 1,81 | 1,54 | 1,13 | 1,13 | 0,90 | 0,77 | 0,57 | 0,57 |
| 0,96 | 0,84 | 0,45 | 0,35 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 1,08 | 0,66 | 0,55 | 0,15 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 1,67 | 1,28 | 0,79 | 0,46 | 1,67 | 1,28 | 1,13 | 1,13 | 0,83 | 0,64 | 0,57 | 0,57 |
| 0,98 | 0,69 | 0,48 | 0,22 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 1,06 | 0,81 | 0,51 | 0,29 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 1,16 | 1,39 | 0,45 | 0,65 | 1,16 | 1,39 | 1,13 | 1,13 | 0,58 | 0,69 | 0,57 | 0,57 |
| 1,16 | 1,39 | 0,45 | 0,65 | 1,16 | 1,39 | 1,13 | 1,13 | 0,58 | 0,69 | 0,57 | 0,57 |
| 1,13 | 1,11 | 0,50 | 0,48 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |

Nota: Se presenta la armadura requerida y de diseño de cada nervio de la losa de entrepiso nivel +2,65 para la estructura irregular.

Diseño a Cortante.

Mediante las siguientes formulas se puede realizar una comprobación a cortante de los paneles de la losa de entrepiso:

$$Vu = 1,00m \times L \times Q_D$$

$$v_u = \frac{Vu}{\phi * b * d}$$

$$v_c = 0,53\sqrt{f'c}$$

Donde:

Vu : Fuerza cortante

v_u : Cortante último

L : Longitud entre vigas

Q_D : Carga de diseño

v_c : Esfuerzo permisible

$$v_c = 0,53\sqrt{f'c} = 7,68 \frac{kg}{cm^2}$$

Tabla 124.

Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura regular

| Panel | Lnx (m) | Lny (m) | hy (m) | hx (m) | d | d | b (m) | Vu | vu | Chequeo |
|----------------|------------|------------|-----------|-----------|--------------|------------------|-------|-----------------------|------|---------|
| | | | | | Losa (cm) | cortante (cm) | | (kg/cm ²) | | |
| 4-3-A-B | 3,40 | 3,50 | 1,70 | 1,70 | 16,00 | 1,54 | 20,00 | 1557,99 | 6,49 | OK |
| 3-2-A-B | 3,40 | 4,35 | 1,70 | 1,70 | 16,00 | 1,54 | 20,00 | 1557,99 | 6,49 | OK |
| 4-3-B-C | 3,45 | 3,50 | 1,73 | 1,73 | 16,00 | 1,57 | 20,00 | 1583,28 | 6,60 | OK |
| 3-2-B-C | 3,45 | 4,35 | 1,73 | 1,73 | 16,00 | 1,57 | 20,00 | 1583,28 | 6,60 | OK |
| 2-1-B-C | 3,45 | 3,95 | 1,73 | 1,73 | 16,00 | 1,57 | 20,00 | 1583,28 | 6,60 | OK |

Nota: En la tabla se presenta el chequeo a cortante de cada panel de la losa de entrepiso para la estructura regular.

Tabla 125.

Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura irregular

| Panel | Lnx (m) | Lny (m) | hy (m) | hx (m) | d Losa (cm) | d cortante (cm) | b (m) | Vu (kg/cm ²) | vu | Chequeo |
|---------|------------|------------|-----------|-----------|-------------------|-----------------------|----------|-----------------------------|------|---------|
| 1-2-A-B | 3,85 | 4,35 | 1,93 | 1,93 | 17 | 1,76 | 20 | 1783,08 | 6,99 | OK |
| 1-2-B-C | 2,85 | 3,15 | 1,43 | 1,43 | 17 | 1,26 | 20 | 1275,08 | 5,00 | OK |
| 1-2-C-E | 2,6 | 4,35 | 1,30 | 1,30 | 17 | 1,13 | 20 | 1148,08 | 4,50 | OK |
| 1-2-E-I | 3,52 | 4,35 | 1,76 | 1,76 | 17 | 1,59 | 20 | 1615,44 | 6,34 | OK |
| 2-3-C-E | 2,6 | 3,5 | 1,30 | 1,30 | 17 | 1,13 | 20 | 1148,08 | 4,50 | OK |
| 2-3-E-H | 2,79 | 3,5 | 1,40 | 1,40 | 17 | 1,23 | 20 | 1244,60 | 4,88 | OK |
| 3-4-A-B | 3,85 | 3,35 | 1,68 | 1,68 | 17 | 1,51 | 20 | 1529,08 | 6,00 | OK |
| 3-4-B-D | 3,85 | 3,35 | 1,68 | 1,68 | 17 | 1,51 | 20 | 1529,08 | 6,00 | OK |
| 3-4-D-G | 3,3 | 3,35 | 1,65 | 1,65 | 17 | 1,48 | 20 | 1503,68 | 5,90 | OK |

Nota: En la tabla se presenta el chequeo a cortante de cada panel de la losa de entrepiso para la estructura irregular.

Resumen de armado de losa.

Una vez diseñada la losa de entrepiso nivel +2,65 se obtienen los siguientes armados para cada panel de losa.

Tabla 126.*Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura regular*

| Panel | Armadura de Diseño (As /nervio) | | | |
|----------------|---------------------------------|--------|--------|--------|
| | Asy(-) | Asx(-) | Asy(+) | Asx(+) |
| 4-3-A-B | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 3-2-A-B | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 4-3-B-C | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 3-2-B-C | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 2-1-B-C | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |

Nota: En la tabla se presenta el resumen del armado para la losa de entrepiso de la estructura regular.

Tabla 127.*Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel +2,65 estructura irregular*

| Panel | Armadura de Diseño (As /nervio) | | | |
|----------------|---------------------------------|--------|--------|--------|
| | Asy(-) | Asx(-) | Asy(+) | Asx(+) |
| 1-2-A-B | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 1-2-B-C | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 1-2-C-E | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 1-2-E-I | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 2-3-C-E | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 2-3-E-H | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 3-4-A-B | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 3-4-B-D | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 3-4-D-G | 1 Ø 12 | 1 Ø 12 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |

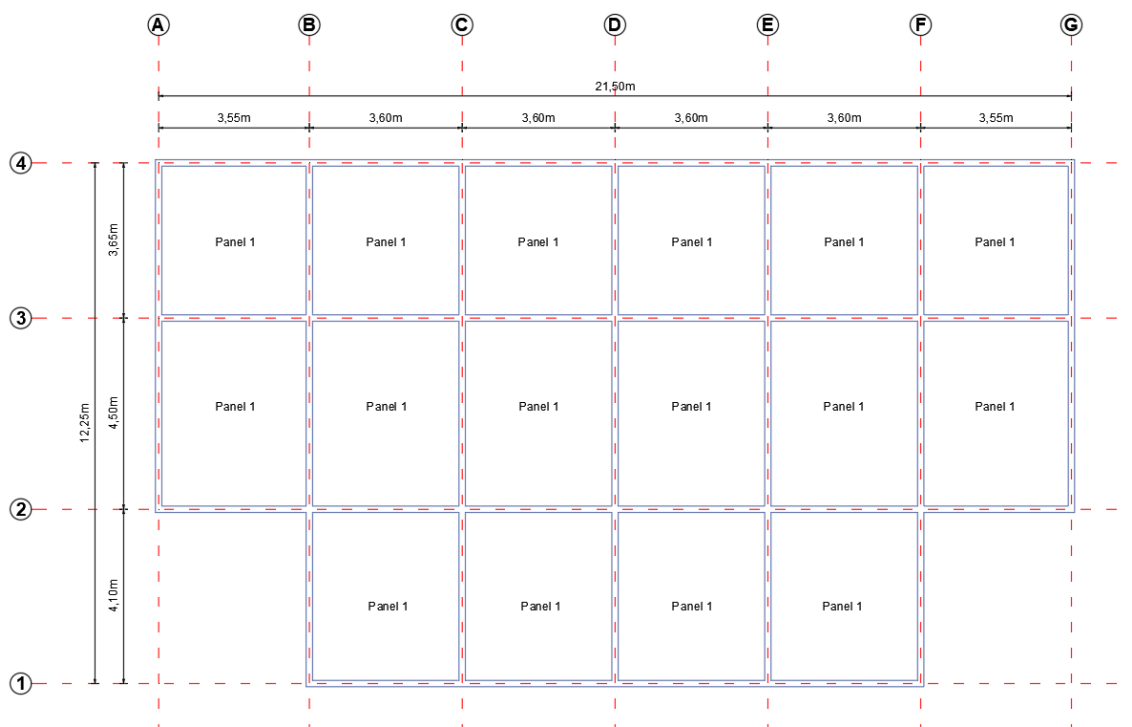
Nota: En la tabla se presenta el resumen del armado para la losa de entrepiso de la estructura irregular.

Cálculo de losa de cubierta nivel +5,30m.

El cálculo y diseño para la losa de cubierta se lo realizará de forma similar a la losa de entrepiso, con la diferencia de que ya no se considera la carga causada por la mampostería debido a que es una losa inaccesible.

Figura 155.

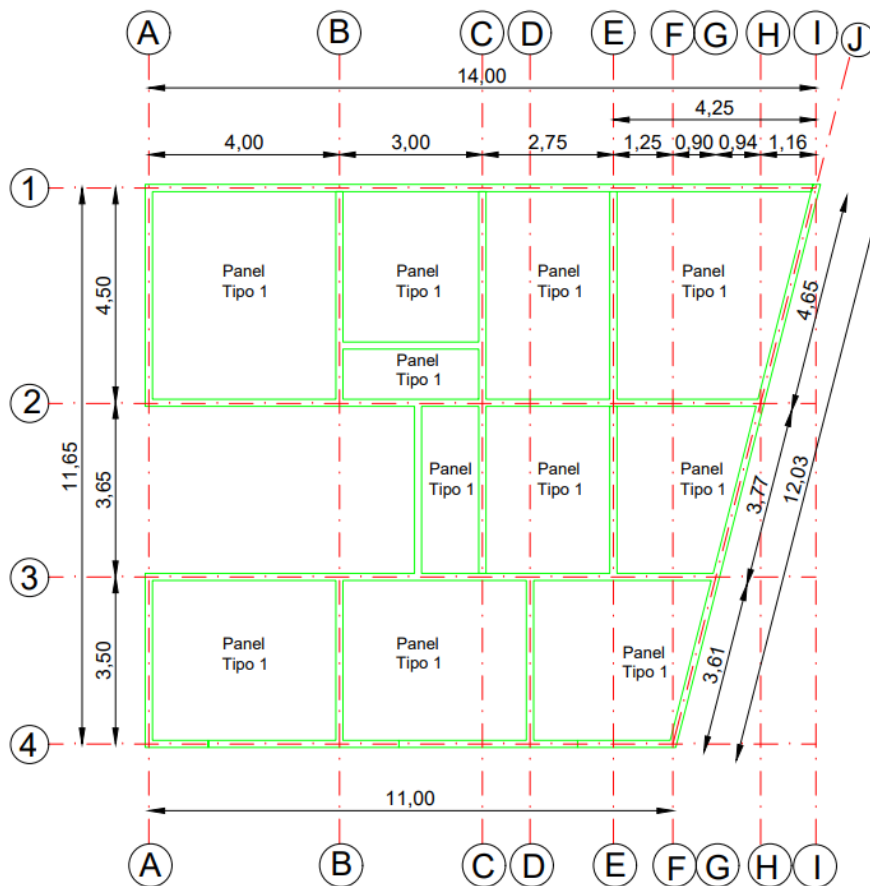
Vista en planta de losa de cubierta estructura regular



Nota: En la figura se presenta la distribución de los tipos de paneles en la losa de cubierta correspondiente a la estructura regular.

Figura 156.

Vista en planta de losa de cubierta estructura irregular



Nota: En la figura se presenta la distribución de los tipos de paneles en la losa de cubierta correspondiente a la estructura irregular.

Por lo tanto, mediante la Figura 153, que presenta los coeficientes de diseño de acuerdo con el tipo de losa, se obtiene lo siguiente:

Tabla 128.

Coefficientes de diseño losa de cubierta estructura regular

| Panel | Losa Tipo | Lx (m) | Ly (m) | Lx/Ly | Coeficientes | | | | |
|---------|-----------|--------|--------|-------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | δ | my(-) | my(+) | mx(-) | mx(+) |
| 4-3-A-B | 1 | 3,55 | 3,65 | 0,97 | 211,23 | 590,03 | 274,71 | 567,56 | 253,62 |

| Panel | Losa Tipo | Lx (m) | Ly (m) | Lx/Ly | Coeficientes | | | | |
|---------|--------------|-----------|-----------|-------|----------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | $\bar{\delta}$ | my(-) | my(+) | mx(-) | mx(+) |
| 3-2-A-B | 1 | 3,55 | 4,50 | 0,79 | 284,78 | 760,67 | 383,56 | 572,33 | 202,33 |
| 4-3-B-C | 1 | 3,60 | 3,65 | 0,99 | 205,62 | 577,01 | 266,36 | 565,78 | 255,81 |
| 3-2-B-C | 1 | 3,60 | 4,50 | 0,80 | 281,00 | 752,00 | 378,00 | 574,00 | 208,00 |
| 2-1-B-C | 1 | 3,60 | 4,10 | 0,88 | 249,78 | 679,41 | 331,95 | 576,34 | 234,54 |

Nota: En el cuadro se presenta los coeficientes de diseño que se utilizaran para el cálculo de momentos de la losa de cubierta nivel +5,30 para la estructura regular.

Tabla 129.

Coeficientes de diseño losa de cubierta estructura irregular

| Panel | Losa Tipo | Lx (m) | Ly (m) | Lx/Ly | Coeficientes | | | | |
|-----------|--------------|-----------|-----------|-------|----------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | $\bar{\delta}$ | my(-) | my(+) | mx(-) | mx(+) |
| 1-2-A-B | 1 | 4 | 4,5 | 0,89 | 245,44 | 669,33 | 325,56 | 576,67 | 238,22 |
| 1-2-B-C | 1 | 3 | 4,5 | 0,67 | 322,00 | 846,00 | 438,33 | 552,00 | 146,67 |
| 1-2-C-E | 1 | 2,75 | 4,5 | 0,61 | 333,67 | 872,67 | 455,56 | 540,33 | 129,44 |
| 1-2-E-I | 1 | 3,67 | 4,5 | 0,82 | 274,78 | 737,53 | 368,82 | 574,47 | 213,29 |
| 1,1-2-B-C | 1 | 3 | 1,2 | 0,40 | 271,20 | 416,00 | 98,40 | 709,60 | 371,20 |
| 2-3-B'-C | 1 | 1,2 | 3,7 | 0,33 | 222,90 | 583,23 | 305,10 | 341,92 | 80,88 |
| 2-3- C-E | 1 | 2,75 | 3,65 | 0,75 | 296,84 | 788,33 | 401,29 | 567,01 | 184,25 |
| 2-3-E-H | 1 | 3,67 | 4,5 | 0,81 | 278,81 | 746,90 | 374,77 | 574,16 | 209,86 |
| 3-4-A-B | 1 | 4 | 3,5 | 0,88 | 251,00 | 576,25 | 233,50 | 682,25 | 333,75 |
| 3-4-B-D | 1 | 4 | 3,5 | 0,88 | 251,00 | 576,25 | 233,50 | 682,25 | 333,75 |
| 3-4-D-G | 1 | 3,45 | 3,5 | 0,99 | 205,86 | 577,57 | 266,71 | 565,86 | 255,71 |

Nota: En el cuadro se presenta los coeficientes de diseño que se utilizaran para el cálculo de momentos de la losa de cubierta nivel +5,30 para la estructura irregular.

Momentos de diseño.

Al tener los coeficientes de diseño para la losa de cubierta se calcula los momentos de diseño mediante las fórmulas anteriores, dando lo siguiente:

Tabla 130.

Momentos de diseño para losa de cubierta Nivel +5,30 estructura regular

| Panel | Losa Tipo | Lx (m) | Ly (m) | Lx/Ly | Momentos (kg-m) | | | |
|---------|--------------|-----------|-----------|-------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | | | | Muy(-) | Muy(+) | Mux(-) | Mux(+) |
| 4-3-A-B | 1 | 3,55 | 3,65 | 0,97 | 526,22 | 245,00 | 506,18 | 226,19 |
| 3-2-A-B | 1 | 3,55 | 4,50 | 0,79 | 678,40 | 342,08 | 510,44 | 180,45 |
| 4-3-B-C | 1 | 3,60 | 3,65 | 0,99 | 529,21 | 244,29 | 518,91 | 234,62 |
| 3-2-B-C | 1 | 3,60 | 4,50 | 0,80 | 689,70 | 346,68 | 526,45 | 190,77 |
| 2-1-B-C | 1 | 3,60 | 4,10 | 0,88 | 623,13 | 304,45 | 528,59 | 215,11 |

Nota: Se detalla el cálculo de momentos de diseño positivos y negativos en cada sentido a través de los coeficientes obtenidos en la Tabla 128 para la estructura regular.

Tabla 131.

Momentos de diseño para losa de cubierta Nivel +5,30 estructura irregular

| Panel | Losa Tipo | Lx (m) | Ly (m) | Lx/Ly | Momentos (kg-m) | | | |
|-----------|--------------|-----------|-----------|-------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | | | | Muy(-) | Muy(+) | Mux(-) | Mux(+) |
| 1-2-A-B | 1 | 4 | 4,5 | 0,89 | 762,50 | 370,87 | 656,94 | 271,38 |
| 1-2-B-C | 1 | 3 | 4,5 | 0,67 | 542,12 | 280,88 | 353,72 | 93,98 |
| 1-2-C-E | 1 | 2,75 | 4,5 | 0,61 | 469,89 | 245,29 | 290,94 | 69,70 |
| 1-2-E-I | 1 | 3,67 | 4,5 | 0,82 | 707,28 | 353,70 | 550,91 | 204,54 |
| 1,1-2-B-C | 1 | 3 | 1,2 | 0,40 | 42,65 | 10,09 | 72,75 | 38,06 |
| 2-3-B'-C | 1 | 1,2 | 3,7 | 0,33 | 59,80 | 31,28 | 35,06 | 8,29 |
| 2-3-C-E | 1 | 2,75 | 3,65 | 0,75 | 424,48 | 216,07 | 305,31 | 99,21 |

| Panel | Losa Tipo | Lx (m) | Ly (m) | Lx/Ly | Momentos (kg-m) | | | |
|---------|--------------|-----------|-----------|-------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | | | | Muy(-) | Muy(+) | Mux(-) | Mux(+) |
| 2-3-E-H | 1 | 2,94 | 3,65 | 0,81 | 459,66 | 230,64 | 353,35 | 129,15 |
| 3-4-A-B | 1 | 4 | 3,500 | 0,88 | 502,61 | 203,66 | 595,06 | 291,10 |
| 3-4-B-D | 1 | 4 | 3,5 | 0,88 | 502,61 | 203,66 | 595,06 | 291,10 |
| 3-4-D-G | 1 | 3,45 | 3,5 | 0,99 | 489,47 | 226,03 | 479,54 | 216,71 |

Nota: Se detalla el cálculo de momentos de diseño positivos y negativos en cada sentido a través de los coeficientes obtenidos en la Tabla 129 para la estructura irregular.

Cantidad de acero y armado.

$$f'c = 210 \frac{kg}{cm^2} \quad fy = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\text{Altura efectiva } d = 20 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 17 \text{ cm}$$

Altura de compresión por nervios (Armadura negativa)

$$b(-) = 10 \text{ cm} * 2 = 20 \text{ cm}$$

Ancho de compresión por loseta de compresion (Armadura positiva)

$$b(+) = 100 \text{ cm}$$

Armadura mínima.

A través de las siguientes fórmulas se encuentra la armadura mínima que necesita la losa de entrepiso.

$$\rho \text{ min} = \frac{14}{fy} = 0,00333$$

$$As \text{ min} = \rho \text{ min} * b * d = 0,00333 * 20 * 17 = 1,1322 \frac{cm^2}{m}$$

Armado de nervios.

La armadura de los nervios positiva y negativa en ambos sentidos será calculada de la misma manera que la losa de entrepiso, dando los siguientes resultados:

Tabla 132.

Armadura de nervios de losa de cubierta Nivel +5,30 estructura regular

| Armadura Requerida | | | | Armadura de Diseño | | | | Armadura de Diseño | | | |
|----------------------|------|------|------|--------------------|------|------|------|---------------------------|------|------|------|
| (cm ² /m) | | | | (cm ²) | | | | (cm ² /nervio) | | | |
| Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx |
| (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) |
| 0,84 | 0,81 | 0,38 | 0,35 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 1,10 | 0,82 | 0,53 | 0,28 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 0,85 | 0,83 | 0,38 | 0,37 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 1,12 | 0,84 | 0,54 | 0,30 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 1,00 | 0,85 | 0,48 | 0,34 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |

Nota: Se presenta la armadura requerida y de diseño de cada nervio de la losa de cubierta nivel + 5,30 para la estructura regular.

Tabla 133.

Armadura de nervios de losa de cubierta Nivel +5,30 estructura irregular

| Armadura Requerida | | | | Armadura de Diseño | | | | Armadura de Diseño | | | |
|----------------------|------|------|------|--------------------|------|------|------|---------------------------|------|------|------|
| (cm ² /m) | | | | (cm ²) | | | | (cm ² /nervio) | | | |
| Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx |
| (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) |
| 1,24 | 1,06 | 0,58 | 0,42 | 1,24 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,62 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 0,87 | 0,56 | 0,44 | 0,15 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |

| Armadura Requerida | | | | Armadura de Diseño | | | | Armadura de Diseño | | | |
|----------------------|------|------|------|--------------------|------|------|------|---------------------------|------|------|------|
| (cm ² /m) | | | | (cm ²) | | | | (cm ² /nervio) | | | |
| Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx | Asy | Asx |
| (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) | (-) | (-) | (+) | (+) |
| 0,75 | 0,46 | 0,38 | 0,11 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 1,15 | 0,88 | 0,55 | 0,32 | 1,15 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 0,07 | 0,11 | 0,02 | 0,06 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 0,09 | 0,05 | 0,05 | 0,01 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 0,68 | 0,48 | 0,34 | 0,15 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 0,73 | 0,56 | 0,36 | 0,20 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 0,80 | 0,96 | 0,32 | 0,45 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 0,80 | 0,96 | 0,32 | 0,45 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| 0,78 | 0,77 | 0,35 | 0,34 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |

Nota: Se presenta la armadura requerida y de diseño de cada nervio de la losa de cubierta nivel + 5,30 para la estructura irregular.

Diseño a cortante.

Para el diseño a cortante tomando en consideración lo mencionado anteriormente, se tiene para la losa de cubierta lo siguiente:

Tabla 134.

Armadura de nervios de losa de cubierta piso Nivel +5,30 estructura regular

| Panel | Lnx (m) | Lny (m) | hy (m) | hx (m) | d | d | b (m) | Vu | vu | Chequeo |
|---------|------------|------------|-----------|-----------|--------------|------------------|-------|-----------------------|------|---------|
| | | | | | Losa (cm) | cortante (cm) | | (kg/cm ²) | | |
| 4-3-A-B | 3,4 | 3,5 | 1,70 | 1,70 | 17 | 1,53 | 20 | 1082,75 | 4,25 | OK |

| Panel | Lnx (m) | Lny (m) | hy (m) | hx (m) | d | | b (m) | Vu | vu | Chequeo |
|----------------|------------|------------|-----------|-----------|--------------|------------------|-------|-----------------------|------|---------|
| | | | | | Losa (cm) | cortante (cm) | | (kg/cm ²) | | |
| 3-2-A-B | 3,4 | 4,35 | 1,70 | 1,70 | 17 | 1,53 | 20 | 1082,75 | 4,25 | OK |
| 4-3-B-C | 3,45 | 3,5 | 1,73 | 1,73 | 17 | 1,56 | 20 | 1100,44 | 4,32 | OK |
| 3-2-B-C | 3,45 | 4,35 | 1,73 | 1,73 | 17 | 1,56 | 20 | 1100,44 | 4,32 | OK |
| 2-1-B-C | 3,45 | 3,95 | 1,73 | 1,73 | 17 | 1,56 | 20 | 1100,44 | 4,32 | OK |

Nota: En la tabla se presenta el chequeo a cortante de toda la losa de cubierta para la estructura regular.

Tabla 135.

Armadura de nervios de losa de cubierta piso Nivel +5,30 estructura irregular

| Panel | Lnx (m) | Lny (m) | hy (m) | hx (m) | d | | b (m) | Vu | vu | Chequeo |
|--------------------|------------|------------|-----------|-----------|--------------|------------------|-------|-----------------------|------|---------|
| | | | | | Losa (cm) | cortante (cm) | | (kg/cm ²) | | |
| 1-2-A-B | 3,85 | 4,35 | 1,93 | 1,93 | 17 | 1,76 | 20 | 1249,56 | 4,90 | OK |
| 1-2-B-C | 2,85 | 4,35 | 1,43 | 1,43 | 17 | 1,26 | 20 | 893,56 | 3,50 | OK |
| 1-2-C-E | 2,6 | 4,35 | 1,30 | 1,30 | 17 | 1,13 | 20 | 804,56 | 3,16 | OK |
| 1-2-E-I | 3,52 | 4,35 | 1,76 | 1,76 | 17 | 1,59 | 20 | 1132,08 | 4,44 | OK |
| 1,1-2-A-B | 2,85 | 1,05 | 0,53 | 0,53 | 17 | 0,36 | 20 | 252,76 | 0,99 | OK |
| 1,1-2,2-C-D | 1,05 | 3,5 | 0,53 | 0,53 | 17 | 0,36 | 20 | 252,76 | 0,99 | OK |
| 2-3-E-H | 2,6 | 3,5 | 1,30 | 1,30 | 17 | 1,13 | 20 | 804,56 | 3,16 | OK |
| 2-3-C-E | 2,79 | 3,500 | 1,40 | 1,40 | 17 | 1,23 | 20 | 872,20 | 3,42 | OK |
| 2,2-3-C-E | 3,85 | 3,350 | 1,68 | 1,68 | 17 | 1,51 | 20 | 1071,56 | 4,20 | OK |
| 3-4-A-B | 3,85 | 3,35 | 1,68 | 1,68 | 17 | 1,51 | 20 | 1071,56 | 4,20 | OK |
| 3-4-B-D | 3,3 | 3,35 | 1,65 | 1,65 | 17 | 1,48 | 20 | 1053,76 | 4,13 | OK |

Nota: En la tabla se presenta el chequeo a cortante de toda la losa de cubierta para la estructura irregular.

Resumen de armado de losa.

Al tener completo el diseño de la losa de cubierta nivel + 5,30 se tiene los siguientes armados para cada panel de losa.

Tabla 136.

Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel + 5,30 estructura regular

| Panel | Armadura de Diseño (As /nervio) | | | |
|---------|---------------------------------|--------|--------|--------|
| | Asy(-) | Asx(-) | Asy(+) | Asx(+) |
| 4-3-A-B | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 3-2-A-B | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 4-3-B-C | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 3-2-B-C | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 2-1-B-C | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |

Nota: En la tabla se presenta el resumen del armado para la losa de cubierta de la estructura regular.

Tabla 137.

Armadura de nervios de losa de entrepiso Nivel + 5,30 estructura irregular

| Panel | Armadura de Diseño (As /nervio) | | | |
|---------|---------------------------------|--------|--------|--------|
| | Asy(-) | Asx(-) | Asy(+) | Asx(+) |
| 1-2-A-B | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 1-2-B-C | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 1-2-C-E | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 1-2-E-I | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |

| Panel | Armadura de Diseño (As /nervio) | | | |
|-----------|---------------------------------|--------|--------|--------|
| | Asy(-) | Asx(-) | Asy(+) | Asx(+) |
| 1,1-2-B-C | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 2-3-B'-C | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 2-3- C-E | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 2-3-E-H | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 3-4-A-B | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 3-4-B-D | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| 3-4-D-G | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |

Nota: En la tabla se presenta el resumen del armado para la losa de cubierta de la estructura irregular.

Diseño de Dalas

El diseño se realiza mediante un análisis de la sección, asumiendo una distribución lineal de deformación unitaria y un bloque de compresión equivalente de según (ACI Committee 318, 2019). La resistencia que aporte el refuerzo longitudinal en la zona de compresión será despreciada. Las dalas para la estructura regular e irregular tiene dimensiones de 15x20.

$$b = 15cm$$

$$h = 20cm$$

$$d = 20 - 3 = 17cm$$

Para determinar el Amín:

$$El\ mayor\ de: \begin{cases} A_{S_{min(a)}} = \frac{0,80\sqrt{f_c}}{4200} * b * d = \frac{0,80\sqrt{210}}{4200} * 15 * 17 = 0,704cm^2 \\ A_{S_{min(b)}} = \frac{14}{f_y} * b * d = \frac{14}{4200} * 15 * 17 = 0,85cm^2 \end{cases}$$

$$\therefore A_{S_{min}} = 0,85 cm^2$$

Armadura Transversal o Estribos.

$$v_u = \frac{V_u}{\phi * b * d}$$

$$v_p = 0.53 * \sqrt{f_y} = 0.53 * \sqrt{210} = 76,8 \frac{T}{m^2}$$

\therefore Se requiere A_v mín

$$s < \begin{cases} \frac{d}{4} = \frac{17}{4} = 4,25 \text{ cm} \\ 6db = 6(1.0) = 6 \text{ cm} \end{cases}$$

\therefore 4,25 cm

Se toma una separación de 10 cm para estribos.

Para determinar $A_{v\text{mín}}$:

$$\text{El mayor de: } \begin{cases} \frac{0,2\sqrt{f_c} * b * s}{4200} * b * d = \frac{0,20\sqrt{210}}{4200} * 15 * 10 = 0,104 \text{ cm}^2 \\ \frac{3,5 * b * s}{f_y} = \frac{3,5 * 15 * 10}{4200} = 0,125 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$\therefore A_{v\text{mín}} = 0,125 \text{ cm}^2$

Estructura Regular.

Figura 157.

Acero requerido en dalas de entrepiso

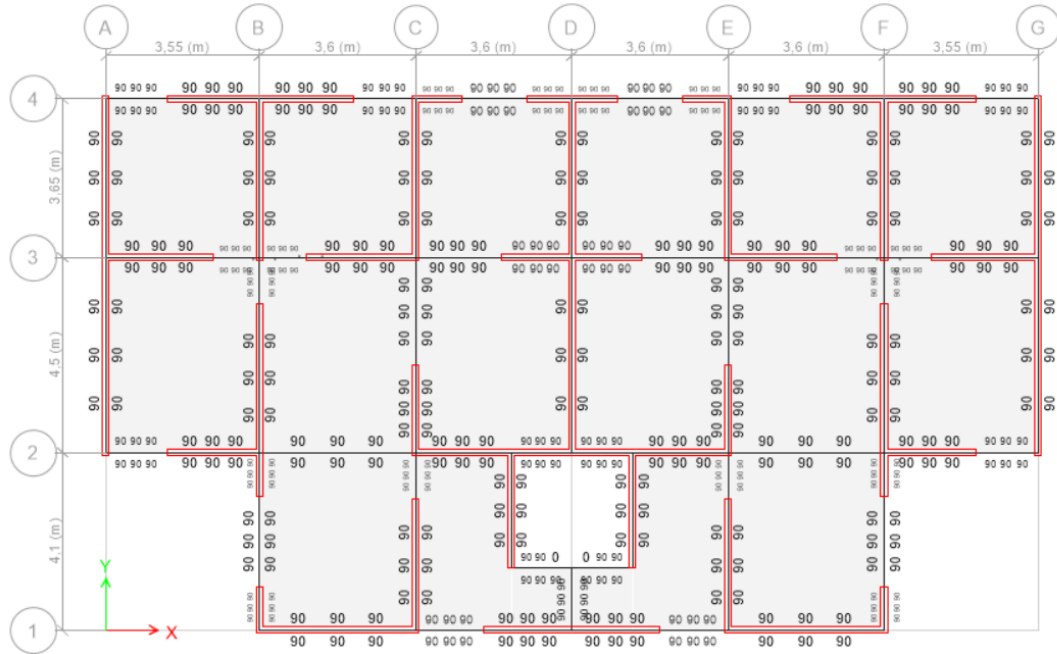
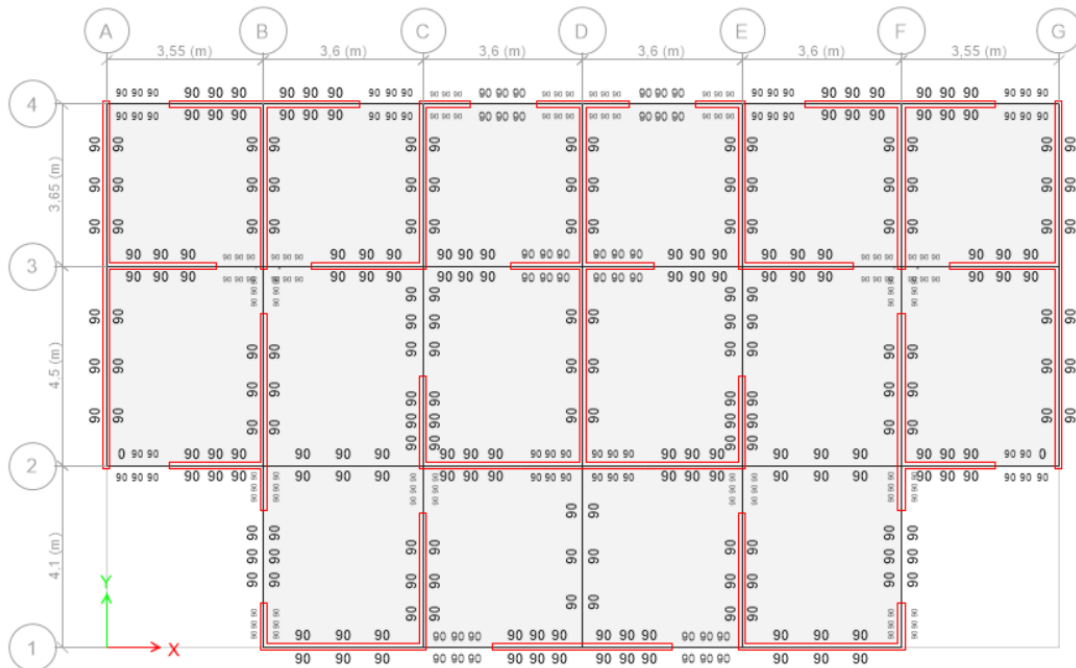


Figura 158.

Acero requerido en dalas de cubierta



Con los datos anteriores y los valores obtenidos por el programa ETABS, se procede a realizar los cálculos para el refuerzo mediante el diseño a flexión y cortante, dando lo siguiente:

Diseño a flexión.

Tabla 138.

Armadura de refuerzo para dalas nivel N+2,65 estructura regular

| Eje | Viga | L (m) | Mu (-) (T-m) | Mu (+) (T-m) | Vu (T) | r Calc. (s/u) | As. Calc. (cm²) |
|---------------|-------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| EJE 4 | AB | 1,43 | 0,15 | 0,12 | 0,31 | 0,0033 | 0,80 |
| | BC | 1,43 | 0,10 | 0,07 | 0,21 | 0,0033 | 0,80 |
| | CD | 1,50 | 0,14 | 0,06 | 0,31 | 0,0033 | 0,80 |
| | DE | 1,50 | 0,16 | 0,08 | 0,36 | 0,0033 | 0,80 |
| | EF | 1,43 | 0,11 | 0,06 | 0,23 | 0,0033 | 0,80 |
| | FG | 1,43 | 0,14 | 0,12 | 0,30 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 3 | AB | 1,08 | 0,09 | 0,08 | 0,19 | 0,0033 | 0,80 |
| | BC | 1,08 | 0,08 | 0,07 | 0,17 | 0,0033 | 0,80 |
| | CC1' | 0,90 | 0,07 | 0,06 | 0,18 | 0,0033 | 0,80 |
| | C1'D | 1,08 | 0,11 | 0,09 | 0,23 | 0,0033 | 0,80 |
| | DD1' | 1,08 | 0,11 | 0,09 | 0,23 | 0,0033 | 0,80 |
| | D1'E | 0,90 | 0,07 | 0,06 | 0,18 | 0,0033 | 0,80 |
| | EF | 1,08 | 0,08 | 0,07 | 0,16 | 0,0033 | 0,80 |
| | FG | 1,08 | 0,09 | 0,08 | 0,18 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 2' | BC | 1,08 | 0,16 | 0,11 | 0,30 | 0,0033 | 0,80 |
| | EF | 1,08 | 0,15 | 0,11 | 0,30 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 2 | AB | 1,43 | 0,14 | 0,13 | 0,31 | 0,0033 | 0,80 |
| | BC | 3,60 | 0,52 | 0,26 | 0,69 | 0,0037 | 0,90 |

| Eje | Viga | L (m) | Mu (-) (T-m) | Mu (+) (T-m) | Vu (T) | r Calc. (s/u) | As. Calc. (cm ²) |
|---------------|--------|----------|-----------------|-----------------|-----------|------------------|---------------------------------|
| | EF | 3,60 | 0,52 | 0,26 | 0,70 | 0,0038 | 0,90 |
| | FG | 1,43 | 0,14 | 0,13 | 0,31 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 1' | GRADA | 2,80 | 0,31 | 0,27 | 0,55 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 1 | CD | 1,58 | 0,11 | 0,05 | 0,23 | 0,0033 | 0,80 |
| | DE | 1,58 | 0,11 | 0,05 | 0,22 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE B | E3-E2 | 1,00 | 0,17 | 0,12 | 0,36 | 0,0033 | 0,80 |
| | E2-E1 | 2,10 | 0,18 | 0,14 | 0,34 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE C | E3-E2' | 1,40 | 0,07 | 0,03 | 0,18 | 0,0033 | 0,80 |
| | E2'-E2 | 1,08 | 0,08 | 0,07 | 0,18 | 0,0033 | 0,80 |
| | E2-E1 | 1,08 | 0,09 | 0,07 | 0,20 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE D | E2-E1 | 1,43 | 0,15 | 0,06 | 0,20 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE E | E3-E2' | 1,40 | 0,07 | 0,03 | 0,18 | 0,0033 | 0,80 |
| | E2'-E2 | 1,08 | 0,07 | 0,07 | 0,18 | 0,0033 | 0,80 |
| | E2-E1 | 1,08 | 0,09 | 0,07 | 0,20 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE B | E3-E2 | 1,00 | 0,15 | 0,13 | 0,32 | 0,0033 | 0,80 |
| | E2-E1 | 2,10 | 0,18 | 0,14 | 0,34 | 0,0033 | 0,80 |

Nota: En la tabla se presenta el refuerzo que se necesita para las dalas del nivel

N+2,65, de la estructura regular por lo que se usará un armado de 2Ø10mm.

Tabla 139.

Armadura de refuerzo para dalas nivel N+5,30 estructura regular

| Eje | Viga | L (m) | Mu (-) (T-m) | Mu (+) (T-m) | Vu (T) | r Calc. (s/u) | As. Calc. (cm ²) |
|--------------|------|----------|-----------------|-----------------|-----------|------------------|---------------------------------|
| EJE 4 | AB | 1,43 | 0,14 | 0,11 | 0,28 | 0,0033 | 0,90 |
| | BC | 1,43 | 0,11 | 0,07 | 0,21 | 0,0033 | 0,90 |

| Eje | Viga | L (m) | Mu (-) (T-m) | Mu (+) (T-m) | Vu (T) | r Calc. (s/u) | As. Calc. (cm²) |
|---------------|-------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|---|
| | CD | 1,50 | 0,12 | 0,05 | 0,25 | 0,0033 | 0,90 |
| | DE | 1,50 | 0,13 | 0,06 | 0,29 | 0,0033 | 0,90 |
| | EF | 1,43 | 0,11 | 0,06 | 0,23 | 0,0033 | 0,90 |
| | FG | 1,43 | 0,14 | 0,11 | 0,27 | 0,0033 | 0,90 |
| | AB | 1,08 | 0,10 | 0,08 | 0,18 | 0,0033 | 0,90 |
| | BC | 1,08 | 0,08 | 0,07 | 0,15 | 0,0033 | 0,90 |
| | CC1' | 0,90 | 0,06 | 0,05 | 0,15 | 0,0033 | 0,90 |
| EJE 3 | C1'D | 1,08 | 0,12 | 0,10 | 0,24 | 0,0033 | 0,90 |
| | DD1' | 1,08 | 0,12 | 0,10 | 0,24 | 0,0033 | 0,90 |
| | D1'E | 0,90 | 0,06 | 0,05 | 0,15 | 0,0033 | 0,90 |
| | EF | 1,08 | 0,08 | 0,06 | 0,15 | 0,0033 | 0,90 |
| | FG | 1,08 | 0,09 | 0,08 | 0,18 | 0,0033 | 0,90 |
| EJE 2' | BC | 1,08 | 0,13 | 0,11 | 0,27 | 0,0033 | 0,90 |
| | EF | 1,08 | 0,13 | 0,11 | 0,27 | 0,0033 | 0,90 |
| | AB | 1,43 | 0,13 | 0,12 | 0,28 | 0,0033 | 0,90 |
| EJE 2 | BC | 3,60 | 0,35 | 0,17 | 0,47 | 0,0033 | 0,90 |
| | EF | 3,60 | 0,36 | 0,17 | 0,49 | 0,0033 | 0,90 |
| | FG | 1,43 | 0,13 | 0,12 | 0,28 | 0,0033 | 0,90 |
| EJE 1 | CD | 1,58 | 0,10 | 0,07 | 0,19 | 0,0033 | 0,90 |
| | DE | 1,58 | 0,10 | 0,07 | 0,18 | 0,0033 | 0,90 |
| EJE B | E3-E2 | 1,00 | 0,18 | 0,14 | 0,35 | 0,0033 | 0,90 |
| | E2-E1 | 2,10 | 0,14 | 0,10 | 0,27 | 0,0033 | 0,90 |
| | E3-E2' | 1,40 | 0,06 | 0,02 | 0,13 | 0,0033 | 0,90 |
| EJE C | E2'-E2 | 1,08 | 0,06 | 0,06 | 0,16 | 0,0033 | 0,90 |
| | E2-E1 | 1,08 | 0,11 | 0,09 | 0,23 | 0,0033 | 0,90 |

| Eje | Viga | L (m) | Mu (-) (T-m) | Mu (+) (T-m) | Vu (T) | r Calc. (s/u) | As. Calc. (cm ²) |
|--------------|--------|----------|-----------------|-----------------|-----------|------------------|---------------------------------|
| EJE D | E2-E1 | 4,10 | 0,48 | 0,27 | 0,57 | 0,0033 | 0,90 |
| | E3-E2' | 1,40 | 0,06 | 0,02 | 0,15 | 0,0033 | 0,90 |
| EJE E | E2'-E2 | 1,08 | 0,06 | 0,06 | 0,16 | 0,0033 | 0,90 |
| | E2-E1 | 1,08 | 0,11 | 0,09 | 0,24 | 0,0033 | 0,90 |
| EJE B | E3-E2 | 1,00 | 0,17 | 0,15 | 0,36 | 0,0033 | 0,90 |
| | E2-E1 | 2,10 | 0,14 | 0,10 | 0,27 | 0,0033 | 0,90 |

Nota: En la tabla se presenta el refuerzo que se necesita para las dalas del nivel N+5,30, de la estructura regular por lo que se usará un armado de 2Ø10mm.

Diseño a cortante.

Tabla 140.

Armadura transversal para dalas nivel N+2,65 estructura regular

| Eje | Viga | Vu (kg/cm ²) | Chequeo | S (cm) | Av. Calc. (cm ²) |
|--------------|------|-----------------------------|---------|--------|---------------------------------|
| EJE 4 | AB | 1,73 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | BC | 1,18 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | CD | 1,70 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | DE | 1,98 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | EF | 1,28 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | FG | 1,67 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 3 | AB | 1,05 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | BC | 0,92 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | CC1' | 0,98 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | C1'D | 1,27 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |

| Eje | Viga | Vu (kg/cm²) | Chequeo | S (cm) | Av. Calc. (cm²) |
|---------------|-------------|-----------------------------------|----------------|---------------|---------------------------------------|
| | DD1' | 1,29 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | D1'E | 0,99 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | EF | 0,90 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | FG | 1,02 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 2' | BC | 1,68 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | EF | 1,64 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 2 | AB | 1,75 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | BC | 3,82 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | EF | 3,86 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | FG | 1,75 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 1' | GRADA | 3,06 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 1 | CD | 1,27 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | DE | 1,23 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE B | E3-E2 | 1,99 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2-E1 | 1,89 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE C | E3-E2' | 0,98 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2'-E2 | 1,01 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2-E1 | 1,10 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE D | E2-E1 | 1,14 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE E | E3-E2' | 0,98 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2'-E2 | 1,00 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2-E1 | 1,10 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE B | E3-E2 | 1,78 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2-E1 | 1,89 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |

Nota: En la tabla se presenta el refuerzo transversal que se necesita para las dalas del nivel N+2,65, de la estructura regular por lo que se usará un armado de $1E\emptyset 10mm@10cm$.

Tabla 141.

Armadura transversal para dalas nivel N+5,30 estructura regular

| Eje | Viga | Vu (kg/cm²) | Chequeo | S (cm) | Av. Calc. (cm²) |
|---------------|-------------|-----------------------------------|----------------|---------------|---------------------------------------|
| EJE 4 | AB | 1,40 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | BC | 1,05 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | CD | 1,25 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | DE | 1,41 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | EF | 1,12 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | FG | 1,35 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 3 | AB | 0,91 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | BC | 0,75 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | CC1' | 0,75 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | C1'D | 1,19 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | DD1' | 1,20 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | D1'E | 0,76 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | EF | 0,72 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | FG | 0,89 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 2' | BC | 1,36 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | EF | 1,33 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 2 | AB | 1,38 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | BC | 2,34 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | EF | 2,41 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | FG | 1,39 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |

| Eje | Viga | Vu (kg/cm ²) | Chequeo | S (cm) | Av. Calc. (cm ²) |
|--------------|--------|-----------------------------|---------|--------|---------------------------------|
| EJE 1 | CD | 0,92 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | DE | 0,90 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE B | E3-E2 | 1,71 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2-E1 | 1,34 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE C | E3-E2' | 0,66 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2'-E2 | 0,80 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2-E1 | 1,16 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE D | E2-E1 | 2,83 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E3-E2' | 0,74 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE E | E2'-E2 | 0,80 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2-E1 | 1,16 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE B | E3-E2 | 1,78 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E2-E1 | 1,34 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |

Nota: En la tabla se presenta el refuerzo transversal que se necesita para las dalas del nivel N+5,30, de la estructura regular por lo que se usará un armado de $1E\emptyset 10mm@10cm$.

Estructura Irregular.

Figura 159.

Acero requerido en dalas de entrepiso

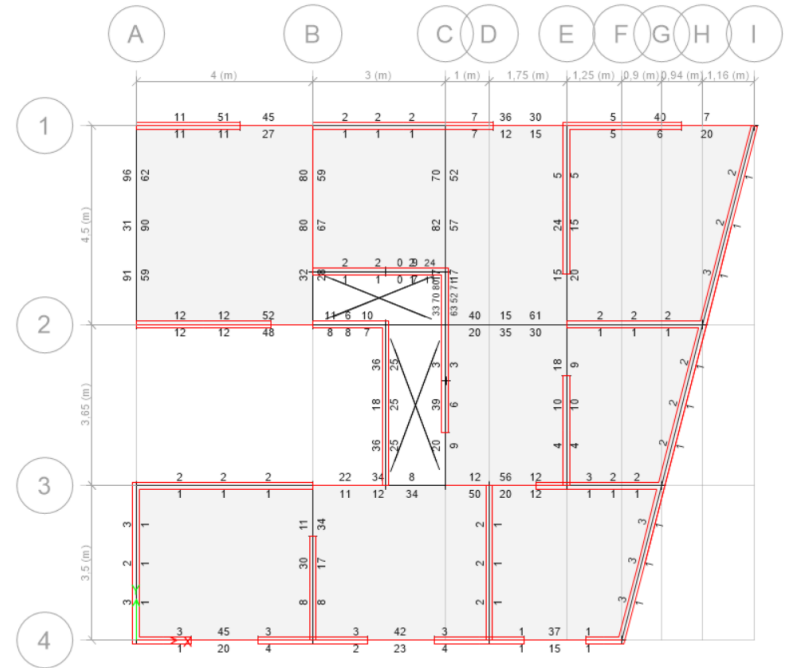
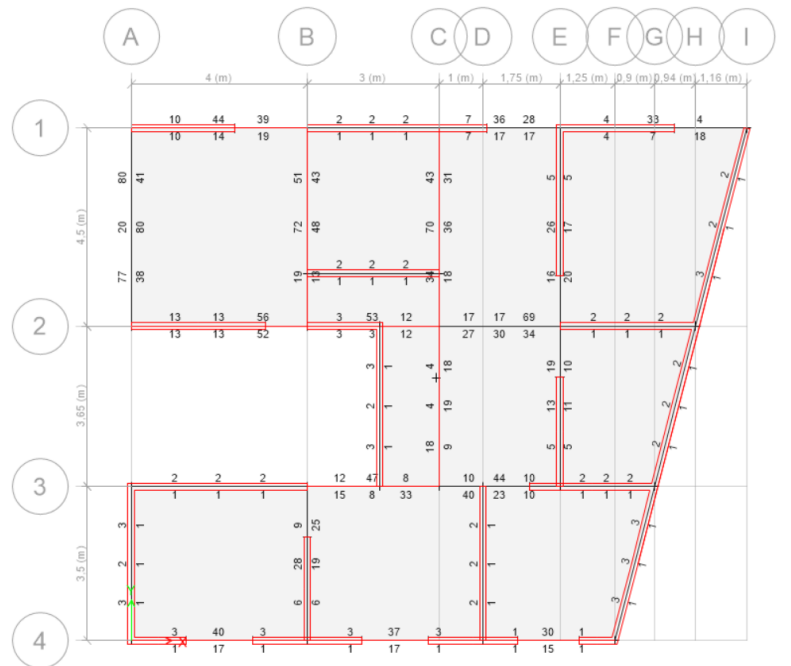


Figura 160.

Acero requerido en dalas de cubierta



Con los datos anteriores y los valores obtenidos por el programa ETABS, se procede a realizar los cálculos para el refuerzo mediante el diseño a flexión y cortante, dando lo siguiente:

Diseño a flexión.

Tabla 142.

Armadura de refuerzo para dalas nivel N+2,65 estructura irregular

| EJE | Viga | Mu (-) T - m | Mu (+) T - m | Vu T | ρ Calc. | As. Calc. cm² |
|----------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---|
| EJE 1 | A-B | 0,29 | 0,12 | 0,45 | 0,0033 | 0,80 |
| | B-C | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,0033 | 0,80 |
| | C-E | 0,26 | 0,11 | 0,40 | 0,0033 | 0,80 |
| | E-I | 0,26 | 0,17 | 0,20 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 1,1 | B-C | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 2 | A-B | 0,44 | 0,41 | 0,86 | 0,0033 | 0,80 |
| | B-C | 0,05 | 0,04 | 0,17 | 0,0033 | 0,80 |
| | C-E | 0,46 | 0,26 | 0,75 | 0,0033 | 0,80 |
| | E-H | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 3 | A-B | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,0033 | 0,80 |
| | B-C | 0,02 | 0,01 | 0,09 | 0,0033 | 0,80 |
| | C-E | 0,03 | 0,02 | 0,10 | 0,0033 | 0,80 |
| | E-G | 0,02 | 0,01 | 0,11 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 4 | A-B | 0,32 | 0,16 | 0,57 | 0,0033 | 0,80 |
| | B-C | 0,32 | 0,16 | 0,59 | 0,0033 | 0,80 |
| | D-F | 0,27 | 0,16 | 0,47 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE A | 1-2 | 0,87 | 0,71 | 1,05 | 0,0065 | 1,56 |
| | 3-4 | 0,02 | 0,02 | 0,12 | 0,0033 | 0,80 |

| EJE | Viga | Mu (-) | Mu (+) | Vu | ρ Calc. | As. Calc. cm ² |
|--------|------|--------|--------|------|---------|------------------------------|
| | | T - m | T - m | T | | |
| EJE B | 1-2 | 0,77 | 0,62 | 1,23 | 0,0057 | 1,37 |
| | 3-4 | 0,29 | 0,28 | 0,60 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE B' | 2-3 | 0,23 | 0,19 | 0,37 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE C | 1-2 | 0,86 | 0,68 | 1,01 | 0,0064 | 1,54 |
| | 2-3 | 0,21 | 0,18 | 0,37 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE D | 3-4 | 0,03 | 0,02 | 0,12 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE E | 1-2 | 0,20 | 0,16 | 0,41 | 0,0033 | 0,80 |
| | 2-3 | 0,15 | 0,11 | 0,30 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE J | 1-2 | 0,02 | 0,02 | 0,12 | 0,0033 | 0,80 |
| | 2-3 | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,0033 | 0,85 |
| | 3-4 | 0,03 | 0,02 | 0,12 | 0,0033 | 0,91 |

Nota: En la tabla se presenta el refuerzo que se necesita para las dalas del nivel N+2,65, de la estructura irregular por lo que se usará un armado de 2Ø10mm.

Tabla 143.

Armadura de refuerzo para dalas nivel N+5,30 estructura irregular

| EJE | Viga | Mu (-) | Mu (+) | Vu | ρ Calc. | As. Calc. cm ² |
|---------|------|--------|--------|------|---------|------------------------------|
| | | T - m | T - m | T | | |
| EJE 1 | A-B | 0,33 | 0,16 | 0,49 | 0,0033 | 0,80 |
| | B-C | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,0033 | 0,80 |
| | C-E | 0,29 | 0,15 | 0,42 | 0,0033 | 0,80 |
| | E-I | 0,31 | 0,24 | 0,23 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 1,1 | B-C | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 2 | A-B | 0,50 | 0,47 | 0,91 | 0,0036 | 0,87 |

| EJE | Viga | Mu (-) T - m | Mu (+) T - m | Vu T | ρ Calc. | As. Calc. cm² |
|---------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---|
| | B-C | 0,20 | 0,04 | 0,21 | 0,0033 | 0,80 |
| | C-E | 0,38 | 0,19 | 0,62 | 0,0033 | 0,80 |
| | E-H | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 3 | A-B | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,0033 | 0,80 |
| | B-C | 0,28 | 0,22 | 0,59 | 0,0033 | 0,80 |
| | C-E | 0,28 | 0,21 | 0,56 | 0,0033 | 0,80 |
| | E-G | 0,02 | 0,01 | 0,11 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE 4 | A-B | 0,34 | 0,21 | 0,59 | 0,0033 | 0,80 |
| | B-C | 0,33 | 0,21 | 0,58 | 0,0033 | 0,80 |
| | D-F | 0,28 | 0,19 | 0,43 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE A | 1-2 | 0,63 | 0,71 | 0,94 | 0,0052 | 1,25 |
| | 3-4 | 0,02 | 0,02 | 0,12 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE B | 1-2 | 0,67 | 0,52 | 1,01 | 0,0049 | 1,18 |
| | 3-4 | 0,25 | 0,24 | 0,29 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE B' | 2-3 | 0,02 | 0,02 | 0,12 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE C | 1-2 | 0,76 | 0,57 | 0,86 | 0,0056 | 1,35 |
| | 2-3 | 0,30 | 0,08 | 0,38 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE D | 3-4 | 0,02 | 0,02 | 0,12 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE E | 1-2 | 0,23 | 0,21 | 0,48 | 0,0033 | 0,80 |
| | 2-3 | 0,19 | 0,12 | 0,31 | 0,0033 | 0,80 |
| EJE J | 1-2 | 0,02 | 0,02 | 0,12 | 0,0033 | 0,80 |
| | 2-3 | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,0033 | 0,85 |
| | 3-4 | 0,03 | 0,03 | 0,12 | 0,0033 | 0,91 |

Nota: En la tabla se presenta el refuerzo que se necesita para las dalas del nivel N+5,30, de la estructura irregular por lo que se usará un armado de $2\phi 10mm$.

Diseño a cortante.

Tabla 144.

Armadura transversal para dalas nivel N+2,65 estructura irregular

| Eje | Viga | Vu kg/cm² | Chequeo | S (cm) | Av. Calc. cm² |
|----------------|-------------|-----------------------------|----------------|---------------|---------------------------------|
| EJE 1 | A-B | 2,48 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | B-C | 0,56 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | C-E | 2,20 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E-I | 1,14 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 1,2 | B-C | 0,56 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 2 | A-B | 4,77 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | B-C | 0,92 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | C-E | 4,19 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E-H | 0,58 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 3 | A-B | 0,57 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | B-C | 0,48 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | C-E | 0,57 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | E-G | 0,60 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE 4 | A-B | 3,16 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | B-C | 3,26 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | D-F | 2,59 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE A | 1-2 | 5,86 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | 3-4 | 0,65 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE B | 1-2 | 6,85 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |

| Eje | Viga | Vu kg/cm ² | Chequeo | S (cm) | Av. Calc. cm ² |
|---------------|------|-----------------------|---------|--------|---------------------------|
| | 3-4 | 3,34 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE B' | 2-3 | 2,04 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE C | 1-2 | 5,64 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | 2-3 | 2,03 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE D | 3-4 | 0,66 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE E | 1-2 | 2,28 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | 2-3 | 1,64 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| EJE J | 1-2 | 0,65 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | 2-3 | 0,50 | vu<vp | 10,00 | 0,13 |
| | 3-4 | 0,60 | vu<vp | 10,00 | 0,14 |

Nota: En la tabla se presenta el refuerzo transversal que se necesita para las dalas del nivel N+2,65, de la estructura irregular por lo que se usará un armado de 1EØ10mm@10cm.

Tabla 145.

Armadura transversal para dalas nivel N+5,30 estructura irregular

| EJE | Viga | vu kg/cm ² | Chequeo | S (cm) | Av. Calc. cm ² |
|----------------|------|-----------------------|---------|--------|---------------------------|
| EJE 1 | A-B | 2,72 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | B-C | 0,56 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | C-E | 2,34 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | E-I | 1,30 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE 1,1 | B-C | 0,57 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE 2 | A-B | 5,06 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |

| EJE | Viga | vu kg/cm² | Chequeo | S (cm) | Av. Calc. cm² |
|---------------|-------------|---------------------------------|----------------|---------------|-------------------------------------|
| | B-C | 1,19 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | C-E | 3,47 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | E-H | 0,57 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE 3 | A-B | 0,57 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | B-C | 3,29 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | C-E | 3,14 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | E-G | 0,60 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE 4 | A-B | 3,27 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | B-C | 3,22 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | D-F | 2,39 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE A | 1-2 | 5,21 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | 3-4 | 0,65 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE B | 1-2 | 5,62 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | 3-4 | 1,63 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE B' | 2-3 | 0,68 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE C | 1-2 | 4,77 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | 2-3 | 2,10 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE D | 3-4 | 0,66 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE E | 1-2 | 2,69 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | 2-3 | 1,69 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| EJE J | 1-2 | 0,66 | vu<vp | 8,00 | 0,10 |
| | 2-3 | 0,50 | vu<vp | 8,00 | 0,11 |
| | 3-4 | 0,60 | vu<vp | 8,00 | 0,11 |

Nota: En la tabla se presenta el refuerzo transversal que se necesita para las dalas del nivel N+5,30, de la estructura irregular por lo que se usará un armado de $1E\emptyset 10mm@10cm$.

Diseño de Gradadas

Estructura Regular.

- Altura de piso = 2,65 m
- Altura del descanso = 1,23 m
- Ancho de descanso = 1,20 m
- Carga viva de gradadas (NEC-SE-HM, 2015)= 500 kg/m²
- Dimensión de huella impuesta = 0,28 m (Dimensión mínima 28mm)(NTE INEN 2249, 2016).
- Dimensión de contrahuella = 0,18 m (Dimensión máxima 180 mm)(NTE INEN 2249, 2016).

$$\text{número de contrahuellas} = \frac{1,23}{0,18} = 7$$

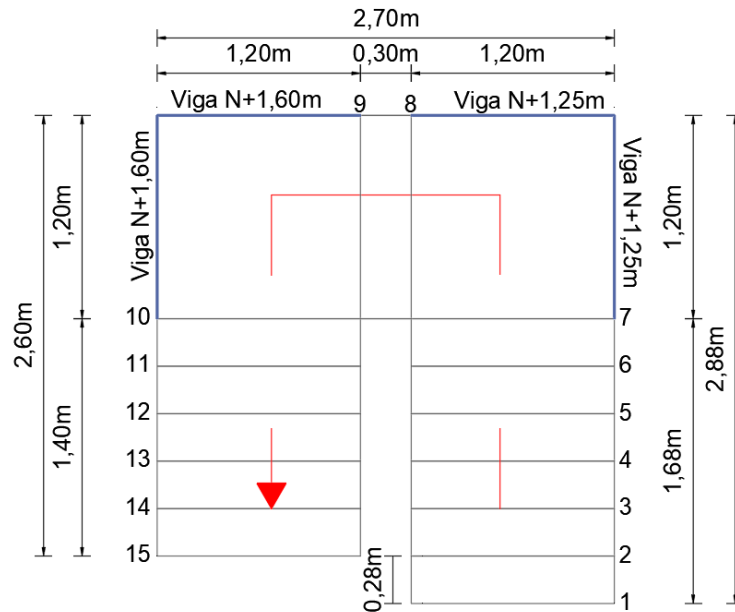
- Luz libre

$$L = \text{ancho del descanso} + \# \text{ peldaños} * \text{huella}$$

$$L = 1.20 + 6 * 0,28m = 2,88m$$

Figura 161.

Vista en planta y elevación de grada de estructura regular



Espesor de la Losa de Grada.

Para determinar el espesor de losa, se recurre a la Tabla 7.3.1.1 (ACI Committee 318, 2019). Se asume que es un extremo continuo el arranque y llegada de la grada por estar unida a la losa o viga de entrepiso, el descanso se apoyará en dos columnas, por lo que se tiene dos extremos continuos, se utiliza el coeficiente 24 para dar mayor rigidez a la losa de la grada.

$$\frac{l}{24} = \frac{2,88}{24} = 12 \text{ cm}$$

Cargas en la Gradadas.

Tabla 146.

Cuadro de cargas que actúa en la losa de Escalera

| Descripción | Cálculo | Cantidad | Unidad |
|-----------------|--|----------|--------|
| Peso de la losa | $(1,20\text{m}) \times (1,00 \text{ m}) \times (0,12 \text{ m}) \times (2400 \text{ kg/cm}^3)$ | 345,60 | kg/m |

| Descripción | Cálculo | Cantidad | Unidad |
|-------------------------------|--|----------|--------|
| Peso corregido de losa | $374,40/\cos \alpha$ | 403,19 | kg/m |
| Acabados | Acabado común (100 kg/m ²) *(1,20m) | 120,00 | kg/m |
| Peso de peldaño (p) | (3,06 p/m*0,18*0,12*1,20) (1700kg/m ³) | 138,58 | kg/m |
| Barandilla | Asumido | 90,00 | kg/m |
| Carga muerta (D) | Sumatoria de las cargas anteriores | 751,77 | kg/m |
| Carga viva (L) | (500 kg/m ²)*(1,20m) | 600,00 | kg/m |
| Carga de Diseño | 1.2D+1.6L | 1862,12 | kg/m |

Nota. Se realiza una corrección al peso de losa, ya que el peso obtenido corresponde a una losa en posición horizontal, pero la losa se encuentra inclinado a 31°.

Momentos y Armado.

Para tomar en cuenta el sismo, el momento negativo se lo asume igual al positivo

$$M = \frac{w * l^2}{10}$$

$$Mu = \frac{1,86 T/m * 2,88^2}{10} = 1,54 T - m$$

$$d = 12 - 2 = 10cm$$

$$\rho = 0,85 * \frac{210}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 1,54 * 10^5}{0,9 * 0,85 * 210 * 120 * (10^2)}} \right) = 0,0035$$

$$As = 0,0035 * 120 * 10 = 4,20cm^2$$

$$6 \emptyset 10 mm = 4,71 cm^2$$

Armadura por Temperatura.

$$Asd = 0,0018 * b * t$$

$$Asd = 0,0018 * (100) * (12)$$

$$Asd = 2,16 \text{ cm}^2/m$$

$$\approx 1 \text{ } \emptyset \text{ 8mm @ 20cm}$$

Análisis por Cortante.

$$Vu = \frac{1,86 \frac{t}{m} * 2,880m}{2} - 0,1 * 1,86 = 2,49 T$$

$$vu = \frac{Vu}{\phi * b * d} = \frac{2,49 * 10^3}{0,75 * 120 * 10} = 2,77 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante que soporta el hormigón

$$vc = 0,53 * \sqrt{f'c} = 0,53 * \sqrt{210} = 7,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$vc > vu \rightarrow OK$$

Losa de Descanso.

Al diseñar las gradas en forma aislada se analiza como un pórtico, con una carga sísmica a nivel de dintel, e insistiendo que la losa de descanso esté apoyada en dos muros de hormigón armado.

$$L \text{ central} = 1,30m$$

$$L \text{ volados} = 0,60m$$

Peso por metro cuadrado de la losa de grada:

$$\frac{1,86 T/m}{1,20m} = 1,55 \frac{T}{m^2}$$

Se realiza una generalización ya que el peso de descanso es menor al no existir peldaños sobre él.

$$w = 1,55 * \left(\frac{3,30}{2} + 0,20 \right) = 2,89 \frac{T}{m}$$

Momento negativo mayor en voladizo

$$M = \frac{w * L^2}{2} = \frac{2,89 * 0,60^2}{2} = 0,52 T - m$$

$$A_s = 1,36 \text{ cm}^2$$

El armado de la viga es igual tanto en la armadura superior como la inferior, se chequea armadura mínima, asumiendo una $b = 15 \text{ cm}$, $h = 20 \text{ cm}$.

$$A_{smin} = \frac{14}{4200} * 15 * 18 = 0,89 \text{ cm}^2$$

Colocar: $4\phi 10 \text{ mm}$ y $1E\phi 8 \text{ mm @} 10 \text{ cm}$

Estructura Irregular.

- Altura de piso = 2,65 m
- Altura del descanso = 1,45 m
- Carga viva de gradas (NEC-SE-HM, 2015) = 500 kg/m²
- Dimensión de huella impuesta = 0,30 m.
- Dimensión de contrahuella = 0,18 m.

$$\text{número de contrahuellas} = \frac{1,45}{0,18} = 8$$

- Luz libre

$$L = \text{ancho del descanso} + \# \text{ peldaños} * \text{huella}$$

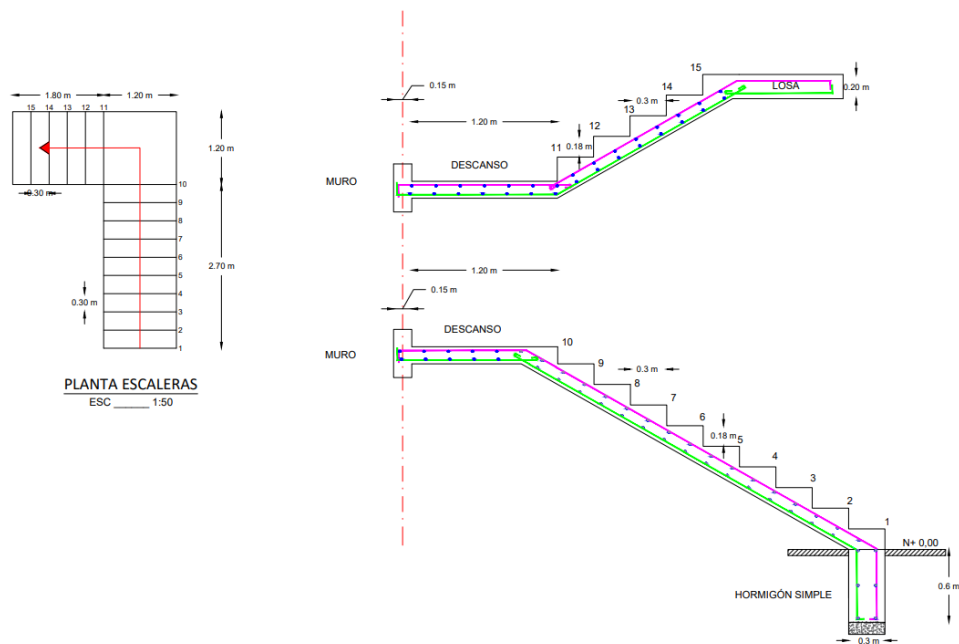
$$L = 1,2 + 7 * 0,30 \text{ m} = 3,3 \text{ m}$$

- Luz libre a un eje

$$L = 3,3 + \frac{0,20}{2} = 3,4$$

Figura 162.

Vista en planta y elevación de grada de estructura regular



Espesor de la Losa de Grada.

La losa de descanso se apoyará en el muro, es decir tiene 2 extremos continuos, por lo que se utilizará el coeficiente 24 el cual brindará una mayor rigidez.

$$\frac{l}{24} = \frac{3,4}{24} = 15\text{cm}$$

Cargas en la Grada

Tabla 147.

Cargas que actúan en losa de escalera

| Descripción | Cálculo | Cantidad | Unidad |
|------------------------|---|----------|--------|
| Peso de la losa | (1,20m) (1,00 m) (0,15 m) (2400 kg/m ³) | 432,00 | kg/m |
| Peso corregido de losa | 432/ cos α | 503,99 | kg/m |
| Acabados | (100 kg/m ²)(1,20) | 120,00 | kg/m |
| Peso de peldaño (p) | (0,3m*0,18m*1,2m) (2200 Kg/m ³) | 143,56 | Kg/m |

| Descripción | Cálculo | Cantidad | Unidad |
|------------------|------------------------------------|----------|--------|
| Barandilla | Asumido | 100,00 | Kg/m |
| Carga muerta (D) | Sumatoria de las cargas anteriores | 866,55 | kg/m |
| Carga viva (L) | 500 kg/m ² | 500 | kg/m |
| Carga de Diseño | 1.2D+1.6L | 1839,85 | kg/m |

Momentos y Armado

$$M = \frac{w * l^2}{10}$$

$$M_u = \frac{1839,85T/m * 3,4^2}{10} = 2,13 T - m$$

$$d = 15 - 3 = 12cm$$

$$\rho = 0,85 * \frac{210}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 2,13 * 10^5}{0,9 * 0,85 * 210 * 120 * (12^2)}} \right) = 0,0034$$

$$A_s = 0,0034 * 120 * 12 = 4,884 m^2$$

$$6 \emptyset 10 mm = 4,71 cm^2$$

Armadura por Temperatura.

$$A_{sd} = 0,0018 * b * t$$

$$A_{sd} = 0,0018 * (100) * (15)$$

$$A_{sd} = 2,7 cm^2/m$$

$$\approx 1 \emptyset 10mm @ 20cm$$

Análisis por Cortante.

$$V_u = \frac{1,839 \frac{T}{m} * 3,62m}{2} - 0,1 * 3,62 = 3,15 T$$

$$v_u = \frac{V_u}{\phi * b * d} = \frac{3,15 * 10^3}{0,75 * 120 * 12} = 2,91 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante que soporta el hormigón

$$v_c = 0,53 * \sqrt{f'_c} = 0,53 * \sqrt{210} = 7,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_c > v_u \rightarrow OK$$

Viga en losa de Descanso.

Se adopta el mismo tipo de viga que se consideró en el cálculo de vigas para entepiso y de cubierta.

Sistema Muros portantes livianos de acero, Steel framing

Para realizar el diseño de los elementos que conforman el sistema de muros portantes livianos de acero, que en este caso son los montantes y viguetas, se diseña tomando en cuenta el Manual de Ingeniería de Steel Framing y la norma AISI S100-2007.

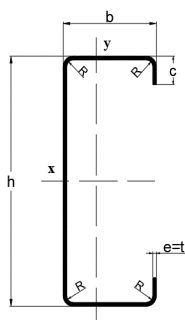
Diseño de Vigeta

Verificación de la efectividad de la sección.

Tabla 148.

Datos del perfil G para viguetas

| Perfil PCG 200x1,60 diseñado para viguetas | | | | |
|--|-----------|--------------------|-----------|--------------------|
| Dimensiones | | | | |
| Nomenclatura | Dimensión | Unidad | Dimensión | Unidad |
| h | 20,00 | cm | 200 | mm |
| b | 4,00 | cm | 40 | mm |
| c=D | 1,50 | cm | 15 | mm |
| e,t | 0,16 | cm | 1,6 | mm |
| R | 0,25 | cm | 2,46 | mm |
| A | 4,96 | cm ² | 49,6 | mm ² |
| I_y | 11,82 | cm ⁴ | 118,2 | mm ⁴ |
| f_y | 26 | kN/cm ² | 26000 | kg/cm ² |
| E | 20000 | kN/cm ² | | |



Análisis abolladura en labio.

También se lo conoce al labio como rigidizador, como pata.

Se realiza un análisis en el labio del perfil.

Ancho plano del labio:

$$w = c - (R + t) = 15 - (2,46 + 1,6)$$

$$w = c = 10,94 \text{ mm}$$

Para el cálculo de la sección efectiva, según la sección B1.1:

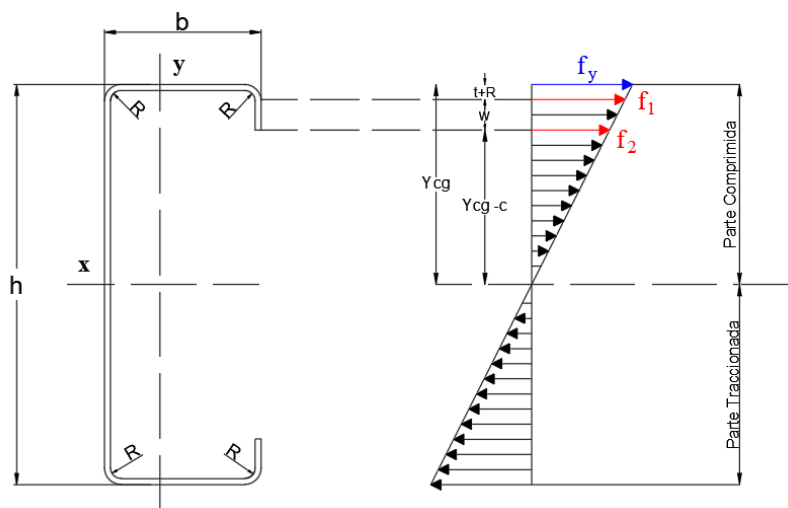
$$\frac{w}{t} = \frac{10,94}{1,6} = 6,84 \leq 60 \text{ OK}$$

Sección efectiva de labio a compresión.

El labio es un atiesador de borde sujeto a gradiente de esfuerzos, por lo que se aplica la sección B3.2. (Elementos no rigidizados y rigidizadores de borde con gradiente de tensión).

Tabla 149.

Esquema de las fuerzas actuantes en el rigidizador



Adaptado de Diseño estructural aplicando el sistema constructivo STEEL FRAMING, de María Carpio, 2014 (<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3635>).

| Posición del Eje Neutro | 10,000 | cm |
|-------------------------|--------|----|
| t+r | 0,406 | cm |

Se realiza a continuación la semejanza de triángulos para sacar las fuerzas f_1 y f_2 :

$$\frac{2600}{10} = \frac{f_1}{(10 - 0,406)}$$

$$f_1 = 2494,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{2600}{10} = \frac{f_2}{(10 - 1,5)}$$

$$f_2 = \text{kg/cm}^2$$

$$\psi = \frac{f_2}{f_1} = \frac{2210,00}{2494,44} = 0,886$$

A través del valor del ψ se calcula el coeficiente de pandeo de placa:

$$k = \frac{0,578}{\psi + 0,34} = \frac{0,578}{0,886 + 0,34}$$

$$k = 0,471$$

Con esto se procede al cálculo de λ , que es un factor de esbeltez

Se tiene que el esfuerzo de pandeo elástico de la placa F_{cr} es:

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2 = 0,471 \frac{\pi^2 * 2000000}{12(1 - 0,3^2)} \left(\frac{1,6}{10,94}\right)^2$$

$$F_{cr} = 18228,89 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{fy}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{2600}{18228,89}} = 0,378$$

$$\lambda = 0,378 < \lambda_{\text{limite}} = 0,673 \text{ OK}$$

$\lambda < \lambda_{\text{limite}}$ entonces no presenta abolladura en el rigidizador o labio.

Entonces la sección efectiva labio a tensión es:

$$c = w \quad c = 10,94 \text{ mm}$$

Análisis De Abolladura Del Ala.

Ancho plano del ala:

$$w = b - 2(R + t) = 40 - 2(2,46 + 1,6)$$

$$w = b = 31,88 \text{ mm}$$

Relación de esbeltez de las alas:

$$\frac{w}{t} \leq 60 \quad \frac{31,88}{1,6} = 19,925 \leq 60 \quad \therefore \mathbf{OK}$$

Acción efectiva del ala a compresión según la sección B4:

$$S = 1,28 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,28 \sqrt{\frac{2000000}{2600}} = 35,50$$

$$0,328 * S < \frac{w}{t} \quad 0,328 * 35,50 = 11,64 < \frac{w}{t} \quad \therefore \mathbf{OK}$$

Para calcular el valor del ancho efectivo b, se verificar que el valor de k cumpla con las siguientes condiciones:

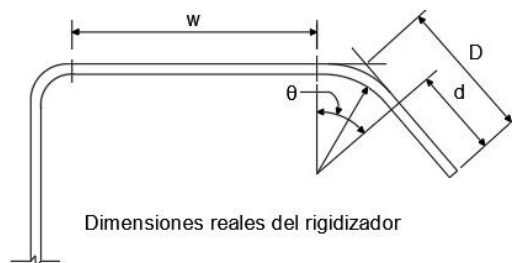
Tabla 150.

Condiciones de refuerzo de labio

| Refuerzo de labio simple ($140^\circ \geq \theta \geq 40^\circ$) | |
|--|--|
| $\frac{D}{w} \leq 0,25$ | $0,25 < \frac{D}{w} \leq 0,8$ |
| $3,57(R_l)^n + 0,43 \leq 4$ | $(4,82 - 5\frac{D}{w})(R_l)^n + 0,43 \leq 4$ |

Figura 163.

Esquema representativo de las variables establecidas en la condición



Adaptado de New Edition of the North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members is Published, de AISI, 2016, (<https://buildsteel.org/why-steel/cold-formed-steel-101/new-edition-of-the-north-american-specification-for-the-design-of-cold-formed-steel-structural-members-is-published/>).

Se calcula momento de inercia I_a adecuado del rigidizador, esta inercia hace referencia a que los elementos se comporten como un elemento rígido y este debe ser menor a la expresión que se presenta a continuación:

$$I_a = 399 * t^4 \left(\frac{w}{S} - 0,328 \right)^3 \leq t^4 \left(115 * \frac{w}{S} + 5 \right)$$

Entonces:

$$I_a = 399 * t^4 \left(\frac{w}{S} - 0,328 \right)^3 = 399 * 1,6^4 \left(\frac{19,93}{35,50} - 0,328 \right)^3 = 33,19 \text{ mm}^4$$

$$t^4 \left(115 * \frac{w}{S} + 5 \right) = 1,6^4 \left(115 * \frac{19,93}{35,50} + 5 \right) = 455,77 \text{ mm}^4$$

$$I_a = 33,19 \text{ mm}^4 \leq 455,77 \text{ mm}^4 \therefore \mathbf{OK}$$

Adicionalmente se determina la inercia s , I_s :

Nota: I_s es la inercia real de la pestaña con respecto a un eje paralelo al ala que pasa por su centro de gravedad de la pestaña.

$$I_s = \frac{d^3 t \text{ sen}^2 \theta}{12} \text{ considerando que } \theta = 90^\circ$$

$$I_s = \frac{td^3}{12} = \left(\frac{15 - (1,6 + 2,46)^3 * 1,6}{12} \right) = 174,58 \text{ mm}^4$$

Determinada la inercia I_a y I_s , se determina R_1 :

$$R_1 = \frac{I_s}{I_a} \leq 1 = \frac{174,58}{33,19} = 5,26 < 1 \quad \therefore \text{Falso Entonces se asume } R_1 = 1$$

Según la ecuación B4-9, se debe utilizar $R_1 = 1$ para el calculo de los anchos efectivos b_1 y b_2 :

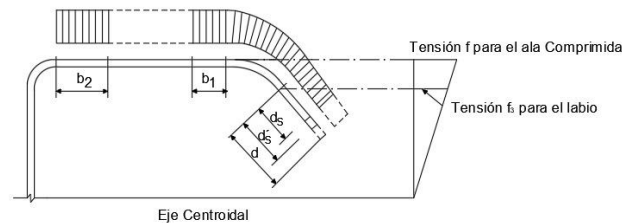
$$b_1 = \frac{b}{2}(R_1) = \frac{31,88}{2} * 1 = 15,94 \text{ mm}$$

$$b_2 = b - b_1 = 31,88 - 15,94 = 15,94 \text{ mm}$$

Labio a compresión modificado ancho efectivo reducido del rigidizador, se considera que:

Figura 164.

Esquema del ancho efectivo del perfil



d_s = Ancho efectivo reducido del rigidizador calculado de acuerdo con la sección B3.1
 d_s = Ancho efectivo reducido del rigidizador

Adaptado de New Edition of the North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members is Published, de AISI, 2016, (<https://buildsteel.org/why-steel/cold-formed-steel-101/new-edition-of-the-north-american-specification-for-the-design-of-cold-formed-steel-structural-members-is-published/>).

$$d's = c$$

Pero:

$$c = C - (t + r) = 15 - (1,6 + 2,46) = 10,94 \text{ mm}$$

$$ds = d's(R1) = 10,94 * 1 = 10,94 \text{ mm}$$

Para el cálculo del coeficiente de pandeo por placa, la relación D/w debe ser:

$$0,25 < \frac{D}{w} < 0,8$$

Se tiene:

$$\frac{D}{w} = \frac{15}{31,88} = 0,47$$

Entonces:

$$0,25 < 0,47 < 0,8 \quad \therefore \mathbf{OK}$$

Determinación del coeficiente de pandeo de placa, k:

En primer lugar, se calcula el exponente n:

$$n = \left(0,582 - \frac{w/t}{4S}\right) \geq \frac{1}{3} \quad n = \left(0,582 - \frac{19,93}{4(35,50)}\right) = 0,44 > \frac{1}{3} \quad \therefore \mathbf{OK}$$

$$k = \left(4,82 - \frac{5D}{w}\right) R_I^n + 0,43 \leq 4 \quad k = 4,82 - 5(0,47)(1^{0,44}) + 0,43 = 2,90 < 4 \quad \therefore \mathbf{OK}$$

Continuando con el análisis se determina el esfuerzo de pandeo elástico de la placa:

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2 \quad F_{cr} = 2,90 \left(\frac{\pi^2 * 2000000}{12(1 - 0,3^2)}\right) \left(\frac{0,16}{31,88}\right)^2 = 131,92 \frac{kg}{cm^2}$$

Factor de esbeltez

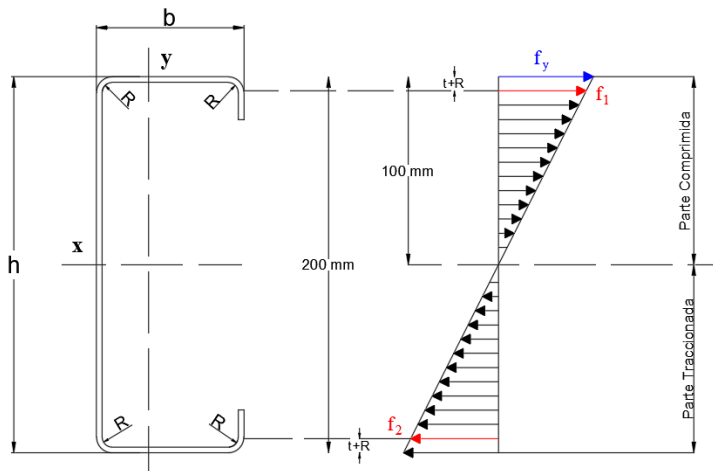
$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} < \lambda_{\text{límite}} = 0,673 \quad \lambda = \sqrt{\frac{2600}{131,92}} = 0,443 < 0,673 \quad \therefore \mathbf{OK}$$

Se concluye que no se presenta abolladura en el ala.

Análisis de abolladura del alma.

Figura 165.

Esquema de las fuerzas actuantes en el alma



Adaptado de Diseño estructural aplicando el sistema constructivo STEEL FRAMING, de María Carpio, 2014, (<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3635>).

Al comprobar que el ala y el labio del perfil no presentan abolladuras, se tiene:

Posición neutra 10,000 cm

| | | |
|-------------------|--------|----|
| t+r | 0,406 | cm |
| Parte traccionada | 10,000 | cm |

Por semejanza de triángulos:

$$\frac{2600}{10} = \frac{f1}{(10 - 0,406)} \quad f1 = 2494,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{2600}{10} = \frac{f2}{(10 - 0,406)} \quad f2 = 2494,44 \text{ kg/cm}^2$$

Al ser el alma un elemento rigidizado, según la Sección B2,3 que establece:

Almas y otros elementos rigidizados con gradiente de tensiones.

Ancho plano del alma

$$w = h - 2(R + t) \quad w = 200 - 2(2,46 + 1,6) = 191,88 \text{ mm}$$

$$\psi = \left| \frac{f_2}{f_1} \right| > 0,236 \quad \psi = \left| \frac{2494,44}{2494,44} \right| = 1,00 > 0,236 \therefore \mathbf{OK}$$

Para almas bajo un gradiente de tensiones (f_1 es compresión, f_2 es tracción), el coeficiente de pandeo de placa se determina:

$$k = 4 + 2(1 + \psi)^3 + 2(1 + \psi) \quad k = 4 + 2(1 + 1)^3 + 2(1 + 1) = 24,00$$

Como el eje neutro se encuentra en la mitad del alma se tiene:

$$k = f = f1 \quad f = 2494,44 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

El factor de esbeltez se calcula:

$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{e} \right) \sqrt{\frac{f}{E}} > \lambda_{\text{limite}} 0,673 \quad \lambda = \frac{1,052}{\sqrt{24,00}} \left(\frac{191,88}{1,6} \right) \sqrt{\frac{2494,44}{2000000}} = 0,91 > 0,673$$

Cálculo del ancho efectivo, b:

$$\rho = \frac{\left(1 - \frac{0,22}{\lambda}\right)}{\lambda} \quad \rho = \frac{\left(1 - \frac{0,22}{0,91}\right)}{0,91} = 0,83$$

Si $\lambda \leq 0,673$ se tiene $b = w$; Si $\lambda > 0,673$ se tiene $b = \rho * w$

Es así como el ancho efectivo es de:

$$\lambda = 0,83 > 0,673 \quad b_e = \rho * w = 0,83 * 191,88 = 159,94 \text{ mm}$$

Adicionalmente $b_1 + b_2$ no debe ser mayor que la porción comprimida del alma, entonces:

$$h_o/b_o > 4 \quad h_o/b_o = 200/40 = 5,00 > 4 \quad \therefore \text{OK}$$

El ancho efectivo b_1 es:

$$b_1 = \frac{b_e}{3 + \psi} \quad b_1 = \frac{159,94}{3 + 1} = 39,99 \text{ mm}$$

El ancho efectivo b_2 es:

$$b_2 = \frac{b_e}{1 + \psi} - b_1 \quad b_2 = \frac{159,94}{1 + 1} - 39,99 \text{ mm} = 39,99 \text{ mm}$$

Comprobación:

$$b_1 + b_2 > \text{parte comprimida} \quad b_1 + b_2 = 39,99 + 39,99 = 79,97$$

$$\text{parte comprimida} = \text{posición eje neutro} - (t + R) = 100 - 40,6 = 95,94$$

$$79,97 > 95,94 \quad \therefore \text{Falso si existe abolladura en el alma}$$

Como presenta abolladura en el alma, es necesario determinar mediante ecuaciones lineales los valores de:

$$r = \frac{R + t}{2} \quad r = \frac{2,46 + 1,6}{2} = 3,26$$

$$c = 0,637 * r \quad c = 0,637 * 3,26 = 2,07662$$

Tabla 151.

Características geométricas aplicando el método lineal

| ELEMENTO | Longitud | | Long. Total | Distancia a la fibra superior | | Inercia centroidal (mm ³) |
|----------|------------|----------|-------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| | unit L(mm) | Cantidad | | L*Y (mm) | L*Y ² (mm) | |
| Ala sup, | 31,880 | 1,000 | 31,880 | 0,800 | 25,504 | 20,403 |

| ELEMENTO | Longitud | | Distancia | | | | Inercia centroidal (mm ³) |
|-------------------|---------------|----------|----------------|---------------------------------|------------------|-----------------------|---|
| | unit L(mm) | Cantidad | Long. Total | a la fibra superior Y(mm) | L*Y (mm) | L*Y ² (mm) | |
| Esq sup, | 5,118 | 2,000 | 10,236 | 1,983 | 20,303 | 40,268 | - |
| Rig, Super | 10,940 | 1,000 | 10,940 | 9,530 | 104,258 | 993,581 | 109,112 |
| b1 | 39,986 | 1,000 | 39,986 | 24,053 | 961,776 | 23133,536 | 5327,674 |
| b2+parte tracc | 135,926 | 1,000 | 135,926 | 127,977 | 17395,392 | 2226211,480 | 209278,634 |
| Rigi inf | 10,940 | 1,000 | 10,940 | 190,470 | 2083,742 | 396890,301 | 109,112 |
| Esq inf | 5,118 | 2,000 | 10,236 | 198,017 | 2026,977 | 401375,199 | - |
| Ala inf, | 31,880 | 1,000 | 31,880 | 199,200 | 6350,496 | 1265018,803 | - |
| | | | 282,024 | | 28968,449 | 4313683,571 | 214824,531 |

Con los resultados de esta tabla se procede a calcular:

Distancia de la fibra neutra a la fibra superior:

$$v = \frac{\sum L * Y}{\sum L} \quad v = \frac{28968,4490}{282,0245} = 102,716 \text{ mm}$$

Momento de inercia lineal con respecto a la fibra superior:

$$I'_{fs} = \sum L * y^2 + \sum I'_o \quad I'_{fs} = 4313683,571 + 214824,531 = 4528508,102 \text{ mm}^3$$

Momento de inercia lineal con respecto al eje x' - x':

$$I'_{x'} = I'_{fs} - v^2 * \sum L$$

$$I'_{x'} = 4528508,102 - 102,716^2 * 282,024 = 1552982,722 \text{ mm}^3$$

Momento de inercia real con respecto al eje x' - x':

$$I_{x'} = I'_{x'} * t \quad I_{x'} = 1552982,722 * 1,6 = 2484772,336 \text{ mm}^4$$

Módulo de sección real resistente con respecto a la fibra superior:

$$Sx'_s = I_{x'}/v \quad Sx'_s = \frac{2484772,336}{102,716} = 24,191 \text{ cm}^3$$

$$Sx'_s = S_e = 24,191$$

Momento resistente nominal de la viga:

$$M_n = S_e * F_y \quad M_n = 24,191 * 2600 = 62896,6 \text{ kgf cm} = 628,97 \text{ Kn - cm}$$

Momento resistente a flexión de la viga:

$$M_{resistente} = \phi f * S_e * F_y \quad M_{resistente} = 0,95 * 62896,6$$

$$M_{resistente} = 59751,77 \text{ kgf - cm} = 597,518 \text{ Kn - cm}$$

Momento actuante en la viga, se obtiene de los resultados de la ejecución del programa SAP2000, siendo el momento máximo de los actuantes en las viguetas con la misma sección.

Tabla 152.

Momento actuando en la viga

| Estructura | M. Actuante (KN-cm) |
|------------------|------------------------|
| Regular | 404,30 |
| Irregular | 448,49 |

Este momento actuante es menor al momento resistente

$$M_{actuante} < M_{resistente} \therefore \text{cumple}$$

Momento resistente por pandeo lateral.

Fe: esfuerzo de pandeo elástico

$$F_e = \frac{1 * \pi^2 * E * 20 * I_y / 2}{21,44 (K_y * 259)^2}$$

$$I_y = I_{y \text{ perfil}} \quad I_y = 11,82 \text{ cm}^4$$

$$K_y = 1 \quad \text{Factor longitud efectiva de columna}$$

$$F_e = \frac{(1 * \pi^2 * 200000 * 20 * 11,82 / 2)}{21,44(1 * 259)^2} = 1622,269146 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 16,223 \frac{\text{Kn}}{\text{cm}^2}$$

F_c que es la tensión que provocará el pandeo lateral, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Límite}_1 = 0,56 * f_y \quad \text{Límite}_1 = 0,56 * 26 = 14,56 \frac{\text{Kn}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Límite}_2 = 2,78 * f_y \quad \text{Límite}_2 = 2,78 * 26 = 72,28 \frac{\text{Kn}}{\text{cm}^2}$$

Para $F_e \geq \text{Límite}_2$ se tiene que $F_c = F_y$

$$\text{Para } \text{Límite}_2 > F_e > \text{Límite}_1 \text{ se tiene que } F_c = \frac{10}{9} * F_y * (1 - \frac{10 * F_y}{36 * F_e})$$

Para $F_e \leq \text{Límite}_1$ se tiene que $F_c = F_e$

Entonces se determina que:

$$F_e \leq \text{Límite}_1 \quad \therefore F_c = F_e \quad F_c = 16,22269 \frac{\text{Kn}}{\text{cm}^2}$$

Ahora $f = F_c$, y se calcula el momento resistente por pandeo lateral:

Nota:

$$M_{\text{resistente}} = \phi f * S_e * F_c = 0,9 * 48,38137269 * 16,22269 = 706,3884734 \text{ Kn} * \text{cm}$$

$$M_{\text{resistente pandeo local}} < M_{\text{resistente a flexión}}$$

Una vez encontrado el momento resistente con las condiciones dadas se compara con el momento resistente obtenido por pandeo local y si éste resulta mayor que el calculado en $F_c = F_y$, lo que significa que $F_e = 2,78 * F_y$

Igualando ecuaciones

$$2,78 * f_y = \frac{C_b * \pi^2 * E * d * I_{yc}}{S_f (K_y * L_y)^2}$$

Donde:

f_y : Límite de fluencia del acero.

C_b : Coeficiente de flexión en función del gradiente de momento.

E : Módulo elástico.

d : Profundidad de la sección.

S_f : Módulo elástico de la sección total no reducida con respecto a la fibra externa comprimida.

K_y : Factor de longitud efectiva para flexión alrededor del eje Y.

I_{yc} : Momento de inercia de la porción comprimida respecto al eje Y.

L_y : Longitud no arriostrada del miembro comprimido para flexión alrededor del eje Y.

Resuelta la ecuación se obtiene que $L_y = 77,04$, se asume $L_y = 77,00$ cm

Tabla 153.

Datos para la ecuación

| | | |
|----------------|-------|-----------------|
| Cb | 1,00 | |
| Sf | 27,19 | cm ³ |
| L | 77,05 | cm |
| Asumo L | 77 | cm |

Entonces la distancia entre riostras será de 77cm.

Resistencia a corte exclusivamente.

Para el cálculo de la resistencia al corte se seguirán las condiciones dadas en el inciso 4.2.4.3, se calcula el coeficiente de pandeo por corte k_v :

$$\text{Para } a/h \leq 1 \text{ se tiene que } k_v = 4 + \frac{5,34}{a/h}$$

$$\text{Para } a/h > 1 \text{ se tiene que } k_v = 5,34 + \frac{4}{a/h}$$

En primer lugar, se determina:

$$a/h = \frac{L * 10}{w} \quad a/h = \frac{77 * 10}{191,88} = 4,012324 > 1 \quad \text{donde } L \text{ es valor asumido}$$

$$a/h > 1 \text{ entonces } k_v = 5,34 + \frac{4}{a/h} = 5,34 + \frac{4}{4,012^2} = 5,58839$$

Se procede a encontrar el valor de F_v , que se halla en función de h/t :

$$\text{Para } h/t \leq \sqrt{E k_v / f_y} \text{ se tiene que } F_v = 0,60 * f_y$$

$$\text{Para } \sqrt{E k_v / f_y} < h/t \leq 1,51 * \sqrt{E k_v / f_y} \text{ se tiene que } F_v = \frac{0,60 * \sqrt{E k_v / f_y}}{(h/t)}$$

$$\text{Para } h/t > 1,51 * \sqrt{E k_v / f_y} \text{ se tiene que } F_v = 0,904 * \frac{E * k_v}{(h/t)^2}$$

Como h/t se puede valorar:

$$h/t = \frac{w}{t} = \frac{191,88}{1,6} = 119,925$$

Los límites vienen dado por:

$$\sqrt{\frac{E k_v}{f_y}} = \sqrt{\frac{2000000 * 5,58839}{2600}} = 65,5649$$

$$1,51 * \sqrt{\frac{E k_v}{F_y}} = 99,003$$

Entonces se tiene que:

$$h/t = 119,925 > 1,51 * \sqrt{\frac{Ek_v}{F_y}} = 99,003$$

Por lo tanto, la tensión nominal a corte es:

$$F_v = 0,904 * \frac{E * k_v}{(h/t)^2} = 0,904 * \frac{2000000 * 5,58839}{(119,925)^2} = 702,5315 \frac{kgf}{cm^2} = 7,025 \frac{Kn}{cm^2}$$

Cálculo del cortante resistente:

$$V_{resistente} = \varphi_v * A_w * F_v \qquad V_{resistente} = 0,95 * 3,07 * 7,025 = 20,488 Kn$$

Donde:

$$A_w = 191,88 * 1,6 = 307,008 mm^2 = 3,07 cm^2$$

A_w : Área del alma del perfil.

φ_v : Factor de reducción.

Tabla 154.

Carga actuante en la viga

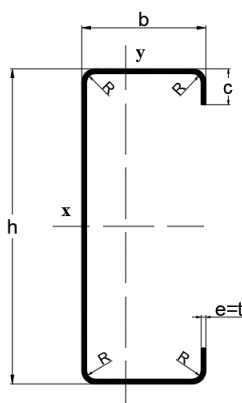
| V. Actuante (KN) | |
|-------------------------|------|
| Estructura | |
| Regular | 4,49 |
| Irregular | 7,86 |

Este cortante actuante es menor al cortante resistente

$$V_{actuante} < V_{resistente} \therefore \text{cumple}$$

Diseño de Montante**Tabla 155.***Datos del perfil PGC para montantes*

| Datos del Perfil | | | | |
|---|-----------|--------------------|-----------|--------------------|
| Perfil PGC 100x1,50 diseñado para montantes | | | | |
| Dimensiones | | | | |
| Nomenclatura | Dimensión | Unidad | Dimensión | Unidad |
| h | 10,00 | cm | 100 | mm |
| b | 4,00 | cm | 40 | mm |
| c=D | 1,50 | cm | 15 | mm |
| e,t | 0,16 | cm | 1,6 | mm |
| R | 0,25 | cm | 2,46 | mm |
| A | 3,23 | cm ² | 32,3 | mm ² |
| I_y | 7,61 | cm ⁴ | 76,1 | mm ⁴ |
| f_y | 26 | kN/cm ² | 26000 | kg/cm ² |
| E | 20000 | kN/cm ² | | |



Resistencia al pandeo por flexión con respecto al eje débil

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

Donde:

F_e: Esfuerzo de pandeo elástico*K*: Coeficiente de pandeo de placas*L*: Longitud no arriostrada del miembro*r*: Radio de giro de la sección transversal total no reducida.

Figura 166.

Factores de longitud efectiva

| Tabla 5.1 Valores aproximados del factor de longitud efectiva, K . | | | | | | |
|--|------|--------------------------------------|-----|-----|------|-----|
| Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) | (f) |
| | | | | | | |
| Valor K teórico | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 |
| Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas | 0.65 | 0.80 | 1.2 | 1.0 | 2.10 | 2.0 |
| Símbolos para las condiciones de extremo | | Rotación y traslación impedidas | | | | |
| | | Rotación libre y traslación impedida | | | | |
| | | Rotación impedida y traslación libre | | | | |
| | | Rotación y traslación libres | | | | |

Adaptado de Comentario de la Especificación, Apéndice 7 – Tabla C-A-7.1, p. 16.1-511, junio 22, 2010. Derechos reservados © American Institute of Steel Construcción.

Para el cálculo de la resistencia a pandeo lateral se realiza de acuerdo con la sección C 3.1.2, que es para miembros, elementos sometidos a pandeo lateral de la norma AISI S100, 2007 Edition.

Tensión al pandeo flexional

$$L_y = 132,5 \text{ cm}$$

$$K = 1$$

$$r_y = \sqrt{\frac{7,61}{3,23}} \text{ cm}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * 20000}{\left(\frac{1 * 132,5}{1,535}\right)^2} = 26,49 \text{ kN/cm}^2$$

Tensión al pandeo flexo torsional

$$Lx = 265 \text{ cm}$$

$$K = 1$$

$$rx = \sqrt{\frac{49,01}{3,23}} = 3,89 \text{ cm}$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 * 20000}{\left(\frac{1 * 265}{3,89}\right)^2} = 42,53 \text{ kN/cm}^2$$

$$Lt = 132,5 \text{ cm}$$

$$K = 0,43$$

Propiedades del acero PGC 100x1,50

$$x_0 = 3,19 \text{ cm}$$

$$r_0 = 5,28 \text{ cm}$$

$$C_w = 169,15 \text{ cm}^6$$

$$\beta = 0,64$$

$$J = 0,027 \text{ cm}^4$$

$$G = 7690$$

$$\sigma_t = \frac{1}{Ar_0^2} \left[GJ + \frac{\pi^2 EC_w}{(K * Lt)^2} \right] = \frac{1}{3,23(5,28)^2} \left[7690(0,027) + \frac{\pi^2 2 \times 10^4 * 169,15}{(0,43 * 132,5)^2} \right]$$

$$\sigma_t = 116,531 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_{e2} = \frac{1}{2\beta} \left[(\sigma_{ex} + \sigma_t) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_t)^2 - 4\beta \sigma_{ex} \sigma_t} \right]$$

$$F_{e2} = \frac{1}{2(0,61)} \left[(42,53 + 116,53) - \sqrt{(42,53 + 116,53)^2 - 4(0,61)(42,53)(116,53)} \right]$$

$$F_{e2} = 36,176 \text{ kN/cm}^2$$

Por lo tanto F_e es el pandeo flexional ya que es el menor y:

$$F_e = \frac{\pi^2 * 20000}{\left(1 * \frac{265}{1,535}\right)^2} = 26,49 \text{ kN/cm}^2$$

Y a continuación se calcula el Esfuerzo de pandeo nominal F_n con las siguientes condiciones:

$$\text{Para } \lambda_c \leq 1,5 \text{ se tiene que } F_n = (0,658^{\lambda_c^2}) * f_y$$

$$\text{Para } \lambda_c > 1,5 \text{ se tiene que } F_n = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2}\right) * f_y$$

Donde el factor de esbeltez λ_c es igual a:

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{f_y}{F_e}} = \lambda_c = \sqrt{\frac{26}{26,49}} = 0,9907$$

Y, como para $\lambda_c < 1,5$ se tiene que $F_n = (0,658^{\lambda_c^2}) * f_y$, entonces:

$$F_n = (0,658^{0,9907^2}) * 26 = 17,24 \text{ kN/cm}^2$$

$$F_n = f = 17,24 \text{ kN/cm}^2$$

Verificación de efectividad de la sección.

Análisis abolladura en labio.

También se lo conoce al labio como rigidizador, como pata.

Se realiza un análisis en el labio del perfil.

Ancho plano del labio:

$$w = c - (R + t) = 15 - (2,46 + 1,6)$$

$$w = c = 10,94 \text{ mm}$$

Para el cálculo de la sección efectiva:

$$\frac{w}{t} = \frac{10,94}{1,6} = 6,84 < 60 \therefore \mathbf{OK}$$

Sección efectiva de labio a compresión:

El labio es un elemento sin rigidizar uniformemente comprimido, por lo que se aplica la Sección B3.1. (Elementos no rigidizados uniformemente comprimidos), por tal motivo el coeficiente de pandeo de la placa k , debe tomarse como 0,43:

Para el cálculo del esfuerzo de pandeo elástico de la placa F_{cr} :

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2 \quad F_{cr} = 0,43 \frac{\pi^2 20000}{12(1 - 0,3^2)} \left(\frac{1,6}{10,94}\right)^2 = 166,257 \text{ kN/cm}^2$$

Donde:

F_{cr} : Esfuerzo de pandeo elástico de la placa.

K : Coeficiente de pandeo de placas igual a 0,43.

μ : Coeficiente de Poisson del acero igual a 0,3.

r : Radio de giro de la sección transversal total no reducida.

Con esto se procede al cálculo de λ , que es un factor de esbeltez:

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} \quad \lambda = \sqrt{\frac{17,24}{166,257}} = 0,322$$

$$\lambda = 0,322 < \lambda_{\text{limite}} = 0,673 \therefore \mathbf{OK}$$

$\lambda < \lambda_{\text{limite}}$ entonces no presenta abolladura en el rigidizador o labio.

$$c = w$$

$$c = 10,94 \text{ mm}$$

Sección efectiva labio a tensión:

$$c = w$$

$$c = 10,94 \text{ mm}$$

Análisis De Abolladura Del Ala.

Ancho plano del ala:

$$w = b - 2(R + t) = 40 - 2(2,46 + 1,6)$$

$$w = b = 31,88 \text{ mm}$$

Relación de esbeltez de las alas:

$$\frac{w}{t} \leq 60 \quad \frac{31,88}{1,6} = 19,925 \leq 60 \quad \therefore \mathbf{OK}$$

Las alas son elementos sujetos a compresión uniforme con un atiesador de borde, el ancho efectivo b deberá determinarse acorde a la Sección B4. (Ancho efectivo de elementos uniformemente comprimidos con un refuerzo de borde de labio simple).

$$S = 1,28 \sqrt{\frac{E}{f}} = 1,28 \sqrt{\frac{20000}{17,24}} = 43,59$$

$$0,328 * S < \frac{w}{t} \quad 0,328 * 43,59 = 14,299 < \frac{w}{t}$$

Para calcular el valor del ancho efectivo b , se verificar que el valor de k cumpla con las siguientes condiciones:

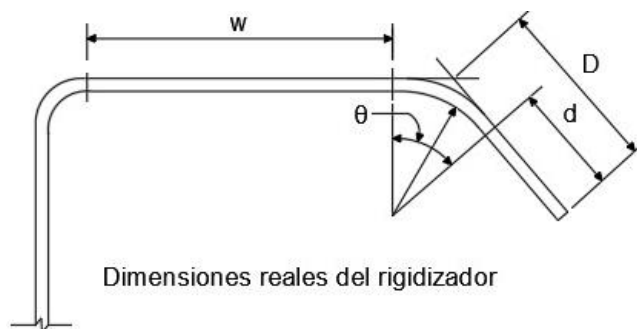
Tabla 156.

Condiciones de refuerzo de labio

| Refuerzo de labio simple ($140^\circ \geq \theta \geq 40^\circ$) | |
|--|---|
| $\frac{D}{w} \leq 0,25$ | $0,25 < \frac{D}{w} \leq 0,8$ |
| $3,57(R_t)^n + 0,43 \leq 4$ | $\left(4,82 - 5\frac{D}{w}\right)(R_t)^n + 0,43 \leq 4$ |

Figura 167.

Esquema representativo de las variables establecidas en la condición



Adaptado de New Edition of the North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members is Published, de AISI, 2016, (<https://buildsteel.org/why-steel/cold-formed-steel-101/new-edition-of-the-north-american-specification-for-the-design-of-cold-formed-steel-structural-members-is-published/>).

Se calcula momento de inercia I_a adecuado del rigidizador, esta inercia hace referencia a que los elementos se comporten como un elemento rígido y este debe ser menor a la expresión que se presenta a continuación:

$$I_a = 399 * t^4 \left(\frac{w}{S} - 0,328 \right)^3 \leq t^4 \left(115 * \frac{w}{S} + 5 \right)$$

Entonces:

$$I_a = 399 * t^4 \left(\frac{w}{S} - 0,328 \right)^3 = 399 * 1,6^4 \left(\frac{19,93}{43,59} - 0,328 \right)^3 = 5,266 \text{ mm}^4$$

$$t^4 \left(115 * \frac{w}{S} + 5 \right) = 1,6^4 \left(115 * \frac{19,93}{35,50} + 5 \right) = 377,26 \text{ mm}^4$$

$$I_a = 5,266 \text{ mm}^4 \leq 377,26 \text{ mm}^4 \quad \therefore \mathbf{OK}$$

Adicionalmente se determina la inercia s, I_s :

Nota: I_s es la inercia real de la pestaña con respecto a un eje paralelo al ala que pasa por su centro de gravedad de la pestaña.

$$I_s = \frac{d^3 t \text{ sen}^2 \theta}{12} \text{ considerando que } \theta = 90^\circ$$

$$I_s = \frac{td^3}{12} = \left(\frac{15 - (1,6 + 2,46)^3 * 1,6}{12} \right) = 174,58 \text{ mm}^4$$

Determinada la inercia I_a y I_s , se determina R_1 :

$$R_1 = \frac{I_s}{I_a} \leq 1 = \frac{174,58}{5,266} = 33,152 < 1 \quad \therefore \text{Falso Entonces se asume } R_1 = 1$$

Según la ecuación B4-9, se debe utilizar $R_1 = 1$ para el calculo de los anchos efectivos b_1 y b_2 :

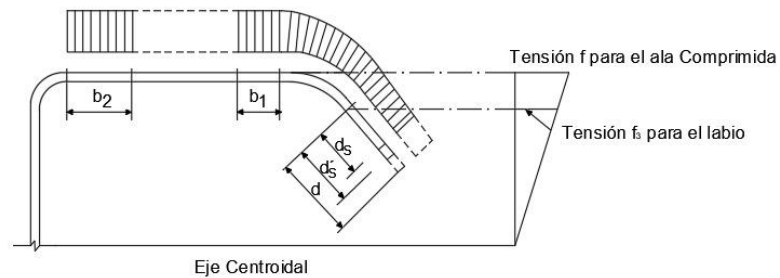
$$b_1 = \frac{b}{2}(R_1) = \frac{31,88}{2} * 1 = 15,94 \text{ mm}$$

$$b_2 = b - b_1 = 31,88 - 15,94 = 15,94 \text{ mm}$$

Labio a compresión modificado ancho efectivo reducido del rigidizador, se considera que:

Figura 168.

Esquema del ancho efectivo del perfil



d_s' = Ancho efectivo reducido del rigidizador calculado de acuerdo con la sección B3.1
 d_s = Ancho efectivo reducido del rigidizador

Adaptado de New Edition of the North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members is Published, de AISI, 2016, (<https://buildsteel.org/why-steel/cold-formed-steel-101/new-edition-of-the-north-american-specification-for-the-design-of-cold-formed-steel-structural-members-is-published/>).

$$d's = c$$

Pero:

$$c = C - (t + r) = 15 - (1,6 + 2,46) = 10,94 \text{ mm}$$

$$d_s = d's(R1) = 10,94 * 1 = 10,94 \text{ mm}$$

Para el cálculo del coeficiente de pandeo por placa, la relación D/w debe ser:

$$0,25 < \frac{D}{w} < 0,8$$

Se tiene:

$$\frac{D}{w} = \frac{15}{31,88} = 0,47$$

Entonces:

$$0,25 < 0,47 < 0,8 \quad \therefore \mathbf{OK}$$

Determinación del coeficiente de pandeo de placa, k:

En primer lugar, se calcula el exponente n:

$$n = \left(0,582 - \frac{w/t}{4S}\right) \geq \frac{1}{3} \quad n = \left(0,582 - \frac{19,93}{4(43,59)}\right) = 0,467 > \frac{1}{3} \quad \therefore \mathbf{OK}$$

$$k = \left(4,82 - \frac{5D}{w}\right) R_I^n + 0,43 \leq 4 \quad k = 4,82 - 5(0,47)(1^{0,467}) + 0,43 = 2,90 < 4 \quad \therefore \mathbf{OK}$$

Continuando con el análisis se determina el esfuerzo de pandeo elástico de la placa:

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2 \quad F_{cr} = 2,90 \left(\frac{\pi^2 * 2000000}{12(1 - 0,3^2)}\right) \left(\frac{0,16}{31,88}\right)^2 = 131,92 \frac{kN}{cm^2}$$

Factor de esbeltez

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} < \lambda_{límite} = 0,673 \quad \lambda = \sqrt{\frac{17,24}{131,92}} = 0,361 < 0,673 \quad \therefore \mathbf{OK}$$

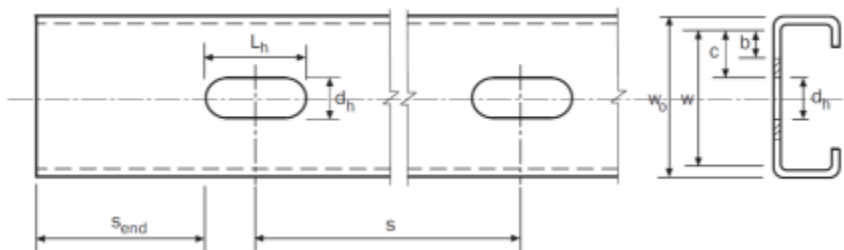
Se concluye que no se presenta abolladura en el ala.

Análisis de abolladura del alma.

El alma es un elemento rigidizado uniformemente distribuido que se debe diseñar los agujeros que es por donde permite el paso de las instalaciones eléctricas e hidrosanitarias con la sección B2.2: Elementos rigidizados uniformemente comprimidos con perforaciones no circulares:

Figura 169.

Diseño de agujeros en montantes



Adaptado de New Edition of the North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members is Published, de AISI, 2016, (<https://buildsteel.org/why-steel/cold-formed-steel-101/new-edition-of-the-north-american-specification-for-the-design-of-cold-formed-steel-structural-members-is-published/>).

Cálculo de la distancia libre desde el agujero en los extremos del miembro

$$s_{end} \geq 254 \text{ mm} \quad s_{end} = 300 \text{ mm} \geq 254 \text{ mm} \quad \therefore \text{OK}$$

Cálculo de la longitud plana del hueco L_h :

$$L_h \leq 114 \text{ mm} \quad L_h = 110 \text{ mm} \leq 114 \text{ mm} \quad \therefore \text{OK}$$

Cálculo de la altura del hueco d_h :

$$d_h \leq 63,5 \text{ mm} \quad d_h = 38 \text{ mm} \leq 63,5 \text{ mm} \quad \therefore \text{OK}$$

Cálculo de la relación de la altura del agujero d_h , a la altura del perfil A:

$$\frac{d_h}{w_o} \leq 0,5 \quad \frac{d_h}{w_o} = \frac{38}{100} \leq 0,38 \text{ mm} \quad \therefore \text{OK}$$

En este caso como el perfil al tener agujeros se considera como dos elementos no rígidos adyacentes al agujero y es como indica la sección B2.2:

Ancho plano del elemento adyacente al agujero:

$$c = \frac{w - d_h}{2} \quad c = \frac{((100 - 2(1,6 + 2,46)) - 38)}{2} = 26,94 \text{ mm}$$

Cálculo del factor de esbeltez para $f = F_n = 17,24 \text{ kN/cm}^2$ y para $k = 0,43$ por ser un elemento no rigidizado:

$$F_{cr} = 0,43 * \frac{\pi^2 * E}{12 * (1 - \mu^2)} * \left(\frac{1,6}{26,94}\right)^2 = 27,42 \text{ kN/cm}^2$$

Para el cálculo del factor de esbeltez:

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} \quad \lambda = \sqrt{\frac{17,24}{27,42}} = 0,792$$

$$\lambda_{\text{límite}} = 0,673$$

$\lambda > \lambda_{\text{límite}} \therefore$ es necesario encontrar un ancho efectivo

Por eso se calcula el factor de reducción de ancho plano

$$\rho = (1 - 0,22/\lambda) / \lambda \quad \rho = (1 - 0,22/0,792) / 0,792 = 0,911$$

Por lo tanto, el ancho efectivo se establece de la siguiente manera:

$$b = \rho * w \quad b = 0,911 * 26,94 = 24,56 \text{ mm}$$

Entonces se tiene que el área efectiva es:

$$\text{Long. perdida} = 26,94 - 24,56 = 2,38 \text{ mm}$$

$$\text{Área perdida} = 2,38 * 1,60 = 3,80 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área efectiva} = 323,00 - 3,808 - (38 * 1,60) = 258,392 \text{ mm}^2 = 2,58 \text{ cm}^2$$

Cálculo carga nominal y resistente:

$$P_n = A_e * F_n \quad P_n = 2,58 * 17,24 = 44,546 \text{ kN}$$

Carga resistente para $\phi_c = 0,85$,

$$P_{\text{resistente}} = A_e * \phi_c \quad P_{\text{resistente}} = 0,85 * 44,546 = 37,86 \text{ kN}$$

Tabla 157.*Cargas actuantes en montantes*

| Estructura | P Actuante (KN) |
|-------------------|------------------------|
| Regular | 26,56 |
| Irregular | 27,52 |

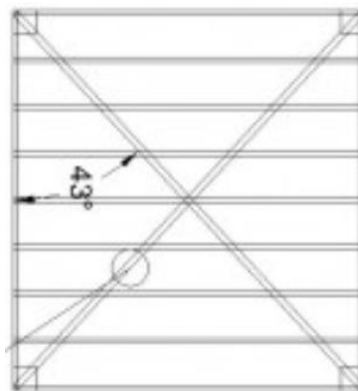
$$P_{actuante} < P_{resistente} \therefore OK$$

Diseño sismo resistente, Rigidización de la estructura

Para la colocación de las diagonales se elaboró a la norma AISI de miembros traccionados como se muestra en la figura, donde indica el ángulo de inclinación de esta es recomendable que se encuentre entre 30° y 60°, con valores entre estos ángulos los esfuerzos son transmitidos de mejor manera y se brinda un mayor arriostramiento del panel (Perfiles JMA, 2018).

Figura 170.

La importancia de las cruces de San Andrés y la placa de OSB en los paneles de steel framing



Adaptado de Perfiles JMA, 2020, (<https://www.perfilesjma.com.ar/la-importancia-de-las-cruces-de-san-andres-y-la-placa-de-osb-en-los-paneles-de-steel-framing/>).

$$R_n = A_n * F_y$$

Donde:

R_n : Resistencia neta

A_n : Área neta

f_y : Tensión de fluencia del acero

$$F_{Diagonal} = \frac{F_x}{\cos(\theta)}$$

$$F_{Diagonal} = \frac{296,31}{\cos(59,51)} = 583,82 \text{ kg}$$

Fleje seleccionado: 40x0,89.

$$A_n = 0,4 * 0,089 = 0,356 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2600 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$R_{n-1 \text{ diagonal}} = 0,356 * 2600 = 925,60 \text{ kg}$$

Los flejes van en ambos lados del panel:

$$R_{n-2 \text{ diagonal}} = 925,60 * 2 = 1851,20 \text{ kg}$$

$$R_{n-2 \text{ diagonal}} > F_{Diagonal} \quad \therefore \text{OK}$$

Diseño de la Cimentación

Para el diseño de la cimentación de muros portantes de livianos de acero (Steel Framing) se tomará la recomendación de usar viga de cimentación para la estructura regular e irregular, para lo cual se ocupará la carga más crítica de todos los muros de cada eje teniendo lo siguiente:

Base de la viga.

Para el ancho de la viga se tiene como referencia el espesor del muro de 15cm y se asume un ancho para el cuerpo de la viga de acuerdo con las características geométricas procurando un perfecto acople entre el muro y la cimentación.

- Regular

$$b_w = 20 \text{ cm}$$

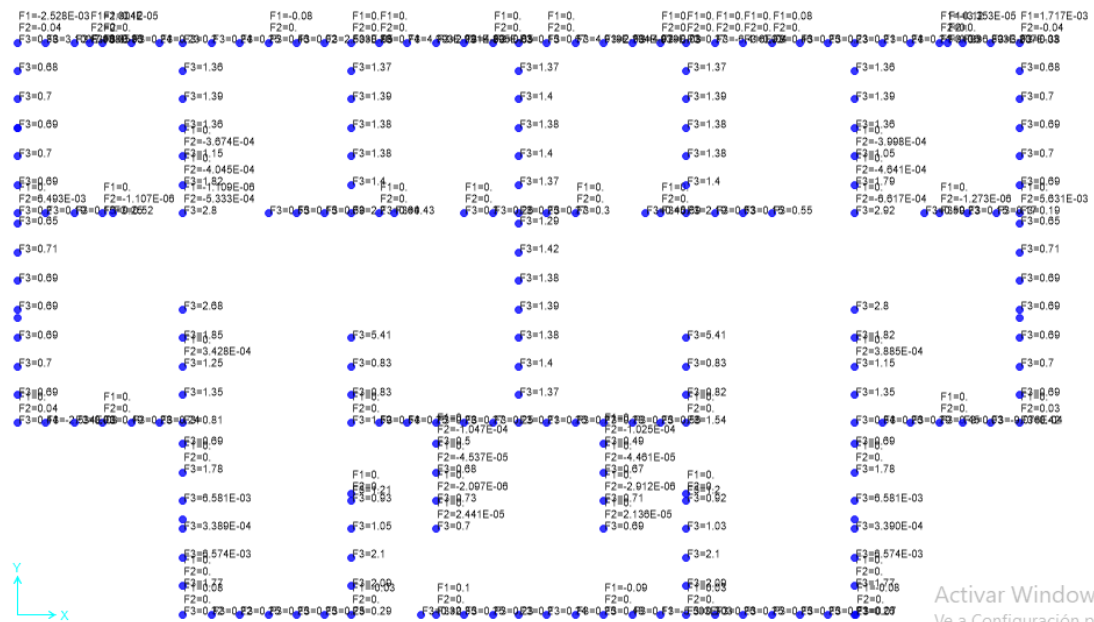
- Irregular

$$b_w = 20 \text{ cm}$$

Predimensionamiento.

Figura 171.

Reacciones en la base estructural regular



Nota: Las reacciones que se presentan en la estructura será de acuerdo con la ubicación de los montantes cada 0,61 m.

Figura 172.

Reacciones por ejes estructura irregular



Nota: Las reacciones que se presentan en la estructura será de acuerdo con la ubicación de los montantes cada 0,61 m.

Tabla 158.

Reacciones por ejes estructura regular

| Reacciones por Ejes | | | |
|---------------------|-----|-----------|--------|
| Sentido | Eje | Long. (m) | Fz (T) |
| Y | A | 8,15 | 10,07 |
| | B | 12,25 | 22,42 |
| | C | 12,25 | 29,78 |
| | D | 12,25 | 27,94 |
| | E | 12,25 | 29,62 |
| | F | 12,25 | 22,83 |
| | G | 8,15 | 10,47 |

| Reacciones por Ejes | | | |
|---------------------|-----|-----------|--------|
| Sentido | Eje | Long. (m) | Fz (T) |
| X | 1 | 14,40 | 18,26 |
| | 2 | 21,50 | 56,31 |
| | 3 | 21,50 | 48,43 |
| | 4 | 21,50 | 34,35 |

Nota: Se evidencia que los ejes con mayor carga en sentido X es el eje 2 y en el sentido Y es el eje E para la estructura irregular.

Tabla 159.

Reacciones por ejes estructura irregular

| Reacciones por Ejes | | | |
|---------------------|-----|-----------|--------|
| Sentido | Eje | Long. (m) | Fz (T) |
| Y | A | 12,05 | 12,93 |
| | B | 12,05 | 19,87 |
| | B´ | 3,85 | 11,11 |
| | C | 12,05 | 8,87 |
| | D | 3,70 | 11,99 |
| | E | 12,05 | 2,88 |
| | J | 12,43 | 17,65 |
| X | 1 | 11,40 | 15,66 |
| | 2 | 12,30 | 32,14 |
| | 3 | 13,24 | 20,38 |
| | 4´ | 3,20 | - |
| | 4 | 14,40 | 13,96 |

Nota: Se evidencia que los ejes con mayor carga en sentido X es el eje 3 y en el sentido Y es el eje J para la estructura irregular.

De acuerdo con la sumatoria de cargas en los respectivos ejes indicados se procede a realizar el predimensionamiento de la cimentación, tomando en consideración las longitudes de los ejes y la sumatoria de reacciones.

Tabla 160.

Área de fundación y base adoptada estructura regular

| Descripción | Sentido X | Sentido Y | Unidades |
|-----------------------|-----------|-----------|----------------|
| ΣP | 56,31 | 29,62 | T |
| Longitud Total | 21,50 | 12,25 | m |
| %P | 1,15 | 1,15 | % |
| Area de F. | 2,59 | 1,36 | m ² |
| B | 0,12 | 0,11 | m |
| B Asum. | 0,40 | 0,40 | m |

Nota: Se presenta un aporte del 15% por peso del relleno en la cimentación para la estructura regular.

Tabla 161.

Área de fundación y base adoptada estructura irregular

| Descripción | Sentido X | Unidades |
|-----------------------|-----------|----------------|
| ΣP | 32,14 | T |
| Longitud Total | 13,24 | m |
| %P | 1,10 | % |
| Área de F. | 1,41 | m ² |
| B | 0,11 | m |
| B Asum. | 0,40 | m |

Nota: Se presenta un aporte del 15% por peso del relleno en la cimentación para la estructura irregular.

Se procede a calcular la presión del suelo para una base asumida, para poder obtener las dimensiones de la viga de cimentación.

$$q_s = \frac{\Sigma P}{B * L}$$

Donde:

ΣP : Sumatoria de cargas en el eje más crítico.

B : Base asumida de la cimentación.

L : Longitud del eje más crítico.

- **Regular**

$$q_s = \frac{56,31}{0,4 * 21,69} = 6,49 \frac{T}{m^2}$$

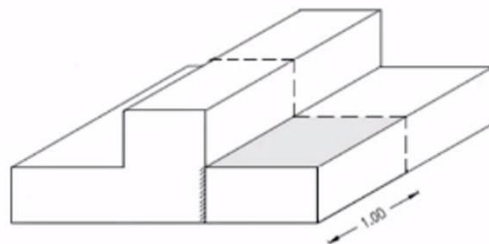
- **Irregular**

$$q_s = \frac{32,14}{0,4 * 13,24} = 6,07 \frac{T}{m^2}$$

Dimensionamiento de las alas.

Figura 173.

Viga de Cimentación



Nota: Para el predimensionamiento de las alas se toma como referencia un metro de sección de la viga de cimentación Adaptado de (Zúñiga, 2021).

De acuerdo con la base de la viga asumida y la base de la cimentación de las estructura regular e irregular, se procede a calcular la longitud de las alas para ello se tiene:

- **Regular**

$$L_{ala} = \frac{40 - 20}{2} = 10 \text{ cm}$$

- **Irregular**

$$L_{ala} = \frac{40 - 20}{2} = 10 \text{ cm}$$

Para poder determinar la altura del ala se tiene que verificar el cortante que actúa sobre la misma es por ello por lo que se plantea como condición que el esfuerzo cortante permisible debe de ser igual al esfuerzo cortante de la sección.

$$V_u = q_{smax} * L_{ala} * b$$

$$v_p = 0,53 * \sqrt{f'_c} \quad (1)$$

$$v_c = \frac{V_u}{\phi * b * d} \quad (2)$$

$$v_c = v_p$$

Ecuación (1) en (2)

$$d = \frac{V_u}{\phi * b * v_p} \quad (3)$$

Donde:

V_u : Cortante último de la sección (T)

v_p : Esfuerzo cortante permitido (kg/cm^2).

v_c : Esfuerzo cortante de la sección (kg/cm^2).

d : Altura efectiva del Ala (cm).

b: Sección de análisis de la viga (1 m).

q_{smax} : Presión del suelo, mayorada 30% (T/m^2).

- **Regular**

$$V_u = (6,49 * 1,30) * 0,10 * 1 = 0,843 T/m^2$$

$$v_p = 0,53 * \sqrt{210} = 7,68 kg/cm^2$$

$$d = \frac{0,843 * 1000}{0,75 * 100 * 7,68} = 1,46 cm$$

$$h = d + r = 1.46 + 4 = 5,90 cm$$

$$h_{asumido} = 20 cm$$

- **Irregular**

$$V_u = (6,07 * 1,30) * 0,10 * 1 = 0,79 T/m^2$$

$$v_p = 0,53 * \sqrt{210} = 7,68 kg/cm^2$$

$$d = \frac{0,79 * 1000}{0,75 * 100 * 7,68} = 8,25 cm$$

Como control se tiene que el valor de la altura efectiva no debe de ser menor que la mitad de la base de la viga asumida.

$$d \geq \frac{b_w}{2}$$

- **Regular**

$$12,5 \geq \frac{20}{2} = 10 cm$$

- **Irregular**

$$d \geq \frac{20}{2} = 10 cm$$

En base a los controles y el recubrimiento de la cimentación se asume una altura de ala de:

- **Regular**

$$h_{ala} = 20 \text{ cm}$$

- Irregular

$$h_{ala} = 20 \text{ cm}$$

Dimensionamiento de la viga.

Para una base asumida se procede a calcular las cargas y momentos actuantes sobre las vigas de la siguiente manera:

$$q = q_s * B_c$$

- Regular

$$q = 6,49 * 0,40 = 2,62 \text{ T/m}$$

$$L_{mayor} = 3,60 \text{ m}$$

$$M_u = \frac{q * L_{mayor}^2}{10} = \frac{2,62 * 3,60^2}{10} = 3,39 \text{ T - m}$$

Tabla 162.

Altura de cuerpo de la viga estructura regular

| Altura del cuerpo de la viga | | |
|-------------------------------------|-------|--------------------|
| Luz mayor | 3,60 | m |
| w | 2,62 | T/m |
| M ext | 3,39 | T-m |
| Ru | 39,71 | kg/cm ² |
| Mr | 4,90 | T-m |
| d0 | 24,85 | cm |
| h0 | 28,85 | cm |
| h0 asum | 0,40 | m |

Nota: Para un momento actuante de 3,39 (T – m) se asume una altura del cuerpo de la viga de 40 cm para la estructura regular.

$$h_w = 40 \text{ cm}$$

- Irregular

$$q = 6,07 * 0,40 = 2,43 \text{ T/m}$$

$$L_{mayor} = 4,00 \text{ m}$$

$$M_u = \frac{q * L_{mayor}^2}{10} = \frac{2,43 * 4,00^2}{10} = 3,88 \text{ T - m}$$

Tabla 163.

Altura del cuerpo de la viga estructura irregular

| Altura del cuerpo de la viga | | |
|------------------------------|-------|--------------------|
| Luz mayor | 4,00 | m |
| w | 2,43 | T/m |
| M ext | 3,88 | T-m |
| Ru | 39.71 | kg/cm ² |
| Mr | 5.61 | T*m |
| d0 | 26.58 | cm |
| h0 | 30.58 | cm |
| h0 asum | 0.40 | m |

Nota: Para un momento actuante de 3,88 (T – m) se asume una altura del cuerpo de la viga de 40 cm para la estructura irregular.

$$h_w = 40 \text{ cm}$$

Coeficiente de balastro.

Para el cálculo del coeficiente de balastro se usa el método de Boiler, para un esfuerzo del suelo de 25 (T/m²) para la estructura regular e irregular.

$$K_s = 120 * \sigma_s$$

Donde:

$\sigma_s =$ Esfuerzo del suelo (T/m^2)

$$K_s = 120 * 25$$

$$K_s = 3000 T/m^2$$

Verificación de la cimentación.

Con el predimensionamiento realizado se procede a verificar las dimensiones propuestas mediante el uso de software, la herramienta informática a utilizar será VigCim, para ello se requiere las fuerzas y momentos actuantes en el eje y los siguientes datos:

Tabla 164.

Datos de la cimentación estructura regular

| Codificación de datos | | |
|-----------------------|---------|---------|
| E (hormigón) | 2100000 | T/m^2 |
| Inercia T | 0,0066 | m^4 |
| KS (Boiler) | 3000,00 | T/m^3 |
| b | 0,40 | m |
| b0 | 0,20 | m |
| h | 0,20 | m |
| h0 | 0,40 | m |

Tabla 165.

Datos de la cimentación estructura irregular

| Codificación de datos | | |
|-----------------------|---------|---------|
| E (hormigón) | 2100000 | T/m^2 |

| Codificación de datos | | |
|-----------------------|---------|------------------|
| Inercia T | 0,0015 | m ⁴ |
| KS (Boiler) | 3000,00 | T/m ³ |
| b | 0,40 | m |
| b0 | 0,20 | m |
| h | 0,20 | m |
| h0 | 0,40 | m |

Figura 174.

Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura regular

Input

PROYECTO: CIMENTACION EJE X

NT: 7 E: 2100000.0000 (T/m²)

| | INERCIA (m) | BA (m) | LU (m) | KS (T/m ³) |
|---|-------------|--------|--------|------------------------|
| 1 | 0.00147 | 0.4000 | 0.1200 | 3000.0000 |
| 2 | 0.00147 | 0.4000 | 3.5500 | 3000.0000 |
| 3 | 0.00147 | 0.4000 | 3.6000 | 3000.0000 |
| 4 | 0.00147 | 0.4000 | 3.6000 | 3000.0000 |
| 5 | 0.00147 | 0.4000 | 3.6000 | 3000.0000 |
| 6 | 0.00147 | 0.4000 | 3.6000 | 3000.0000 |
| 7 | 0.00147 | 0.4000 | 3.5500 | 3000.0000 |

| | MO (T-m) | P (T) |
|---|----------|---------|
| 1 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.0000 | 3.0400 |
| 3 | 0.0000 | 8.2600 |
| 4 | 0.0000 | 11.7700 |
| 5 | 0.0000 | 10.5800 |
| 6 | 0.0000 | 11.6400 |
| 7 | 0.0000 | 8.1800 |
| 8 | 0.0000 | 2.8400 |

Figura 175.

Resultados de Fuerzas y Momentos VigCim estructura regular

OUTPUT CIMENTACION EJE X

RESULTADOS EN TRAMO 1

LUZ DEL TRAMO : 0.12

| | SECCION (m) | ESFUERZO (T/m ²) | DEFLEXION (m) | GIRO (RAD) | MOMENTO (T-m) | CORTE (Ton) |
|---|---------------|-------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 1 | 0.0000 | 6.2704 | 0.0021 | -0.0007 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.0300 | 6.2109 | 0.0021 | -0.0007 | 0.0011 | 0.0749 |
| 3 | 0.0600 | 6.1513 | 0.0021 | -0.0007 | 0.0045 | 0.1491 |
| 4 | 0.0900 | 6.0917 | 0.0020 | -0.0007 | 0.0101 | 0.2225 |
| 5 | 0.1200 | 6.0321 | 0.0020 | -0.0007 | 0.0178 | 0.2953 |

RESULTADOS EN TRAMO 2

LUZ DEL TRAMO : 3.55

| | SECCION (m) | ESFUERZO (T/m ²) | DEFLEXION (m) | GIRO (RAD) | MOMENTO (T-m) | CORTE (Ton) |
|---|---------------|-------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 1 | 0.0000 | 6.0321 | 0.0020 | -0.0007 | 0.0178 | -2.7447 |
| 2 | 0.8875 | 4.5157 | 0.0015 | -0.0004 | -1.5564 | -0.8936 |
| 3 | 1.7750 | 4.0991 | 0.0014 | 0.0001 | -1.6775 | 0.5959 |
| 4 | 2.6625 | 4.8833 | 0.0016 | 0.0004 | -0.4743 | 2.1628 |
| 5 | 3.5500 | 5.9322 | 0.0020 | 0.0002 | 2.2759 | 4.0990 |

RESULTADOS EN TRAMO 3

LUZ DEL TRAMO : 3.6

| | SECCION (m) | ESFUERZO (T/m ²) | DEFLEXION (m) | GIRO (RAD) | MOMENTO (T-m) | CORTE (Ton) |
|---|---------------|-------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 1 | 0.0000 | 5.9322 | 0.0020 | 0.0002 | 2.2759 | -4.1610 |
| 2 | 0.9000 | 6.0562 | 0.0020 | 0.0000 | -0.4929 | -1.9866 |
| 3 | 1.8000 | 6.4393 | 0.0021 | 0.0003 | -1.2904 | 0.2368 |
| 4 | 2.7000 | 7.7006 | 0.0026 | 0.0006 | 0.0244 | 2.7617 |
| 5 | 3.6000 | 8.7791 | 0.0029 | 0.0001 | 3.8319 | 5.7672 |

RESULTADOS EN TRAMO 4

LUZ DEL TRAMO : 3.6

| | SECCION (m) | ESFUERZO (T/m ²) | DEFLEXION (m) | GIRO (RAD) | MOMENTO (T-m) | CORTE (Ton) |
|---|---------------|-------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 1 | 0.0000 | 8.7791 | 0.0029 | 0.0001 | 3.8319 | -6.0028 |
| 2 | 0.9000 | 8.0462 | 0.0027 | -0.0004 | -0.1701 | -2.9376 |
| 3 | 1.8000 | 7.2760 | 0.0024 | -0.0001 | -1.5634 | -0.2059 |
| 4 | 2.7000 | 7.5810 | 0.0025 | 0.0003 | -0.5676 | 2.4376 |
| 5 | 3.6000 | 8.1714 | 0.0027 | 0.0000 | 2.8947 | 5.2945 |

RESULTADOS EN TRAMO 5
LUZ DEL TRAMO : 3.6

| | SECCION (m) | ESFUERZO (T/m ²) | DEFLEXION (m) | GIRO (RAD) | MOMENTO (T-m) | CORTE (Ton) |
|---|---------------|-------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 1 | 0.0000 | 8.1714 | 0.0027 | 0.0000 | 2.8947 | -5.2855 |
| 2 | 0.9000 | 7.5601 | 0.0025 | -0.0003 | -0.5607 | -2.4324 |
| 3 | 1.8000 | 7.2291 | 0.0024 | 0.0001 | -1.5563 | 0.1991 |
| 4 | 2.7000 | 7.9687 | 0.0027 | 0.0004 | -0.1784 | 2.9085 |
| 5 | 3.6000 | 8.6794 | 0.0029 | -0.0001 | 3.7834 | 5.9413 |

RESULTADOS EN TRAMO 6
LUZ DEL TRAMO : 3.6

| | SECCION (m) | ESFUERZO (T/m ²) | DEFLEXION (m) | GIRO (RAD) | MOMENTO (T-m) | CORTE (Ton) |
|---|---------------|-------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 1 | 0.0000 | 8.6794 | 0.0029 | -0.0001 | 3.7834 | -5.6987 |
| 2 | 0.9000 | 7.6034 | 0.0025 | -0.0006 | 0.0212 | -2.7292 |
| 3 | 1.8000 | 6.3492 | 0.0021 | -0.0003 | -1.2797 | -0.2379 |
| 4 | 2.7000 | 5.9666 | 0.0020 | 0.0000 | -0.4977 | 1.9533 |
| 5 | 3.6000 | 5.8488 | 0.0019 | -0.0002 | 2.2266 | 4.0959 |

RESULTADOS EN TRAMO 7
LUZ DEL TRAMO : 3.55

| | SECCION (m) | ESFUERZO (T/m ²) | DEFLEXION (m) | GIRO (RAD) | MOMENTO (T-m) | CORTE (Ton) |
|---|---------------|-------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 1 | 0.0000 | 5.8488 | 0.0019 | -0.0002 | 2.2266 | -4.0841 |
| 2 | 0.8875 | 4.8363 | 0.0016 | -0.0004 | -0.5220 | -2.1720 |
| 3 | 1.7750 | 4.1261 | 0.0014 | -0.0001 | -1.7375 | -0.6099 |
| 4 | 2.6625 | 4.6619 | 0.0016 | 0.0005 | -1.6189 | 0.9089 |
| 5 | 3.5500 | 6.3425 | 0.0021 | 0.0007 | 0.0000 | 2.8400 |

Tabla 166.

Valores máximos de esfuerzo, momento y cortante para la estructura regular

| Sección (m) | Esfuerzo (T/m ²) | Momento (T-m) | Corte (T) |
|-------------|---------------------------------|------------------|-----------|
| Inicial | 6,27 | 0,00 | 0,00 |
| M (+) Max | 8,04 | 3,83 | 16,26 |
| M (-) Max | 4,66 | -1,62 | 1,53 |
| V (+) Max | 5,94 | 8,68 | 5,94 |
| V (-) Max | 8,78 | 3,83 | -6,00 |
| Final | 6,34 | 0,00 | 0,00 |

Nota: Se representan los valores máximos del esfuerzo, momento y cortante del análisis para el diseño de la cimentación correspondiente a la estructura regular.

Figura 176.

Ingreso de Fuerzas y Momentos VigCim estructura irregular

Input

PROYECTO: ESTRUCTURA IRREGULAR

NT: 6 E: 2100000.0000 (T/m2)

| | INERZIA (m) | BA (m) | LU (m) | KS (T/m3) |
|---|-------------|--------|--------|-----------|
| 1 | 0.00150 | 0.4000 | 0.0500 | 3000.0000 |
| 2 | 0.00150 | 0.4000 | 4.0000 | 3000.0000 |
| 3 | 0.00150 | 0.4000 | 3.0000 | 3000.0000 |
| 4 | 0.00150 | 0.4000 | 2.7500 | 3000.0000 |
| 5 | 0.00150 | 0.4000 | 3.0900 | 3000.0000 |
| 6 | 0.00150 | 0.4000 | 0.3500 | 3000.0000 |

| | MO (T-m) | P (T) |
|---|----------|--------|
| 1 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.0000 | 4.2800 |
| 3 | 0.0000 | 8.3600 |
| 4 | 0.0000 | 8.5500 |
| 5 | 0.0000 | 7.3400 |
| 6 | 0.0000 | 3.6100 |
| 7 | 0.0000 | 0.0000 |

Tabla 167.

Valores máximos de esfuerzo, momento y cortante para la estructura irregular

| Sección (m) | Esfuerzo (T/m ²) | Momento (T-m) | Corte (T) |
|-------------|------------------------------|---------------|-----------|
| Inicial | 9,74 | 0,00 | -0,00 |
| M (+) Max | 7,70 | 2,44 | 4,31 |
| M (-) Max | 3,92 | -2,59 | 0,73 |
| V (+) Max | 6,04 | 2,30 | 4,48 |
| V (-) Max | 7,70 | 2,44 | -4,24 |
| Final | 6,41 | 0,00 | 0,00 |

Nota: Se representan los valores máximos del esfuerzo, momento y cortante del análisis para el diseño de la cimentación correspondiente a la estructura irregular.

En base al análisis realizado se evidencia que las dimensiones obtenidas en el predimensionamiento son viables para la cimentación, adicionalmente se extrae los valores de cortante y momento máximo para realizar el armado de este.

Armado de la cimentación.

Armadura longitudinal del Ala

La armadura principal de las alas se determina considerando a las mismas como volados apoyados en el cuerpo de la viga. (Zúñiga, 2021).

Es por ello por lo que se tiene la siguiente ecuación:

$$M = \frac{q_s * L_{ala}^2 * b}{2}$$

- **Regular**

$$q_s = 6,3425 T/m^2$$

$$M = \frac{6,34 * 0,10^2 * 1}{2} = 0,0317 T - m$$

- **Irregular**

$$q_s = 9,74 T/m^2$$

$$M = \frac{9,74 * 0,10^2 * 1}{2} = 0,048 T - m$$

Tabla 168.

Armadura Transversal cimentación estructura regular

| Armadura Transversal | | |
|-----------------------------|---------|-----|
| M | 0,03 | T-m |
| Mu | 0,04 | T-m |
| r | 0,00003 | s/u |
| r min | 0,00333 | s/u |

| Armadura Transversal | | |
|-----------------------------|-------|--------------------|
| As T | 5,28 | cm ² /m |
| Esp. T | 20,00 | cm |
| #Varillas T | 5,00 | u |
| f T | 12,00 | mm |
| As T asum. | 5,65 | cm ² /m |

Nota: Se obtiene un armado de 1Ø12mm@20cm

Tabla 169.

Armadura Transversal cimentación estructura irregular

| Armadura Transversal | | |
|-----------------------------|---------|--------------------|
| M | 0,048 | T-m |
| Mu | 0,063 | T-m |
| r | 0,0001 | s/u |
| r min | 0,00333 | s/u |
| As T | 5,28 | cm ² /m |
| Esp. T | 20,00 | cm |
| #Varillas T | 5,00 | u |
| f T | 12,00 | mm |
| As T asum. | 5,65 | cm ² /m |

Nota: Se obtiene un armado de 1Ø12mm@20cm

Armadura Transversal Ala.

La armadura transversal de las alas se calcula a partir de la expresión para armadura de temperatura. (Zúñiga, 2021).

$$A_{st} = 0,0018 * (b - b_0) * h$$

- **Regular**

$$A_{st} = 0,0018 * (40 - 20 - 8) * 20 = 0,432 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{st}}{2} = 0,216 \text{ cm}^2 \text{ para cada ala}$$

- **Irregular**

$$A_{st} = 0,0018 * (40 - 20 - 8) * 20 = 0,43 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{st}}{2} = 0,72 \text{ cm}^2 \text{ para cada ala}$$

Se obtiene 1 varillas \emptyset 10mm para cada ala de la viga.

Armadura a flexión de la viga.

Tabla 170.

Armadura Longitudinal del cuerpo de la viga estructura regular

| Armadura Longitudinal | | |
|------------------------------|---------|---------|
| Mu (T) | -4,98 | 2,26 |
| p calculado | 0,00268 | 0,00117 |
| p definitivo | 0,00333 | 0,00333 |
| As. Requerido | 2,38 | 2,38 |
| As, Extra | 0,00 | 0,00 |
| # Varillas | 2 | 2 |
| f (mm) | 14 | 14 |
| As, Total | 3,08 | 3,08 |

Nota: Se requiere un armado superior e inferior de 2 \emptyset 14mm.

Tabla 171.*Armadura Longitudinal del cuerpo de la viga estructura regular*

| Armadura Longitudinal | | |
|------------------------------|--------|--------|
| Mu (T) | -2,59 | 2,44 |
| p calculado | 0,0036 | 0,0034 |
| p definitivo | 0,0036 | 0,0034 |
| As. Requerido | 2,59 | 2,45 |
| # Varillas | 2 | 2 |
| f (mm) | 14 | 14 |
| As. Total | 3,08 | 3,08 |

Nota: Se requiere un armado superior e inferior de 3Ø14mm.

Armadura a cortante de la viga.

La comprobación a cortante en el cuerpo se efectúa exactamente igual que en las vigas comunes, la verificación del esfuerzo cortante se hace con el mayor de los cortantes (Zúñiga, 2021).

Tabla 172.*Armadura por cortante cimentación estructura regular*

| Armadura por cortante | | |
|------------------------------|------|--------------------|
| V | 5,94 | T |
| Vu | 7,72 | T/m ² |
| Vp | 7,68 | T/m ² |
| f'c | 210 | kg/cm ² |
| fyt | 4200 | kg/cm ² |
| Vs | 6,62 | T/m ² |
| s | 8 | cm |

| Armadura por cortante | | |
|-----------------------|------|-----------------|
| Av | 0,25 | cm ² |
| Av/2 | 0,12 | cm ² |

Nota: Para la armadura por cortante se requiere 1EØ10mm@8cm.

Tabla 173.

Armadura por cortante cimentación estructura irregular

| Armadura por cortante | | |
|-----------------------|--------|--------------------|
| V | 4,48 | T |
| Vu | 5,82 | T/m ² |
| Vp | 76,804 | T/m ² |
| f'c | 210 | kg/cm ² |
| fyt | 4200 | kg/cm ² |
| Vs | 31,05 | T/m ² |
| s | 9 | cm |
| Av | 0,13 | cm ² |
| Av/2 | 0,07 | cm ² |

Nota: Para la armadura por cortante se requiere 1EØ10mm@9cm

Resumen de la cimentación.

Tabla 174.

Armadura del ala estructura regular

| Cimentación Ala | | |
|-----------------|-------|----|
| b Ala | 40,00 | cm |
| h Ala | 20,00 | cm |
| Recubr. | 4,00 | cm |

| Cimentación Ala | | | | | | |
|-------------------|---|---|----|---|-------|----|
| As. Trans. | 2 | Ø | 10 | | | mm |
| As. Long. | 1 | Ø | 12 | @ | 20,00 | cm |

Tabla 175.*Armadura del ala estructura irregular*

| Cimentación Ala | | | | | | |
|-------------------|---|---|-------|---|-------|----|
| b Ala | | | 40,00 | | | cm |
| h Ala | | | 20,00 | | | cm |
| Recubr. | | | 4,00 | | | cm |
| As. Trans. | 2 | Ø | 10 | | | mm |
| As. Long. | 1 | Ø | 12 | @ | 20,00 | cm |

Tabla 176.*Armadura de la viga estructura regular*

| Cimentación Viga | | | | | | |
|------------------|---|---|-------|---|---|----|
| b Viga | | | 20,00 | | | cm |
| h Viga | | | 40,00 | | | cm |
| Recubr. | | | 4,00 | | | cm |
| As. (-) | 2 | Ø | 14 | | | mm |
| As. (+) | 2 | Ø | 14 | | | mm |
| Estribos | 1 | Ø | 10 | @ | 8 | cm |

Tabla 177.*Armadura de la viga estructura irregular*

| Cimentación Viga | | | | | |
|------------------|-------|---|----|---|------|
| b Viga | 20,00 | | | | cm |
| h Viga | 40,00 | | | | cm |
| Recubr. | 4,00 | | | | cm |
| As. (-) | 2 | Ø | 14 | | mm |
| As. (+) | 2 | Ø | 14 | | mm |
| Estribos | 1 | Ø | 10 | @ | 9 cm |

Diseño de Gradadas**Estructura Regular.**

- Altura de piso = 2,65 m
- Altura del descanso = 1,23 m
- Ancho de descanso = 1,20m
- Carga viva de gradadas (NEC-SE-HM, 2015) = 500 kg/m²
- Dimensión de huella impuesta = 0,28 m (Dimensión mínima 28mm)(NTE INEN 2249, 2016).
- Dimensión de contrahuella = 0,18 m (Dimensión máxima 180 mm) (NTE INEN 2249, 2016).

$$\text{número de contrahuellas} = \frac{1,23}{0,18} = 7$$

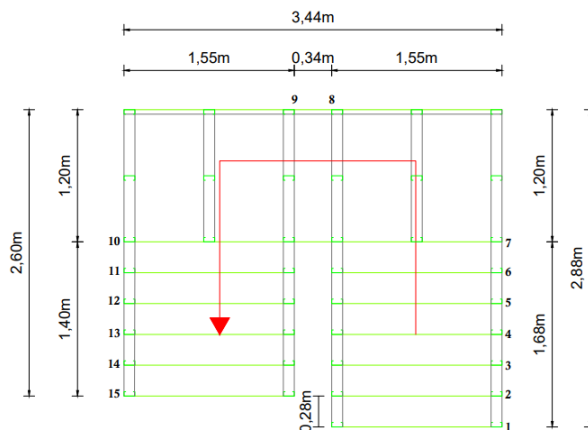
Luz libre

$$L = \text{ancho del descanso} + \# \text{ peldaños} * \text{huella}$$

$$L = 1,55 + 7 * 0,28m = 3,51m$$

Figura 177.

Vista en planta de grada de estructura regular



Estructura Irregular.

- Altura de piso = 2,65 m
- Altura del descanso = 1,63 m
- Ancho de descanso = 1,26 m
- Carga viva de gradas (NEC-SE-HM, 2015) = 500 kg/m²
- Dimensión de huella impuesta = 0,27 m (Dimensión mínima 280mm)(NTE INEN 2249, 2016).
- Dimensión de contrahuella = 0,17 m (Dimensión máxima 180 mm) (NTE INEN 2249, 2016).

$$\text{número de contrahuellas} = \frac{1,63}{0,17} = 10$$

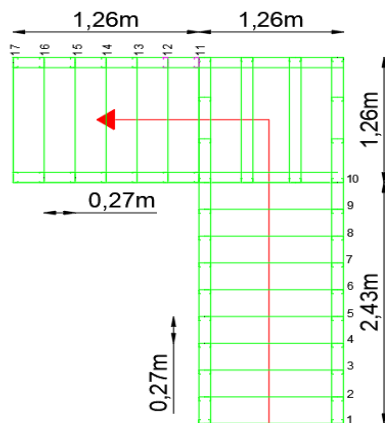
- Luz libre

$$L = \text{ancho del descanso} + \# \text{ peldaños} * \text{huella}$$

$$L = 1,26 + 10 * 0,27\text{m} = 3,96\text{m}$$

Figura 178.

Vista en planta de grada de estructura irregular



Para el análisis de los perfiles a utilizar en las escaleras se tomó la misma perfilería tanto en montantes con un perfil PGC de 100 x 1,50 mm para la contrahuella y un perfil PGU de 100 x 1,25 mm para la huella respectivamente tanto para la estructura regular como irregular.

CAPÍTULO VII

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE CADA SISTEMA

Sistema Aporticado

Tabla 178.

Presupuesto de la estructura regular con sistema aporticado

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|-------------------------------|--|----------------|----------|-----------------|--------------|
| PRELIMINARES | | | | | |
| 1 | Limpieza manual del terreno | m ² | 298,00 | 2,41 | 718,48 |
| 2 | Replanteo y nivelación equipo topográfico | m ² | 298,00 | 2,15 | 641,34 |
| 3 | Excavación de suelo a máquina en plintos | m ³ | 91,88 | 8,06 | 740,58 |
| 4 | Excavación manual de zanja de tierra | m ³ | 18,38 | 12,06 | 221,53 |
| 5 | Relleno suelo natural | m ³ | 41,86 | 25,44 | 1064,85 |
| 6 | Desalojo de material (volqueta y cargadora) dist.=10 km | m ³ | 60,03 | 12,74 | 764,44 |
| ESTRUCTURA DE HORMIGÓN | | | | | |
| 7 | Hormigón simple en replantillo f'c=140 kg/cm ² | m ³ | 9,42 | 139,80 | 1316,78 |
| 8 | Hormigón premezclado para plintos f'c=210 kg/cm ² (incluye encofrado) | m ³ | 10,70 | 138,20 | 1478,66 |
| 9 | Hormigón ciclópeo 40% piedra bajo cadenas f'c=180 kg/cm ² | m ³ | 6,09 | 120,52 | 733,95 |

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|--------------------|--|----------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| 10 | Acero de refuerzo 4200 kg/cm ² (varillas corrugadas) con alambre galv. | Kg | 14209,10 | 2,21 | 31381,25 |
| 11 | Hormigón simple en cadenas de amarre f'c=210 kg/cm ² | m ³ | 6,09 | 159,95 | 974,10 |
| 12 | Hormigón simple en columnas f'c=210 kg/cm ² (incy. Encofrado) | m ³ | 11,23 | 182,19 | 2046,37 |
| 13 | Bloque alivianado 40x20x20 timbrado y estibado (losa) | U | 2940,00 | 1,48 | 4352,94 |
| 14 | Hormigón simple de f'c=210kg/cm ² ; en losa y vigas (inc. Encofrado);(incy.malla) | m ³ | 73,99 | 187,60 | 13880,06 |
| 15 | Hormigón simple de f'c=210kg/cm ² en gradas (inc. Encofrado) | m ³ | 1,35 | 235,36 | 317,73 |
| MAMPOSTERÍA | | | | | |
| 16 | Mampostería bloque | m ² | 588,46 | 14,95 | 8799,00 |
| ENLUCIDOS | | | | | |
| 17 | Enlucido vertical, incluye filos | m ² | 1308,11 | 7,92 | 10362,97 |
| 18 | Enlucido horizontal, incluye filos | m ² | 683,43 | 7,86 | 5374,83 |
| PISOS | | | | | |
| 19 | Contrapiso f'c=180 kg/cm ² e=5cm (incy. Malla) | m ² | 210,00 | 30,08 | 6317,84 |
| | | | | TOTAL | \$91.487,72 |
| | | | | ÁREA m ² | 478,70 |
| | | | | TOTAL/m ² | \$191,12 |

Nota: Se tiene para la estructura regular un valor de \$ 91487,72.

Tabla 179.

Presupuesto de la estructura irregular con sistema aporticado

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|-------------------------------|---|----------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| PRELIMINARES | | | | | |
| 1 | Limpieza manual del terreno | m ² | 180,00 | 2,41 | 433,98 |
| 2 | Replanteo y nivelación equipo topográfico | m ² | 180,00 | 2,15 | 387,38 |
| 3 | Excavación de suelo a máquina en plintos | m ³ | 52,30 | 8,06 | 421,53 |
| 4 | Excavación manual de zanja de tierra | m ³ | 10,46 | 12,06 | 126,10 |
| 5 | Relleno suelo natural | m ³ | 42,45 | 25,43 | 1079,67 |
| 6 | Desalojo de material (volqueta y cargadora) dist.=10 km | m ³ | 40,02 | 12,74 | 509,66 |
| ESTRUCTURA DE HORMIGÓN | | | | | |
| 7 | Hormigón simple en replantillo f'c=140 kg/cm ² | m ³ | 5,93 | 139,80 | 829,02 |
| 8 | Hormigón premezclado para plintos f'c=210 kg/cm ² (incluye encofrado) | m ³ | 6,77 | 138,03 | 934,48 |
| 9 | Hormigón ciclópeo 40% piedra bajo cadenas f'c=180 kg/cm ² | m ³ | 15,13 | 120,52 | 1823,43 |
| 10 | Acero de refuerzo 4200 kg/cm ² (varillas corrugadas) con alambre galv. | Kg | 9651,68 | 2,21 | 21316,04 |

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|--------------------|---|----------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| 11 | Hormigón simple en cadenas de amarre f'c=210 kg/cm ² | m ³ | 3,73 | 166,42 | 620,73 |
| 12 | Hormigón simple en columnas f'c=210 kg/cm ² (incy. Encofrado) | m ³ | 16,65 | 182,23 | 3034,10 |
| 13 | Bloque alivianado 40x20x20 timbrado y estibado (losa) | U | 1426,00 | 1,48 | 2111,32 |
| 14 | Hormigón simple de f'c=210kg/cm ² ; en losa y vigas (inc. Encofrado) ;(incy.malla) | m ³ | 43,29 | 187,60 | 8121,11 |
| 15 | Hormigón simple de f'c=210kg/cm ² en gradas (inc. Encofrado) | m ³ | 1,56 | 235,39 | 367,20 |
| MAMPOSTERÍA | | | | | |
| 16 | Mampostería bloque | m ² | 334,60 | 14,95 | 5003,17 |
| ENLUCIDOS | | | | | |
| 17 | Enlucido vertical, incluye filos | m ² | 378,18 | 7,92 | 2995,98 |
| 18 | Enlucido horizontal, incluye filos | m ² | 241,94 | 7,86 | 1902,74 |
| PISOS | | | | | |
| 19 | Contrapiso f'c=180 kg/cm ² e=5cm (incy. Malla) | m ² | 117,95 | 30,09 | 3548,53 |
| | | | | TOTAL | \$55.566,16 |
| | | | | ÁREA m ² | 259,04 |
| | | | | TOTAL/m ² | \$214,51 |

Nota: Se tiene para la estructura regular un valor de \$ 55.566,16.

Sistema de muros portantes de hormigón armado

Tabla 180.

Presupuesto de la estructura regular con muros portantes de hormigón armado

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|-------------------------------|---|----------------|----------|-----------------|--------------|
| PRELIMINARES | | | | | |
| 1 | Limpieza manual del terreno | m ² | 283,99 | 2,41 | 684,69 |
| 2 | Replanteo y nivelación equipo topográfico | m ² | 283,99 | 2,18 | 619,49 |
| 3 | Excavación de suelo a máquina | m ³ | 7,97 | 8,06 | 692,94 |
| 4 | Excavación manual de zanja de tierra | m ³ | 11,39 | 12,06 | 207,29 |
| 5 | Relleno suelo natural | m ³ | 24,37 | 25,44 | 247,60 |
| 6 | Desalojo de material (volqueta y cargadora) dist. =10 km | m ³ | 12,38 | 12,74 | 1165,13 |
| ESTRUCTURA DE HORMIGÓN | | | | | |
| 7 | Hormigón simple en replantillo f'c=140 kg/cm ² | m ³ | 137,26 | 139,80 | 615,28 |
| 8 | Hormigón premezclado para vigas de cimentación f'c=210 kg/cm ² (incluye encofrado) | m ³ | 154,98 | 156,87 | 5550,27 |
| 9 | Hormigón ciclópeo 40% piedra escaleras f'c=180 kg/cm ² | m ³ | 119,25 | 120,52 | 47,00 |
| 10 | Acero de refuerzo 4200 kg/cm ² (varillas corrugadas) con alambre galv. | Kg | 2,15 | 2,17 | 27639,55 |
| 11 | Hormigón premezclado en muros f'c=210 kg/cm ² (incy. encofrado) | m ³ | 186,05 | 187,94 | 16611,03 |

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|--------------------|---|----------------|----------|----------------------------|--------------|
| 12 | Bloque alivianado 40x20x15 timbrado y estibado (losa) | U | 1,33 | 1,38 | 4871,00 |
| 13 | Hormigón simple de f'c=210kg/cm ² ; en losa y vigas (inc. encofrado) ;(inc. Malla) | m ³ | 184,38 | 187,60 | 8810,08 |
| 14 | Hormigón simple de f'c=210 kg/cm ² en gradas (inc. encofrado) | m ³ | 220,27 | 223,48 | 301,16 |
| MAMPOSTERÍA | | | | | |
| 15 | Mampostería bloque | m ² | 14,01 | 14,35 | 1441,90 |
| ENLUCIDOS | | | | | |
| 16 | Enlucido vertical, incluye fillos | m ² | 7,60 | 7,92 | 10362,97 |
| 17 | Enlucido horizontal, incluye fillos | m ² | 7,55 | 7,86 | 5375,07 |
| PISOS | | | | | |
| 18 | Contrapiso f'c=180 kg/cm ² e=5cm (inc. malla) | m ² | 27,95 | 28,62 | 5823,96 |
| | | | | Total | 91066,39 |
| | | | | Total/m² | 190,24 |

Nota: Se tiene para la estructura regular un valor de \$ 91066,39.

Tabla 181.

Presupuesto de la estructura irregular con muros portantes de hormigón armado

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|---------------------|-----------------------------|----------------|----------|-----------------|--------------|
| PRELIMINARES | | | | | |
| 1 | Limpieza manual del terreno | m ² | 180,00 | 2,41 | 433,98 |

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|-------------------------------|--|----------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| 2 | Replanteo y nivelación con equipo topográfico | m ² | 180,00 | 2,18 | 392,65 |
| 3 | Excavación de suelo a máquina | m ³ | 63,06 | 8,06 | 508,25 |
| 4 | Excavación manual de zanja de tierra | m ³ | 12,61 | 12,06 | 152,01 |
| 5 | Relleno suelo natural | m ³ | 41,74 | 25,44 | 1061,74 |
| 6 | Desalojo de material (volqueta y cargadora) dist. =10 km | m ³ | 42,41 | 12,74 | 540,10 |
| ESTRUCTURA DE HORMIGÓN | | | | | |
| 7 | Hormigón simple en replantillo f'c=140 kg | m ³ | 3,80 | 139,80 | 531,26 |
| 8 | Hormigón ciclópeo 40% piedra bajo cadenas f'c=180 kg/cm ² | m ³ | 0,22 | 120,52 | 26,51 |
| 9 | Acero de refuerzo 4200 kg/cm ² (varillas corrugadas) con alambre galv. N°18 | Kg | 7398,53 | 2,17 | 16046,61 |
| 10 | Hormigón premezclado de f'c=210kg/cm ² en vigas de cimentación (inc. Encofrado) | m ³ | 30,13 | 156,87 | 4726,54 |
| 11 | Hormigón premezclado en muros f'c=210 kg/cm ² (inc. Encofrado) | m ³ | 48,62 | 187,94 | 9137,85 |
| 12 | Bloque alivianado 40x20x15 timbrado y estribado (Losa) | U | 1651 | 1,38 | 2285,96 |
| 13 | Hormigón simple de f'c=210kg/cm ² en losa y vigas (incluye malla); (inc. Encofrado) | m ³ | 30,53 | 187,60 | 5727,36 |

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|--------------------|---|--------------|----------|----------------------------|-----------------|
| 14 | Hormigón simple de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en gradas (inc. Encofrado) | m^3 | 1,88 | 223,48 | 420,14 |
| MAMPOSTERÍA | | | | | |
| 15 | Mampostería de bloque | m^2 | 93,21 | 14,35 | 1337,61 |
| ENLUCIDOS | | | | | |
| 16 | Enlucido vertical, incluye filos | m^2 | 341,09 | 7,92 | 2702,15 |
| 17 | Enlucido horizontal, incluye filos | m^2 | 248,59 | 7,86 | 1955,03 |
| 18 | Contrapiso h.s. $f'c=180\text{ kg/cm}^2$; (inc. Malla) | m^2 | 87,07 | 28,62 | 2492,04 |
| | | | | Total | 50477,79 |
| | | | | Total/m² | 194,86 |

Nota: Se tiene para la estructura irregular un valor de \$ 50477,79.

Sistema de Steel framing

Tabla 182.

Presupuesto de la estructura regular con muros livianos de acero Steel Framing

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|---------------------|---|--------------|----------|-----------------|--------------|
| PRELIMINARES | | | | | |
| 1 | Limpieza manual del terreno | m^2 | 247,93 | 2,41 | 597,75 |
| 2 | Replanteo y nivelación equipo topográfico | m^2 | 247,93 | 2,18 | 540,83 |
| 3 | Excavación de suelo a máquina | m^3 | 73,58 | 8,06 | 593,08 |

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|---------------------------------|---|----------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| 4 | Excavación manual de zanja de tierra | m ³ | 12,26 | 12,06 | 147,80 |
| 5 | Relleno suelo natural | m ³ | 6,02 | 25,44 | 153,08 |
| 6 | Desalojo de material (volqueta y cargadora) dist. =10 km | m ³ | 66,36 | 12,74 | 845,60 |
| ESTRUCTURA STEEL FRAMING | | | | | |
| 7 | Acero conformado en frio (provisión y montante) | Kg | 12437,27 | 3,15 | 39122,06 |
| 8 | Superboard ep 20x122x2440mm | m ² | 480,00 | 24,40 | 11713,34 |
| CIMENTACIÓN | | | | | |
| 9 | Hormigón simple en replantillo f'c=180 kg/cm ² | m ³ | 3,23 | 139,80 | 451,57 |
| 10 | Acero de refuerzo 4200 kg/cm ² (varillas corrugadas) con alambre galv. | Kg | 3576,11 | 2,17 | 7756,19 |
| 11 | Hormigón premezclado para vigas de cimentación f'c=210 kg/cm ² (incluye encofrado) | m ³ | 19,38 | 156,87 | 3040,17 |
| MAMPOSTERÍA | | | | | |
| 12 | Superboard sq 10x122x2440mm | m ² | 572,88 | 16,12 | 9234,34 |
| PISOS | | | | | |
| 13 | Hormigón simple en contrapiso f'c=180 kg/cm ² e=5cm (incy. malla) | m ² | 187,75 | 28,62 | 5373,61 |

| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|-------------|--------|----------|----------------------------|-----------------|
| | | | TOTAL | 79569,15 |
| | | | TOTAL/m² | 166,22 |

Nota: Se tiene para la estructura regular un valor de \$ 79569,15.

Tabla 183.

Presupuesto de la estructura irregular con muros livianos de acero Steel Framing

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|---------------------------------|---|----------------|----------|-----------------|--------------|
| PRELIMINARES | | | | | |
| 1 | Limpieza manual del terreno | m ² | 180,00 | 2,41 | 433,98 |
| 2 | Replanteo y nivelación equipo topográfico | m ² | 180,00 | 2,18 | 392,65 |
| 3 | Excavación de suelo a máquina | m ³ | 37,08 | 8,06 | 298,86 |
| 4 | Excavación manual de zanja de tierra | m ³ | 7,42 | 12,06 | 89,40 |
| 5 | Relleno suelo natural | m ³ | 28,40 | 25,44 | 722,31 |
| 6 | Desalojo de material (volqueta y cargadora) dist.=10 km | m ³ | 20,13 | 12,74 | 256,29 |
| CIMENTACIÓN | | | | | |
| 7 | Hormigón simple en replantillo f'c=140 kg/cm ² | m ³ | 2,30 | 136,31 | 313,52 |
| 8 | Hormigón premezclado para vigas de cimentación f'c=210 kg/cm ² (incluye encofrado) | m ³ | 13,80 | 156,87 | 2164,83 |
| 9 | Acero de refuerzo 4200 kg/cm ² (varillas corrugadas) con alambre galvanizado | Kg | 2122,33 | 2,17 | 4603,10 |
| ESTRUCTURA STEEL FRAMING | | | | | |
| 10 | Acero conformado en frío (ss37-g90) | Kg | 6949,30 | 3,18 | 22065,34 |

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|--------------------|---|----------------|----------|----------------------------|--------------|
| 11 | Superboard ep 20x122x2440mm | m ² | 259,05 | 24,40 | 6321,68 |
| MAMPOSTERÍA | | | | | |
| 12 | Superboard sq 10x122x2440mm | m ² | 399,61 | 12,87 | 5144,70 |
| PISOS | | | | | |
| 13 | Contrapiso f'c=180 kg/cm ² e=5cm (incy, malla) | m ² | 110,00 | 28,62 | 3148,32 |
| | | | | Total | 45954,98 |
| | | | | Total/m² | 177,40 |

Nota: Se tiene para la estructura irregular un valor de \$ 45954,98.

Comparativa de Presupuestos

A continuación, se presenta los presupuestos finales de los tres tipos de estructura y de las dos configuraciones, estos es la regular y la irregular

Tabla 184.

Comparación de presupuesto de los diferentes sistemas analizados.

| Modelo | Aporticado Viga | Muros Hormigón | Steel Framing |
|--------------------------|-----------------|----------------|---------------|
| | Banda | Armado | |
| Estructura Regular | \$91.487,72 | \$91.066,39 | \$79.569,15 |
| Estructura Irregular | \$55.566,16 | \$50.477,79 | \$45.954,98 |
| Estructura Regular | \$191,12 | \$190,24 | \$166,22 |
| Estructura Irregular por | \$214,51 | \$194,86 | \$177,40 |

Tabla 185.*Comparativa de presupuestos con otros sistemas constructivos*

| Modelo | Mampostería Confinada | Mampostería Armada | Aporticado Viga Descolgada | Aporticado Viga Banda | Muros Hormigón Armado | Steel Framing |
|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Estructura Regular | \$73.348,72 | \$78.031,43 | \$86.596,80 | \$91.487,72 | \$91.066,39 | \$79.569,15 |
| Estructura Irregular | \$40.844,37 | \$41.415,22 | \$48.902,50 | \$55.566,16 | \$50.477,79 | \$45.954,98 |
| Estructura Regular | \$153,22 | \$163,01 | \$180,90 | \$191,12 | \$190,24 | \$166,22 |
| Estructura Irregular | \$157,68 | \$159,88 | \$188,78 | \$214,51 | \$194,86 | \$177,40 |

Nota: Los presupuestos de Mampostería Confinada, Mampostería Armada y Viga descolgada, hacen referencia a un estudio previo; los presupuestos entregados en este estudio no incluían el acabado de paredes, rubro que, si incluye en la presente investigación, razón por la cual se sumó este costo a los presentados. Adoptado de: Análisis comparativo del diseño y construcción de una vivienda de planta regular, y otra de planta irregular. Con su cálculo, su diseño y el presupuesto respectivo, considerando como: a.- un sistema aporticado, b.- un sistema de mampostería confinada, y c.- un sistema de mampostería armada, (Abalco, Bravo, López, Piedra, Rivadeneira, Vivanco) Pág. 289 (2021).

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En el análisis estructural del presente proyecto se pudo notar la gran diferencia de peso que existe entre los sistemas constructivos, siendo la estructura Steel framing la más liviana con respecto a las estructuras aporticada y muros de hormigón armado, debido a esto se pudo reducir las dimensiones de las cimentaciones logrando una economía, a su vez brinda un beneficio en la parte sísmica, puesto que, el peso es directamente proporcional al cortante basal, con lo que, teniendo un menor peso se va a reducir la carga sísmica y por ende se va a tener un menor impacto durante un sismo.

Otra gran limitación que presenta tanto el sistema estructural de muros de hormigón armado y de muros livianos de acero es la imposibilidad de realizar modificaciones al diseño arquitectónico original, debido a que las paredes de hormigón armado y/o de acero liviano son parte del sistema de soporte estructural considerado dentro del cálculo. Adicionalmente las plantas arquitectónicas deben de ser semejantes en todos los niveles para tener continuidad de los elementos estructurales y distribuir las cargas a la cimentación, en cambio en el sistema aporticado no se considera la presencia de paredes de mampostería de ladrillo o bloque como elemento estructural, tan solo como separación de espacios, ya que las columnas son su soporte vertical.

Es muy importante tener en cuenta que una de las grandes limitaciones que presenta el sistema constructivo de muros livianos de acero es la dependencia de la altura de la estructura, ya que, en el Manual de Ingeniería de Steel Framing menciona que se podrá ejecutar la obra hasta construcciones de dos pisos y es por esto, que el

sistema aporticado y de muros de hormigón armado son más utilizados para edificaciones superiores a los dos pisos.

En virtud del estudio que se realizó en cada uno de los sistemas estructurales, se presenta un ahorro económico del 13% en los muros livianos de acero y un 0,5% en los muros de hormigón, con respecto al sistema aporticado. Y aun así con este beneficio el sistema aporticado es el más utilizado debido a que los otros sistemas no son muy conocidos por parte de la sociedad y no son aplicados por profesionales debido a la inexperiencia en este tipo de estructuras.

Se puede concluir que el sistema de muros livianos de acero es el más económico tanto el valor total de la obra como por metro cuadrado en estructura regular e irregular respectivamente, en el caso del sistema aporticado es de 191,12 USD y 214,51 USD, en muros de hormigón es de 190,24 USD y 194,86 USD y para los muros livianos de acero es de 166,22 USD y 177,40 USD, esto es debido a que este sistema estructural emplea un 50% menos de personal que las construcciones mencionadas, lo cual se traduce en menos incidencia de gastos en mano de obra.

Recomendaciones

Para el análisis del cortante basal hay que tener en cuenta el valor del factor de reducción de resistencia sísmica que para el sistema aporticado se debe optar como $R=5$, para sistema de muros de hormigón es $R=3$ y para los muros livianos de acero es $R=2,5$, que se encuentra en la normativa (NEC-15) y con esto nos lleva a deducir que contempla una ductilidad limitada.

Hay que tener en cuenta que en el sistema de muro livianos de acero hay que contemplar una buena mano de obra calificada debido a que no es un sistema tradicional y por esto hay que ser cuidadoso y sobre todo contar con las herramientas necesarias para un buen desarrollo de la estructura.

Es muy importante mencionar al o los propietario(s) del inmueble, que la estructura a construir con el sistema de muros de hormigón armado o en su defecto con de muros livianos de acero, no se podrá realizar ningún cambio en la distribución arquitectónica de los ambientes originales ya que el retiro o modificación de uno o varios elementos verticales, ocasionaría la inestabilidad estructural y desembocará en fallas en la estructura, o en el peor de los casos su colapso, adicionalmente el diseñador arquitectónico deberá tener presente la continuidad de los elementos estructurales verticales en todos los niveles del proyecto para dar uniformidad estructural.

En el sistema aporticado con vigas bandas, es recomendable tener en cuenta la presencia de punzonamiento de la columna a la viga banda que tiene el mismo peralte de la losa.

En el sistema de muros de hormigón armado se recomienda que la distribución de los muros garantice una densidad adecuada con respecto a el área de planta de piso, esto es, que el área de los muros en un sentido debe ser semejante al del otro sentido. De esta manera se evita complicaciones con la resistencia a solicitaciones laterales, adicionalmente debido a la concentración de armadura en las conexiones entre Losa-Dala-Muro se recomienda que la granulometría del agregado grueso (ripio) sea considerada en el diseño del hormigón.

Bibliografía

- ACI Committee 318. (2019). *Building code requirements for structural concrete: (ACI 318-19)*.
- Almeida Navarrete, F. J. (2015). *Análisis experimental de muros delgados de hormigón armado para viviendas de baja altura*.
- Barros, L., & Peñafiel, M. (2015). *Análisis comparativo económico - estructural entre , un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10314>
- Bermeo, C., Sánchez, D., & Placencia, P. (2020). *Comportamiento de Conexión Losa-Columna en Nudos Interiores de Pórticos con Losas Planas y Vigas Embebidas*. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v45n1/2477-8990-rpolit-45-01-00017.pdf>
- Castro, A., & Cristhian, A. (2016). *Análisis De Muros Portantes De Hormigón Armado Según La Norma Ecuatoriana De Construcción (NEC), Como Un Sistema De Estructura Alternativo De Implementación En Proyectos De Viviendas Masivas*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/14948>
- Freitas, S., María, A., Crasto, M. de, & Cristina, R. (2007). *Steel Framing: Arquitectura*.
- Gaibor, C., & Cristhian, A. (2018). *Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporticado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas*. [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14631/Tesis corregida.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14631/Tesis%20corregida.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Marcelo, R. (2008). *Diseños en Hormigón Armado*.
- NEC-SE-CG. (2015). *Cargas (no sísmicas)*.
- NEC-SE-DS. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción Peligro Sísmico Diseño Sismoresistente*.
- NEC-SE-HM. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción Hormigón Armado*.

- NEC-SE-VIVIENDA. (2015). *Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m.*
- NTE INEN 2249. (2016). *Accesibilidad de las personas al medio físico. Circulaciones verticales.Escaleras. Requisitos.*
- Riofrio, O., & Vicente, A. (2019). *Análisis sísmico y propuesta de reforzamiento mediante la norma ecuatoriana de la construcción NEC-15 aplicado al edificio condominios Quito(Ciudad de Guayaquil).*
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15882/1/T-ESPE-040648.pdf>
- Sánchez, P. C., & Arroba, P. V. (2018). *Diseño de columnas ,muros estructurales y diafragmas en hormigón armado.*
- SGR, MIDUVI, P. (2016). *Guía Práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015.*
- Zúñiga, J. (2021). *Diseño de Vigas de cimentación.*

Anexos