



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
PROGRAMA: INGENIERÍA ESTRUCTURAL

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

*INCIDENCIA DE LAS FORMAS ESPECTRALES EN EL DISEÑO DE EDIFICACIONES  
APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO SEGÚN LAS NORMAS COVENIN  
(Caso de Estudio: Edificación de servicio ubicada en la zona industrial de Valencia,  
Edo. Carabobo).*

Presentado a la Universidad Católica Andrés Bello,

por:

**JONATAN GONZÁLEZ**

Como requisito parcial para optar al grado de:

**ESPECIALISTA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

Realizado con la tutoría del profesor

**ING. JOSÉ GRASES**

**Caracas, Diciembre del año 2017**

Caracas, 17 de enero de 2018

Señores

Director y demás integrantes

Consejo de Área de Ingeniería

UCAB,

Presentes. -

**Referencia: Aceptación de Asesor**

Estimados Señores:

Por medio de la presente hago constar que he leído y revisado el borrador final del Trabajo Especial de Grado titulado **“INCIDENCIA DE LAS FORMAS ESPECTRALES EN EL DISEÑO DE EDIFICACIONES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO SEGÚN LAS NORMAS COVENIN”**, desarrollado por el Ing. Jonatan González, titular de la cédula de identidad número 16.448.771, como requisito parcial para optar al Título de **Especialista en Ingeniería Estructural**.

A partir de dicha lectura y revisión considero que el mencionado Trabajo Especial de Grado cumple con los requisitos y reúne los méritos suficientes para su evaluación exposición por parte del distinguido Jurado que tenga(n) a bien designar.

Atentamente,

---

Ing. José Grases



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

www.ucab.edu.ve

Tel.: (0212) 407-56-24 Fax 407-43-52

Estudios de Postgrado

Ref. J 00012255-5

## ACTA DE EVALUACIÓN DE TRABAJO ESPECIAL DE GRADO ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

Nosotros, Profesores JOSÉ GRASES GALOFRE (Asesor) y CAROLINA TOVAR NATERA, designados por el Consejo de Postgrado de la Facultad de Ingeniería a los dieciseis días del mes de enero del año dos mil diecinueve, para conocer y evaluar en nuestra condición de jurado del Trabajo Especial de Grado " INCIDENCIA DE LAS FORMAS ESPECTRALES EN EL DISEÑO DE EDIFICACIONES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO SEGÚN LAS NORMAS COVENIN. (CASO DE ESTUDIO: EDIFICACIÓN DE SERVICIO UBICADA EN LA ZONA INDUSTRIAL VALENCIA, CARABOBO) ", presentado por el ciudadano González Puig, Jonatan Frank, C.I. N°. 16448771, para optar al grado de Especialista en Ingeniería Estructural.

Declaramos que:

Hemos leído el ejemplar del Trabajo Especial de Grado que nos fue entregado con anterioridad por la Dirección del Programa.

Reunidos a los siete días del mes de marzo del año dos mil diecinueve, en la sede de los Estudios de Postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello, previa lectura y estudio del mencionado trabajo, hemos decidido convocar al estudiante con el fin de responder las preguntas que le formule el jurado. Hechas por nuestra parte las preguntas y aclaratorias correspondientes, se consideró formalizar el siguiente dictamen:

### APROBADO

Hemos acordado calificar el Trabajo Especial de Grado con Diecisiete (17) puntos.

( Observaciones o declaratoria de recomendación)

En fe de lo cual, nosotros los miembros del jurado designado, firmamos la presente acta en Caracas, a los siete días del mes de marzo del año dos mil diecinueve.

José Grases Galofre

C.I.:

por Mayra B. Espinosa  
C.I. 4688671

Carolina Tovar Natera

C.I.: 12.310.796





UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
PROGRAMA: INGENIERÍA ESTRUCTURAL

**INCIDENCIA DE LAS FORMAS ESPECTRALES EN EL DISEÑO DE  
EDIFICACIONES APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO SEGÚN  
NORMA COVENIN.**

Autor: Ing. Jonatan González

Asesor: Ing. José Grases

Fecha: Diciembre, 2017

**RESUMEN**

El Espectro de Respuesta Sísmico representa la respuesta máxima de osciladores de un grado de libertad y de un mismo coeficiente de amortiguamiento, sometidos a una historia de aceleraciones dadas, expresadas en función del periodo. Dicho espectro dependerá de la zona sísmica en la que está ubicada la estructura y a su vez de parámetros como nivel de importancia, tipo de suelos y uso de la estructura. La siguiente investigación pretende evaluar el comportamiento de una edificación de concreto armado aporticado, destinado para usos de oficinas administrativas modificando el parámetro de formas espectrales, con la finalidad de evidenciar la incidencia en los elementos estructurales específicamente en términos de volumen de concreto y cuantías de acero, los beneficios será comparar las cantidades dadas en cada modelo para así determinar qué tipo de suelo es más incidente en los elementos y poder tener un indicador para futuras decisiones. La investigación será de tipo evaluativa y descriptiva, su diseño será documental y se dividirá en 4 fases orientadas a desarrollar los objetivos planteados, entre los cuales destacan generar los 4 espectros Sísmicos con el Modelo de Cálculo, el diseño de los elementos estructurales, computar y comparar. Se optimizará el diseño de la edificación para hacerla competitiva desde el punto de vista económico, y de esta forma fomentar el uso del indicador.

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Referencia: Aceptación de Asesor .....</b>                 | <b>2</b>  |
| <b>RESUMEN.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                     | <b>11</b> |
| <b>CAPITULO I.....</b>  | <b>13</b> |
| EL PROBLEMA .....   | 13        |
| Planteamiento del Problema .....                              | 13        |
| Objetivos del Proyecto .....                                  | 15        |
| Objetivo General .....  | 15        |
| Objetivos Específicos .....                                   | 15        |
| Justificación del Proyecto.....                               | 15        |
| Limitaciones y Alcances.....                                  | 16        |
| <b>CAPÍTULO II .....</b>                                      | <b>18</b> |
| MARCO TEÓRICO .....   | 18        |
| Antecedentes .....  | 18        |
| Bases Legales .....   | 18        |
| Normativa Nacional.....                                       | 18        |
| Bases Teóricas.....   | 19        |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS .....                                    | 24        |
| <b>CAPITULO III.....</b>                                      | <b>30</b> |
| MARCO METODOLÓGICO .....                                      | 30        |
| Consideraciones Generales.....                                | 30        |
| Tipo de la Investigación .....                                | 30        |
| Diseño de la Investigación.....                               | 30        |
| Diseño de las Fases Metodológicas .....                       | 31        |
| Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información..... | 32        |
| Técnicas de Análisis e Interpretación de los Datos .....      | 33        |
| Tabla N° 2 Cronograma de Actividades .....                    | 34        |
| <b>CAPITULO IV .....</b>                                      | <b>35</b> |
| FASE I.....   | 35        |
| Determinación de Acciones y Combinaciones de Cargas .....     | 40        |
| Análisis de Cargas .....                                      | 44        |
| FASE II .....   | 45        |
| Análisis y Diseño del Modelo estructural.....                 | 45        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
|                              | 5          |
| MODELO (S1) .....            | 47         |
| MODELO (S2) .....            | 54         |
| MODELO (S2 0.70) .....       | 59         |
| MODELO (S3) .....            | 62         |
| FASE III .....               | 67         |
| Diseño Modelo S1 .....       | 73         |
| Diseño Modelo S2(0.70).....  | 92         |
| Diseño Modelo S2 .....       | 103        |
| Diseño Modelo S3 .....       | 114        |
| FASE IV .....                | 124        |
| Tablas de Indicadores .....  | 124        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>     | <b>126</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b> | <b>128</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>     | <b>129</b> |
| <b>ANEXO I.....</b>          | <b>131</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla N° 1 Valores de Coeficiente de Aceleración Horizontal (Ao) ..... | 22  |
| Tabla N° 2 Cronograma de Actividades .....                             | 34  |
| Tabla N° 3 Cargas consideradas, Covenin Mindur (2002-88).....          | 44  |
| Tabla N° 4 Distribución de Columnas .....                              | 46  |
| Tabla N° 5 Pesos Totales .....   | 50  |
| Tabla N° 6 Análisis Estático Equivalente Modelo S1 .....               | 50  |
| Tabla N° 7 Cortante Basal Estático Modelo S1 .....                     | 50  |
| Tabla N° 8 Masas Participativas .....                                  | 51  |
| Tabla N° 9 Derivas Permisible Art.10.1 .....                           | 51  |
| Tabla N° 10 Análisis Estático Equivalente Modelo S2 .....              | 56  |
| Tabla N° 11 Tabla de Cortante Basal Estático Modelo S2.....            | 56  |
| Tabla N° 12 Masas Participativas Modelo S2 .....                       | 56  |
| Tabla N° 13 Derivas Permisible Art 10.1 .....                          | 57  |
| Tabla N° 14 Análisis Estático Equivalente Modelo S2 0.70 .....         | 60  |
| Tabla N° 15 Cortante Basal Estático Modelo S2.070.....                 | 60  |
| Tabla N° 16 Masas Participativas Modelo S2 0.70 .....                  | 60  |
| Tabla N° 17 Análisis Estático Equivalente Modelo S3 .....              | 63  |
| Tabla N° 18 Cortante Basal Estático Modelo S3.....                     | 63  |
| Tabla N° 19 Masas Participativas Modelo S3 .....                       | 64  |
| Tabla N° 20 Derivas permisibles Art 10.1 .....                         | 64  |
| Tabla N° 21 Indicadores entre Formas Espectrales Nivel +4.00.....      | 124 |
| Tabla N° 22 Indicadores entre Formas Espectrales Nivel +8.00 .....     | 124 |
| Tabla N° 23 Indicadores entre Formas Espectrales Nivel +12.00.....     | 124 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 1 Espectro de Diseño S1 .....                        | 36 |
| Figura N° 2 Espectro de Diseño S2 .....                        | 37 |
| Figura N° 3 Espectro de Diseño S2 0.70 .....                   | 38 |
| Figura N° 4 Espectro de Diseño S3 .....                        | 39 |
| Figura N° 5 Planta Nivel +4.00 .....                           | 41 |
| Figura N° 6 Planta Nivel +8.00 .....                           | 42 |
| Figura N° 7 Planta Nivel +12.00 .....                          | 43 |
| Figura N° 8 Modelo de Análisis .....                           | 45 |
| Figura N° 9 Cortante Basal Sismo en X, Modelo S1.....          | 48 |
| Figura N° 10 Cortante Basal Sismo en Y, Modelo S1.....         | 49 |
| Figura N° 11 Derivas en Sismo X, Modelo S1 .....               | 52 |
| Figura N° 12 Derivas en Sismo en Y, Modelo S1 .....            | 53 |
| Figura N° 13 Cortante Basal Sismo en X, Modelo S2.....         | 54 |
| Figura N° 14 Cortante Basal en Sismo y, Modelo S2 .....        | 55 |
| Figura N° 15 Derivas en Sismo X, Modelo S2.....                | 57 |
| Figura N° 16 Derivas en Sismo Y, Modelo S2.....                | 58 |
| Figura N° 17 Cortante Basal en Sismo en X, Modelo S2 0.70..... | 59 |
| Figura N° 18 Cortante Basal en Sismo Y, Modelo S2 0.70.....    | 59 |
| Figura N° 19 Derivas en Sismo en X, Modelo S2 0.70 .....       | 61 |
| Figura N° 20 Derivas en Sismo en Y, Modelo S2 0.70 .....       | 61 |
| Figura N° 21 Cortante Basal en Sismo X, Modelo S3.....         | 62 |
| Figura N° 22 Cortante Basal en Sismo en Y, Modelo S3.....      | 63 |
| Figura N° 23 Derivas en Sismo en X, Modelo S3 .....            | 65 |
| Figura N° 24 Derivas en Sismo en Y, Modelo S3 .....            | 65 |
| Figura N° 25 Armado de Estribos.....                           | 67 |
| Figura N° 26 Detalle de Estribos .....                         | 67 |
| Figura N° 27 Acero de Refuerzo Nivel +4.00, Modelo S1.....     | 73 |

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 28 Acero de Refuerzo Nivel +8.00, Modelo S1.....             | 74 |
| Figura N° 29 Acero de Refuerzo Piso nivel +12.00, Modelo S1.....       | 75 |
| Figura N° 30 Acero de Refuerzo Pórtico A, Modelo S1 .....              | 76 |
| Figura N° 31 Acero de Refuerzo Pórtico B, Modelo S1 .....              | 76 |
| Figura N° 32 Acero de Refuerzo Pórtico C, Modelo S1 .....              | 77 |
| Figura N° 33 Acero de Refuerzo Pórtico D, Modelo S1 .....              | 77 |
| Figura N° 34 Acero de Refuerzo Pórtico 1, Modelo S1 .....              | 78 |
| Figura N° 35 Acero de Refuerzo Pórtico 2, Modelo S1 .....              | 78 |
| Figura N° 36 Acero de Refuerzo Pórtico 3, Modelo S1 .....              | 79 |
| Figura N° 37 Acero de Refuerzo Pórtico 4, Modelo S1 .....              | 79 |
| Figura N° 38 Diseño de Nodos Pórtico A, Modelo S1 .....                | 88 |
| Figura N° 39 Diseño de Nodos Pórtico B, Modelo S1 .....                | 88 |
| Figura N° 40 Diseño de Nodos Pórtico C, Modulo S1 .....                | 89 |
| Figura N° 41 Diseño de Nodos Pórtico D, Modulo S1 .....                | 89 |
| Figura N° 42 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico A, Modelo S1 .....    | 90 |
| Figura N° 43 Columna Fuerte –Viga Débil Pórtico B, Modelo S1 .....     | 90 |
| Figura N° 44 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico C, Modelo S1 .....    | 91 |
| Figura N° 45 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico D, Modelo S1 .....    | 91 |
| Figura N° 46 Acero de Refuerzo Piso nivel +4.00, Modelo S2(0.70).....  | 92 |
| Figura N° 47 Acero de Refuerzo Piso nivel +8.00, Modelo S2(0.70).....  | 93 |
| Figura N° 48 Acero de Refuerzo Piso nivel +12.00, Modelo S2(0.70)..... | 94 |
| Figura N° 49 Acero de Refuerzo Pórtico A, Modelo S2(0.70).....         | 95 |
| Figura N° 50 Acero de Refuerzo Pórtico B, Modelo S2(0.70).....         | 95 |
| Figura N° 51 Acero de Refuerzo Pórtico C, Modelo S2 (0.70).....        | 96 |
| Figura N° 52 Acero de Refuerzo Pórtico D, Modelo S2(0.70).....         | 96 |
| Figura N° 53 Acero de Refuerzo Pórtico 1, Modulo S2(0.70) .....        | 97 |
| Figura N° 54 Acero de Refuerzo Pórtico 2, Modulo S2(0.70) .....        | 97 |
| Figura N° 55 Acero de Refuerzo Pórtico 3, Modulo S2(0.70) .....        | 98 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° 56 Acero de Refuerzo Pórtico 4, Modulo S2(0.70) .....           | 98  |
| Figura N° 57 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico A, Modulo S2(0.70) ..... | 99  |
| Figura N° 58 Columna Fuerte - Viga Débil Pórtico B, Modulo S2(0.70) ..... | 99  |
| Figura N° 59 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico C, Modulo S2(0.70) ..... | 100 |
| Figura N° 60 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico D, Modulo S2(0.70) ..... | 100 |
| Figura N° 61 Diseño de Nodos Pórtico A, Modulo S2(0.70) .....             | 101 |
| Figura N° 62 Diseño de Nodos Pórtico B, Modulo S2(0.70) .....             | 101 |
| Figura N° 63 Diseño de Nodos Pórtico C, Modulo S2(0.70) .....             | 102 |
| Figura N° 64 Diseño de Nodos Pórtico D, Modulo S2(0.70) .....             | 102 |
| Figura N° 65 Acero de Refuerzo Nivel +4.00, Modelo S2.....                | 103 |
| Figura N° 66 Acero de Refuerzo Nivel +8.00, Modelo S2.....                | 104 |
| Figura N° 67 Acero de Refuerzo Nivel +12.00, Modelo S2.....               | 105 |
| Figura N° 68 Acero de Refuerzo Pórtico A, Modelo S2 .....                 | 106 |
| Figura N° 69 Acero de Refuerzo Pórtico B, Modelo S2 .....                 | 106 |
| Figura N° 70 Acero de Refuerzo Pórtico C, Modelo S2 .....                 | 107 |
| Figura N° 71 Acero de Refuerzo Pórtico D, Modelo S2 .....                 | 107 |
| Figura N° 72 Acero de Refuerzo Pórtico 1, Modelo S2 .....                 | 108 |
| Figura N° 73 Acero de Refuerzo Pórtico 2, Modelo S2 .....                 | 108 |
| Figura N° 74 Acero de Refuerzo Pórtico 3, Modelo S2 .....                 | 109 |
| Figura N° 75 Acero de Refuerzo Pórtico 4, Modelo S2 .....                 | 109 |
| Figura N° 76 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico A, Modelo S2.....        | 110 |
| Figura N° 77 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico B, Modelo S2 .....       | 110 |
| Figura N° 78 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico C, Modelo S2 .....       | 111 |
| Figura N° 79 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico D, Modelo S2.....        | 111 |
| Figura N° 80 Diseño de Nodos Pórtico A, Modelo S2.....                    | 112 |
| Figura N° 81 Diseño de Nodos Pórtico B, Modelo S2 .....                   | 112 |
| Figura N° 82 Diseño de Nodos Pórtico C, Modelo S2 .....                   | 113 |
| Figura N° 83 Diseño de Nodos Pórtico D, Modelo S2.....                    | 113 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura N° 84 Acero de Refuerzo Nivel +4.00, Modelo S3.....           | 114 |
| Figura N° 85 Acero de Refuerzo Nivel +8.00, Modelo S3.....           | 115 |
| Figura N° 86 Acero de Refuerzo Nivel +12.00, Modelo S3.....          | 116 |
| Figura N° 87 Acero de Refuerzo Pórtico A, Modelo S3 .....            | 117 |
| Figura N° 88 Acero de Refuerzo Pórtico B, Modelo S3 .....            | 117 |
| Figura N° 89 Acero de Refuerzo Pórtico C, Modelo S3 .....            | 118 |
| Figura N° 90 Acero de Refuerzo Pórtico D, Modulo S3.....             | 118 |
| Figura N° 91 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico A, Modelo S3.....   | 119 |
| Figura N° 92 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico B , Modelo S3 ..... | 119 |
| Figura N° 93 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico C, Modelo S3 .....  | 120 |
| Figura N° 94 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico D, Modelo S3.....   | 120 |
| Figura N° 95 Diseño de Nodos Pórtico A, Modelo S3.....               | 121 |
| Figura N° 96 Diseño de Nodos Pórtico B, Modelo S3 .....              | 121 |
| Figura N° 97 Diseño de Nodos Pórtico C, Modulo S3.....               | 122 |
| Figura N° 98 Diseño de Nodos Pórtico D, Modulo S3.....               | 122 |

## INTRODUCCIÓN

En Venezuela, así como en otras partes del mundo, el riesgo sísmico representa una consideración importante en el diseño de edificaciones, el mismo es función de la vulnerabilidad de los elementos expuestos y de la amenaza sísmica, la cual es una condición natural asociada al fenómeno sísmico y está determinada por la ubicación de la estructura, por cuanto no puede ser modificada. En el caso de Venezuela, en la norma COVENIN - MINDUR 1756:01, dentro del capítulo 4 se encuentran los mapas de zonificación sísmica, asignando una aceleración de diseño para cada región.

En respuesta a la necesidad de disminuir la vulnerabilidad sísmica surge el concepto del control de respuesta sísmica estructural, el cual fue desarrollado en la década de los años 50 por los investigadores japoneses Kobori y Minai (1960), ellos concluyeron que hasta cuanto las características precisas del movimiento del terreno causado por un sismo a un edificio no se puedan predecir, la respuesta sísmica debe ser controlada en el extremo receptor, es decir, la estructura del edificio. Por tanto, el Aislamiento Sísmico, definido como Sistema de Control de Vibraciones, se ha concebido para tratar de controlar las respuestas de desplazamientos y aceleraciones de las estructuras causadas por la excitación sísmica.

En la presente investigación se busca promover el uso de un indicador económico en función a las formas espectrales dadas por los estudios geotécnicos de las zonas de estudio. Se estudiará una edificación de Concreto Armado, de sistema estructural aporticado, grupo B2, ubicado en Valencia Edo. Carabobo. El anteproyecto de esta investigación, se divide en tres Capítulos, distribuidos de la siguiente forma:

En el Capítulo I, se desarrolla el planteamiento, los objetivos y la justificación de la investigación, delimitándola como una comparación entre una edificación de tipo I,

sometida a espectros teniendo como única variable el parámetro de formas espectrales asociadas al tipo de suelo implantado.

En el Capítulo II, se introducen los antecedentes de la investigación y las bases legales en las cuales se fundamenta la misma. En el basamento teórico se describen los distintos Espectros y el Modelo de Calculo único. Se presenta un resumen sobre el comportamiento de edificaciones.

En el Capítulo II, se describe de igual forma la situación normativa actual en Venezuela respecto al diseño de edificios en el país. Se detalla de forma exhaustiva cada uno de los criterios que deben ser aplicados para el diseño, basados en la norma sismo resistente venezolana.

Finalmente, en el Capítulo III, se establece el marco metodológico de la investigación definiéndola del tipo evaluativo y descriptivo. Se establece el diseño de la investigación como documental y se describen las 3 fases en las cuales estará dividida la misma. Se define la observación, el análisis documental y de contenido como técnicas principales de análisis de la información. Los datos recolectados provienen en su mayoría de fuentes bibliográficas, tales como: libros, guías de diseño, la normativa vigente nacional e internacional y fuentes electrónicas. Por su parte, el análisis de los datos recolectados será de forma cualitativa, los datos recaudados se expresarán de manera numérica, generando una base de datos para su posterior análisis e interpretación.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **Planteamiento del Problema**

El procedimiento actual para construir la forma espectral de diseño contenido en ambas normas fue preparado utilizando tanto la aceleración máxima del terreno proveniente de la amenaza sísmica, como las propiedades sismo elásticas del perfil geotécnico. La consideración de las propiedades sismo elásticas del sitio ha sido un factor determinante para mejorar los espectros de diseño elásticos y muchos países han incluido en sus normas el uso de dichas propiedades para preparar los espectros de diseño, solo que con ligeras variaciones en su aplicación de un país a otro.

Las propiedades sismo elásticas influyen de manera muy importante en la forma del espectro elástico y lo ideal sería contar con buenos registros en cada uno de dichos perfiles a fin de preparar los espectros de diseño. Sin embargo, es necesario destacar que existen muchas condiciones geotécnicas particulares para las cuales no es posible obtener registros debido a que, por una parte, provienen de procesos geológicos distintos y, por otra parte, existen limitaciones económicas para colocar instrumentos de medición en todos los sitios con cambios en las condiciones geotécnicas.

En consecuencia, en las últimas décadas, ha aumentado el uso de modelos matemáticos capaces de predecir la respuesta dinámica de perfiles geotécnicos dada la buena comparación de dichas predicciones con los registros reales obtenidos para algunos casos particulares. En los últimos años también ha aumentado la cantidad de registros acelerográficos obtenidos en sitios con afloramientos rocosos, los cuales resultan de fundamental importancia para la formulación de la metodología propuesta en este artículo, tal como veremos más adelante. La combinación de modelos matemáticos

predictivos con un mayor número de registros en afloramientos rocosos ha permitido estudiar las respuestas de los distintos perfiles geotécnicos y anticipar adecuadamente los espectros de diseño elásticos para cualesquiera condiciones geotécnicas particulares que pudiese haber en una zona sísmica. Esto ha ampliado la posibilidad de realizar estudios de microzonificación sísmica y permitir la incorporación de aspectos de microzonificación en la norma sismorresistente.

En este enfoque, la norma venezolana COVENIN 1756-2001 establece los criterios de análisis y diseño para edificaciones situadas en zonas donde pueden ocurrir movimientos sísmicos. Los espectros de diseño van asociados en función a parámetros establecidos en dicha norma, entre los cuales están el factor de importancia, zonas sísmicas, forma espectral y factor de reducción de respuestas, teniendo como único fin la simulación sísmica al modelo matemático para así dar una mayor confiabilidad en el diseño.

Se deduce que manteniendo los mismos parámetros y modificando solo el parámetro de formas espectrales ( $S_1, S_2, S_3$ ) habrá una variación en el espectro de diseño, lo que conlleva a que habrá respuestas diferentes en cada modelo en función al espectro por el cual será sometido.

Con la finalidad de comprender la incidencia entre las variaciones de los espectro de diseño en función a los cambios de las formas espectrales en el punto de vista económico, se considera necesario realizar estudios fijando un modelo único de edificio, en una misma zona sísmica, sometiénolo a los espectros de diseño generados por los cambios de las formas espectrales, para posteriormente desarrollar todo el diseño de la estructura y poder computar volumen de concreto y aceros de refuerzos, con el propósito de comparar y sacar un indicador de los resultados.

## **Objetivos del Proyecto**

### **Objetivo General**

Evaluar la incidencia de las formas espectrales en el diseño de edificaciones aporticados de concreto armado según las normas COVENIN.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el comportamiento de la estructura aporticada en zona sísmica 5 según las formas espectrales recomendadas por la norma COVENIN 1756-2001.
- Determinar las demandas de acero y concreto de los elementos estructurales según los resultados obtenidos en los modelos evaluados.
- Analizar la incidencia en el diseño de elementos estructurales en edificación en zona sísmica 5 según las formas espectrales recomendadas por la norma COVENIN 1756-2001.
- Evaluar y comparar los resultados obtenidos.

### **Justificación del Proyecto**

La finalidad de la investigación es determinar la incidencia de las formas espectrales en el diseño de edificaciones aporticados de concreto armado. Dicho esto, el trabajo de grado se enfoca en analizar un edificio de 4 pisos, teniendo en cuenta que el uso de las áreas, factor de importancia y zonas sísmicas serán iguales para todos los terrenos a estudiar y teniendo como única variable el tipo de suelo y forma espectral. Se analizará el edificio y se diseñará en base a las normas Sismorresistentes venezolanas con las 4 formas espectrales que recomienda la Norma COVENIN 1756-2001, con el fin

de evaluar las cantidades de concreto y acero de refuerzo y poder generar un indicador económico en función a las formas espectrales.

De constatar dicho valor, se podrá intuir el porcentaje de incremento en costos en función al estudio de suelo de la ubicación del proyecto.

A su vez, podrá ser utilizado como un indicador económico más de un conjunto de indicadores que representan a una corrida de rentabilidad de análisis de terrenos, para posteriormente la toma de decisión del lugar en el cual se desarrollará el proyecto.

Ésta investigación también brindará un modelo físico que podrá ser adaptado y utilizado como aporte académico y metodológico para el desarrollo de futuros trabajos similares de edificaciones en concreto armado en Valencia, Estado Carabobo.

### **Limitaciones y Alcances**

La presente investigación se limita a la obtención del indicador económico en función a la incidencia en los cambios por las formas espectrales en el espectro de diseño, mediante el análisis de los modelos matemáticos, incluyendo el diseño detallado de los elementos estructurales de la superestructura para todos los modelos.

La investigación se limitará al estudio de modelos definidos por una edificación de concreto armado, de sistema aporticado, en zona sísmica 5, de clasificación de uso B2 y factor de importancia 1.00. La estructura será de 3 niveles de 4 metros por nivel y de altura máxima en su totalidad no mayor a 12 metros. Se utilizará el método de Análisis Dinámico Espectral para el estudio de la edificación. Teniendo en cuenta que para el análisis a desarrollar una edificación más alta de altura total arrojaría resultados más significativos, se tomó esta edificación debido a la solicitud de la empresa Promotora

Tántalo, además de, crear un precedente para futuras investigaciones sobre la diferencia de las cantidades de la demanda de acero, ya no por los cambios de formas espectrales si no por incremento de las alturas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### Antecedentes

En mayo del 2011, el profesor Heriberto Echezuría, presento un trabajo llamado *Comparación de las Formas Espectrales Elásticas obtenidos con las Normas COVENIN Sismorresistentes y otros estudios*, en el cual detalla las diferencias de los espectros de respuesta elástica para diferentes periodos de retorno y diferentes formas espectrales. El trabajo evidencia en gráficas los cambios de los espectros fijando como sitio de estudio Cariaco.

#### Bases Legales

La normativa vigente en Venezuela define los aspectos necesarios para el diseño de estructuras sismorresistentes, por lo cual no será necesaria la utilización de otras normativas internacionales con la finalidad de obtener los criterios básicos para la implementación de este sistema.

#### Normativa Nacional

1. COVENIN-MINDUR 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes. Articulado”, la cual será referida como 1756:01 para los fines de esta investigación.
2. COVENIN-MINDUR 1756:2001-2 “Edificaciones Sismorresistentes. Comentarios”.
3. COVENIN 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”.

4. COVENIN-MINDUR (PROVISIONAL) 2002 – 88 “Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones”.

### **Bases Teóricas**

El movimiento sísmico se transmite a las edificaciones desde su base, la cual tiende a seguir el movimiento del suelo, mientras por inercia, la masa del edificio se opone a ser desplazada dinámicamente. Las fuerzas que se inducen son función de la intensidad del movimiento del suelo y de las propiedades de la estructura en sí.

Las aceleraciones que se presentan en la estructura son varias veces superiores a las del terreno, pudiendo en algunos casos exceder de una a dos veces el valor de la gravedad, debido a que los movimientos del suelo son amplificados de forma importante por la vibración de la estructura. El grado de amplificación depende del amortiguamiento propio de la edificación y de la relación entre el período de la estructura y el período fundamental del suelo.

De esta manera cuando los movimientos del suelo son bruscos con ondas de períodos cortos, resultan más afectadas las construcciones rígidas y pesadas. Cuando el movimiento del terreno es lento, con períodos largos, es en las estructuras altas y flexibles donde se amplifican las vibraciones y se generan aceleraciones más elevadas y fuerzas de inercia mayores (Basan y Meli, 2009).

El diseño de estructuras sismorresistentes radica en la complejidad de la respuesta estructural a los efectos dinámicos de los sismos además de lo impredecible que resulta el fenómeno y las intensidades que pueden alcanzar sus efectos. La filosofía de diseño comúnmente usada es que la capacidad de la estructura sea mayor que la demanda sísmica, siendo esta directamente proporcional al peso de la estructura y por ende a su resistencia.

Al aumentar las aceleraciones por piso se debe aumentar la resistencia para evitar el daño estructural, sin embargo, aumentar la resistencia elástica de manera indefinida no se considera práctico y es bastante costoso. Por otro lado, a medida que la intensidad de la excitación aplicada al edificio aumenta, se generan cambios en las propiedades dinámicas del mismo, las cuales alteran su respuesta, el comportamiento deja de ser lineal, la rigidez tiende a bajar y el amortiguamiento tiende a aumentar.

Cuando la rigidez de la estructura se reduce drásticamente y entran en juego fuentes de amortiguamiento mucho mayores que las que se tienen durante el comportamiento lineal, cobra importancia la modificación de la respuesta que se tiene después de la cedencia. Por tal motivo, en la mayoría de los códigos, se permite utilizar la ductilidad de la estructura (se refiere a la capacidad de mantener su resistencia para deformaciones muy superiores a aquellas para las que se inició la cedencia, pudiendo disipar energía en el rango inelástico), para lograr alcanzar una capacidad mayor a la demanda sísmica.

El diseño por capacidad limita la fuerza elástica de la estructura, detallando las secciones para evitar una falla frágil y proporcionar capacidad de deformación, este enfoque en la mayoría de los casos se traduce en permitir cierto grado de daño a la estructura. Evidencia del comportamiento no lineal, y del daño en estructuras metálicas son los pandeos locales, y deformaciones residuales en las estructuras.

### **Norma venezolana COVENIN-MINDUR 1756:01 “Edificaciones Sismorresistentes”**

**Determinación de la Amenaza Sísmica en Venezuela.** En Venezuela actualmente el diseño sismorresistente se realiza bajo las especificaciones y criterios de análisis de la norma 1756:01 que especifica en sus comentarios:

“La acción sísmica se caracteriza mediante espectros de respuesta que toman en cuenta las formas espectrales tipificadas, la condición de amortiguamiento estructural, y la capacidad de absorción y disipación de energía de la estructura mediante factores de respuesta”

“...La acción sísmica también se puede caracterizar por acelerogramas u otra forma adecuada de representación para cada una de las componentes ortogonales del movimiento, que sea consistente con los espectros de respuesta elásticos indicados.”

“...Se exceptúa el caso en que se utilicen dispositivos de aislamiento sísmico o amortiguadores (Art. 8.7), para los cuales deben establecerse también mayores movimientos sísmicos para ciertas verificaciones...”

Se observa que la norma 1756:01 permite modificar la amenaza sísmica especificada en la misma para el uso de dispositivos de aislamiento, tomando en cuenta el MCE descrito con anterioridad.

**Zonificación Sísmica y Movimientos de Diseño.** La distribución de la amenaza sísmica venezolana se define en 8 zonas, cuya delimitación se ajusta en lo posible a la actual división político-territorial del país. Se basa en curvas de isoaceleración de 50 en 50 gal para períodos de retorno de 475 años. Las 8 zonas sísmicas van desde una Zona 0, donde no se requiere considerar la acción sísmica, hasta una Zona 7 considerada la zona de más alta sismicidad. Los valores de aceleración horizontal del suelo establecidos para cada zona se consideran representativos de una probabilidad de excedencia del 10% para una vida útil de 50 años.

Los valores máximos del coeficiente de aceleración horizontal del suelo ( $A_0$ ) asignados a cada zona se dan en el Cuadro 3. En general se consideran zonas de elevada peligrosidad sísmica aquellas cuya aceleración horizontal del suelo sea mayor o igual a 0.30 g (zonas 5, 6 y 7). Las zonas 3 y 4 con coeficientes de aceleración entre  $0.2 \text{ g} \leq A_0 < 0.30 \text{ g}$  se consideran de peligrosidad sísmica intermedia. Por su parte, las zonas 1 y 2 con movimientos del terreno inferiores a 0.2 g son catalogadas como zonas de baja peligrosidad sísmica.

Tabla N° 1 Valores de Coeficiente de Aceleración Horizontal ( $A_0$ )

| ZONAS SÍSMICAS | $A_0$ | Peligro Sísmico |
|----------------|-------|-----------------|
| 7              | 0,40  | Elevado         |
| 6              | 0,35  |                 |
| 5              | 0,30  |                 |
| 4              | 0,25  | Intermedio      |
| 3              | 0,20  |                 |
| 2              | 0,15  | Bajo            |
| 1              | 0,10  |                 |

Nota: Datos tomados de COVENIN-MINDUR 1756:01, Tabla 4.1

Los valores máximos del coeficiente de aceleración horizontal del suelo ( $A_0$ ) pueden ser aumentados según la importancia de la edificación, para ello la norma 1756:01 define un factor de importancia “ $\alpha$ ” que introduce una menor probabilidad de excedencia del movimiento del terreno para la misma vida útil, lo cual resulta necesario para el diseño de las edificaciones consideradas de mayor importancia, este valor oscila entre 1 y 1,3.

Bonilla y Sánchez (2011), comenta que este factor de importancia pudiese ser utilizado para multiplicar el espectro de la norma venezolana para generar las solicitaciones correspondientes al sismo máximo posible, ya que, en todo caso, la norma venezolana deja abierto el criterio en cuanto a este sismo máximo, pudiendo ser una posibilidad usar el factor 1,3 que corresponde a estructuras esenciales.

**Espectros de Diseño.** En la determinación del espectro de diseño la norma 1756:01 establece una clasificación de la edificación según su uso, nivel de diseño, tipo de sistema resistente al sismo y regularidad estructural.

Se define igualmente el factor de reducción de respuesta, tomando en cuenta la capacidad de absorción y disipación de energía de la estructura, permitiendo incursiones

en el dominio inelástico bajo la acción sísmica. Este factor oscila, para estructuras de acero, entre 1,25 y 6, dependiendo del tipo de sistema resistente al sismo y del nivel de diseño de la misma.

El espectro de diseño considera además de la máxima aceleración esperada del terreno ( $A_0$ ) y las condiciones locales del suelo mediante las formas espectrales tipificadas (S1, S2, S3 y S4). Las formas espectrales tipifican la respuesta dinámica de los perfiles geotécnicos, la cual es controlada por los parámetros del suelo, del depósito y de las fuentes sísmicas. Estas formas espectrales también toman en cuenta la distancia epicentral, las propiedades sismoelásticas locales, el tipo de suelo, la dirección de aproximación de las ondas sísmicas, la profundidad de los depósitos y la estratigrafía, considerando en el análisis sismos provenientes de fuentes lejanas y cercanas, tanto reales como sintéticos (1756:01).

El espectro de respuesta permite describir cuantitativamente la intensidad y el contenido de frecuencias esperado para una determinada localidad, incorporando la actividad de las fuentes sismogénicas y las condiciones locales del subsuelo. El espectro de respuesta definido en la norma 1756:01 describe la máxima respuesta expresada en términos de aceleraciones absolutas para sistemas con un único grado de libertad dinámico y de un porcentaje de amortiguamiento crítico igual a 5%, sometidos a la acción de un movimiento sísmico conocido. Para sistemas de múltiples grados de libertad los espectros de respuesta permiten la aproximación de la máxima respuesta del sistema mediante métodos de combinación modal.

$$\beta(\xi) = \frac{\beta(5\%)}{2.3} (0.0853 - 0.739 \ln \xi) \quad (\text{Ec. 1) Comentario 1756:01}$$

Donde,

$\beta$  = Factor de magnificación promedio definido en la Tabla 7.1 de la Norma 1756:01.

$\xi$  = Porcentaje de amortiguamiento crítico.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

***Acciones Permanentes:*** Representa las cargas gravitatorias debidas al peso de todos los componentes estructurales y no estructurales, tales como muros, pisos, techos, tabiques, equipos de servicios unidos a la estructura y cualquiera otra carga de servicio fija.

***Acción Sísmica:*** Acción accidental debida a la ocurrencia de sismos, la cual incorpora los efectos traslacionales y rotacionales respecto al eje vertical.

***Acciones Variables:*** Carga originada por el uso y ocupación del edificio, excluidas las cargas permanentes, de vientos o sismo.

***Aceleración de Diseño:*** Valor de la aceleración del terreno para el diseño sismorresistente de obras de ingeniería.

***Acelograma:*** Registro de la variación temporal de la aceleración en un sitio dado y en una dirección.

***Análisis dinámico:*** En sistemas elásticos es un análisis de superposición modal para obtener la respuesta estructural a las acciones dinámicas. En sistemas inelásticos es un análisis en el cual se calcula la historia en el tiempo de la respuesta estructural a las acciones dinámicas.

***Amenaza sísmica:*** cuantifica la probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos futuros que pueden afectar en forma adversa la integridad de edificaciones y sus ocupantes.

**Amortiguamiento Crítico:** es el valor límite por encima del cual el movimiento libre de la estructura no es vibratorio.

**Amortiguamiento Efectivo:** valor de la razón de amortiguamiento viscoso equivalente que se obtiene de la energía disipada para la respuesta cíclica del sistema de aislación.

**Cedencia:** condición del sistema resistente a sismos, caracterizada por aumentos considerables de los desplazamientos, para pequeños incrementos del cortante basal.

**Centro de Cortante:** Punto donde actúa la fuerza cortante en un nivel, considerando que las fuerzas horizontales en cada nivel actúan en los centros de masa respectivos.

**Centro de Rigidez de un Nivel:** Punto del nivel donde al aplicar una fuerza cortante horizontal, el nivel se traslada sin rotar respecto al nivel inferior.

**Coefficiente de aceleración horizontal:** cociente de la aceleración horizontal máxima entre la aceleración de la gravedad.

**Coefficiente de amortiguamiento:** mide el amortiguamiento de la estructura como una fracción (generalmente expresada en porcentaje) del amortiguamiento crítico.

**Coefficiente Sísmico:** Cociente entre la fuerza cortante horizontal de diseño que actúa en el nivel base y peso total por encima del mismo.

**Confiabilidad:** Probabilidad de no excedencia de un determinado estado límite.

**Demanda de ductilidad:** Cociente entre el máximo valor del desplazamiento alcanzado por un sistema durante su respuesta sísmica y el desplazamiento cedente.

**Deriva:** Diferencia de los desplazamientos laterales totales entre dos niveles o pisos consecutivos.

**Desplazamiento de diseño:** desplazamiento lateral producido por el sismo de diseño, excluyendo el desplazamiento debido a la torsión natural y accidental, requerido para el diseño del sistema de aislación.

**Desplazamiento máximo:** desplazamiento lateral provocado por el sismo máximo posible, excluyendo el desplazamiento debido a la torsión natural y accidental, requerido para el diseño del sistema de aislación.

**Desplazamiento total de diseño:** desplazamiento lateral producido por el sismo de diseño, incluyendo desplazamientos adicionales debido a la torsión natural y accidental, requerido para el diseño del sistema de aislación o de algún elemento del mismo.

**Desplazamiento total máximo:** desplazamiento lateral producido por el sismo máximo posible, incluyendo desplazamientos adicionales debido a la torsión natural y accidental, requerido para la verificación de la estabilidad del sistema de aislamiento, o de elementos del mismo, para el diseño de las separaciones entre edificios aislados, y para los ensayos bajo carga vertical de los prototipos de los aisladores.

**Diafragma:** Parte de la estructura, generalmente horizontal, con suficiente rigidez en su plano, diseñada para transmitir las fuerzas a los elementos verticales del sistema resistente a sismos.

***Ductilidad:*** capacidad que poseen los componentes de un sistema estructural de hacer incursiones alternantes en el dominio inelástico, sin pérdida apreciable en su capacidad resistente.

***Edificación:*** Es una estructura que posee diafragmas, que compatibilizan los desplazamientos horizontales de los miembros que llegan a ese nivel.

***Efecto de Columna Corta:*** Marcada reducción de la longitud libre de columnas por defecto de restricciones laterales.

***Entrepiso:*** Espacio entre dos pisos consecutivos.

***Entrepiso Blando:*** Configuración caracterizada por una marcada diferencia de rigideces entre niveles adyacentes.

***Entrepiso Débil:*** Configuración caracterizada por una marcada diferencia de resistencias entre niveles adyacentes.

***Espectro de diseño:*** espectro asociado a sismos de diseño, en el cual se incorpora el factor de reducción de respuesta correspondiente al sistema resistente a sismos adoptado.

***Espectro de respuesta:*** representa la respuesta máxima de osciladores de un grado de libertad y de un mismo coeficiente de amortiguamiento, sometidos a una historia de aceleraciones dada, expresada en función del período.

***Estudios de sitio:*** evaluación del peligro sísmico tomando en consideración las condiciones locales del sitio.

**Factor de reducción de respuesta:** factor que divide las ordenadas del espectro de respuesta elástica para obtener el espectro de diseño.

**Fuerza de diseño:** fuerzas que representan la acción sísmica sobre la edificación o sus componentes; están especificadas a nivel de cedencia.

**Fuerza Sísmica:** fuerzas externas capaces de reproducir los valores extremos de los desplazamientos y sollicitaciones internas causadas por la excitación sísmica actuando en el nivel base.

**Movimientos de diseño:** movimientos del terreno seleccionados en forma tal que su probabilidad de excedencia sea suficientemente pequeña durante la vida útil de la edificación; están caracterizados por sus espectros de respuesta.

**Nivel de diseño:** Conjunto de requisitos normativos asociadas a un determinado factor de reducción de respuesta, que se aplica en el diseño de miembros del sistema resistente a sismos, tipificados en esta Norma.

**Perfil geotécnico:** es la representación bidimensional de las condiciones geotécnicas de un lugar que incluye la estratigrafía y la geometría de los depósitos de suelos, además de los parámetros mínimos necesarios para su caracterización.

**Probabilidad de excedencia:** probabilidad de que un nivel específico del movimiento del terreno, o un nivel de efectos económicos o sociales causados por el sismo, sea excedido en un lugar o una región durante un lapso de tiempo determinado.

**Reforzamiento:** acciones constructivas para mejorar la capacidad sismorresistente de la edificación mediante la modificación de su resistencia y rigidez.

**Resistencia lateral de un entrepiso:** resultado de dividir la fuerza cortante y la diferencia de desplazamientos laterales elásticos entre los dos pisos del entrepiso en consideración.

**Riesgo sísmico:** constituye la consideración conjunta de la amenaza sísmica y la vulnerabilidad de las edificaciones y el valor económico.  $\text{Riesgo sísmico} = \text{Amenaza Sísmica} \times \text{Vulnerabilidad}$

**Rigidez efectiva:** valor de la fuerza lateral que se genera en el sistema de aislamiento, o en un elemento del mismo, dividido por el desplazamiento lateral correspondiente.

**Sismo de diseño:** nivel del movimiento sísmico del suelo que tiene como mínimo el 10% de probabilidad de excedencia para una vida útil de 50 años.

**Sistema resistente a sismos:** parte del sistema estructural que se considera suministra a la edificación la resistencia, rigidez y ductilidad necesarias para soportar las acciones sísmicas.

**Vida útil:** número de años representativos del tiempo de servicio probable de una instalación.

**Vulnerabilidad sísmica:** se define como la respuesta de una estructura determinada ante una carga sísmica.

**Zona sísmica:** zona geográfica en la cual se admite que la máxima intensidad esperada de las acciones sísmicas, en un período de tiempo prefijado, es similar en todos sus puntos.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **Consideraciones Generales**

El marco metodológico de la presente investigación, pretende desarrollar cada uno de los aspectos relacionados con el procedimiento a seguir y las técnicas e instrumentos necesarios para elaborar la investigación en base a los objetivos planteados.

La investigación se encuentra orientada a desarrollar un indicador económico que nos permita medir la incidencia en los elementos estructurales ocasionados por los parámetros de formas espectrales en el espectro de diseño, en una edificación de concreto armado con sistemas estructural aporticado para una zona sísmica 5, evidenciando todos los chequeos sismorresistentes de la norma vigente venezolanas

#### **Tipo de la Investigación**

Según Valarino, Yaber y Cemborain (2010) la investigación es de tipo evaluativa, ya que tiene como propósito determinar sistemáticamente el valor de un proyecto. “Es uno de los tipos de investigación que más apropiadamente corresponden a los proyectos de aplicación en los programas de especialización” (p 70).

#### **Diseño de la Investigación**

En lo que respecta al diseño de la investigación, Arias (2006), señala que “El diseño es la estrategia adoptada por el investigador para responder al problema planteado” (p.26). En este sentido, el presente estudio se apoya, en primer lugar, en una investigación experimental, la cual según los autores Santa Paella y Feliberto Martins (2010) definen que:

El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa. (pag.86)

Es decir, que la variable experimental será obtenida a través de la realización de ensayos. En segundo lugar, se indica el carácter experimental de la misma, puesto que se manipulan o controlan una serie de variables; es decir el investigador cuenta con parámetros fijos y en su desarrollo juega con condiciones para establecer la variable experimental. En todo caso, se observan los resultados obtenidos en los ensayos, para luego analizarlos.

### **Diseño de las Fases Metodológicas**

Para cumplir con los objetivos de la presente investigación, se debe utilizar una metodología que permita entregar en forma clara los fundamentos que sustentaran las conclusiones, por lo cual el presente trabajo se enfoca en cinco importantes fases.

Primera Fase: Consiste en establecer los parámetros necesarios para crear los espectros de diseño de la estructura, contenidos en la Norma Venezolana COVENIN 1756-2001 “Edificaciones Sismorresistentes”. Adicionalmente se establece las cargas Gravitacionales, Cargas Vivas y participación de la masa de los mismos contenidos en la Norma Venezolana 2002-88 “Criterios de acciones mínimas para el proyecto de edificaciones”

Segunda Fase: Esta fase comprende el análisis de las estructuras con los espectros de diseño cargados y todos los casos de cargas, utilizando la norma venezolana 1756:01

“Edificaciones Sismorresistentes”, apoyado por el programa computacional ETABS, de esta manera se obtiene el comportamiento estructural de la edificación.

*Tercera Fase:* En esta fase se diseña todos los modelos estructurales en función a los requisitos de diseño sismorresistentes dados por la Norma Venezolana 1756:01 “Edificaciones Sismorresistentes” y la Norma Americana la ACI 318-14 “Building Code Requirements for Structural Concrete”.

*Cuarta Fase:* Se establece un indicador o porcentaje de diferencias en función a las formas espectrales y se establece una conclusión.

### **Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información**

La técnica a emplear se puede decir que es estructurada ya que el problema se ha definido claramente y permite un estudio preciso de los patrones de comportamiento que se quieren observar y medir. Impone limitantes con el fin de aumentar su precisión y objetividad, y así obtener información adecuada del fenómeno de interés.

Otras técnicas de análisis fueron el análisis documental y el análisis de contenido, ya que los mismos son útiles especialmente para establecer comparaciones y estudiar en profundidad diversos materiales, ya que gracias a la aplicación de estas técnicas se pueden hacer apreciaciones sistemáticas, encontrar coincidencias y discrepancias y en general obtener un tipo de información bastante profunda en el tema.

Los datos recolectados son en su mayoría provenientes de la información en fuentes bibliográficas, para obtener dicha información fueron necesarios libros, guías de diseño, la normativa vigente nacional e internacional; además de una serie de investigaciones, informes, reportes, entre otros, localizados mediante fuentes electrónicas.

### **Técnicas de Análisis e Interpretación de los Datos**

Una vez recaudados los datos se debe procesar la información obtenida en el estudio, este análisis puede ser cualitativo o cuantitativo. Para el caso de la presente investigación el análisis realizado es del tipo cuantitativo.

Los datos recaudados se expresarán de manera numérica, generando una base de datos para su posterior análisis e interpretación. Los resultados del programa de cálculo empleado serán clasificados, tabulados y graficados.

Para los resultados obtenidos se empleará un análisis descriptivo de las tablas y gráficos elaborados.

Tabla N° 2 Cronograma de Actividades

| PLANIFICACIÓN   | Feb-18 | Mar-18 | Abr-18 | May-18 | Jun-18 | Jul-18 | Ago-18 | Sept-18 | Oct-18 | Nov-18 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| <b>ASIGNACIÓN</b>   |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| <b>Fase I</b>   |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| Establecer los parámetros necesarios para crear los espectros de diseño de la estructura, contenidos en la Norma Venezolana Covenin 1756-2001 “Edificaciones Sismorresistentes  |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| Establecer las cargas Gravitacionales, Cargas Vivas y participación de la masa de los mismos contenidos en la Norma Venezolana 2002-88 “Criterios de acciones mínimas para el proyecto de edificaciones”  |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| Revisión con tutor  |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| <b>Fase II</b>  |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| Análisis de las estructuras con los espectros de diseño cargados y todos los casos de cargas, utilizando la normas venezolanas 1756:01 “Edificaciones Sismorresistentes”, apoyado por el programa computacional ETABS, de esta manera se obtiene el comportamiento estructural de la edificación. |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| Revisión con tutor  |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| <b>Fase III</b>   |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| Diseñar todos los modelos estructurales en función a los requisitos de diseño sismorresistentes dados por la Norma Venezolana 1756:01 “Edificaciones Sismorresistentes” y la Norma Americana la ACI 318-14 “Building Code Requeriments for Structural Concrete”.                                  |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| Revisión con tutor  |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| <b>Fase IV</b>  |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| Establece un indicador o porcentaje de diferencias en función a las formas espectrales y se establece una conclusión.   |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |
| Revisión con tutor  |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |

## **CAPITULO IV**

### **FASE I**

La estructura planteada se puede considerar de tipo pesada; esta condición induce a predecir que las solicitaciones por consideraciones sísmicas serán significativas, ya que el cortante es consecuencia directa de su masa, por lo tanto, se tomará en cuenta las consideraciones y parámetros sísmicos para efectuar un análisis por el método dinámico espacial de tres grados de libertad por nivel. Para este análisis sísmico se calculará un espectro de diseño en base a los siguientes parámetros:

### Forma espectral S1

- Zona sísmica: Estado Carabobo – Zona 5
- Coeficiente de la aceleración horizontal  $A_0 = 0.30$
- Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal:  $\varphi = 1.00$
- Grupo B2
- Factor de importancia  $\alpha = 1.00$
- Niveles de Diseño: ND3
- Factores de Reducción:  $R = 6.00$

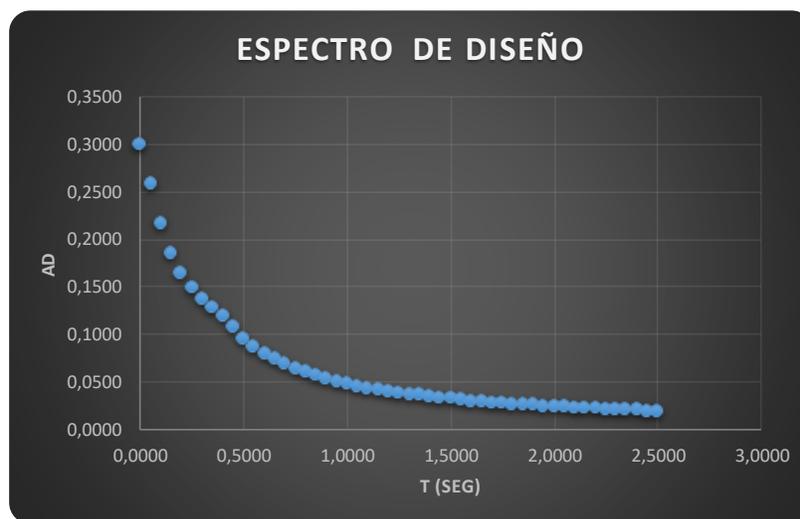


Figura N° 1 Espectro de Diseño S1

## Forma espectral S2

- Zona sísmica: Estado Carabobo – Zona 5
- Coeficiente de la aceleración horizontal  $A_0 = 0.30$
- Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal:  $\varphi = 0.90$
- Grupo B2
- Factor de importancia  $\alpha = 1.00$
- Niveles de Diseño: ND3
- Factores de Reducción:  $R = 6.00$

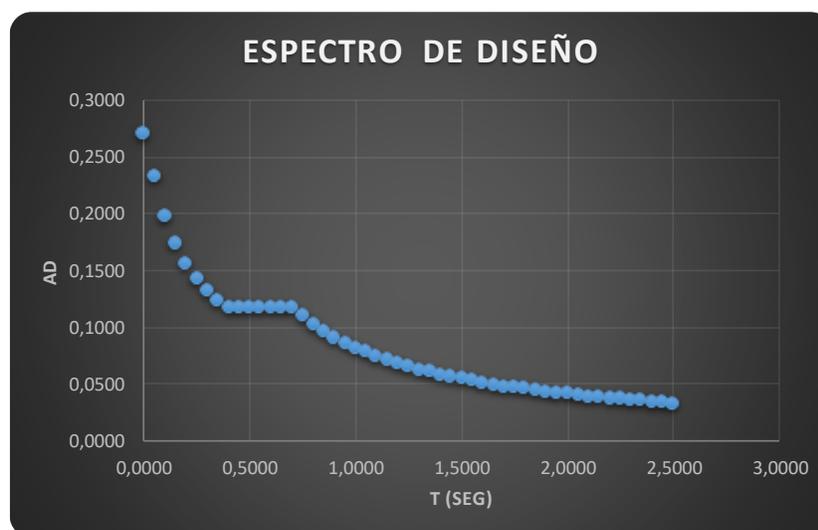


Figura N° 2 Espectro de Diseño S2

**Forma espectral S2(0.70)**

- Zona sísmica: Estado Carabobo – Zona 5
- Coeficiente de la aceleración horizontal  $A_0 = 0.30$
- Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal:  $\varphi = 0,70$
- Grupo B2
- Factor de importancia  $\alpha = 1.00$
- Niveles de Diseño: ND3
- Factores de Reducción:  $R = 6.00$

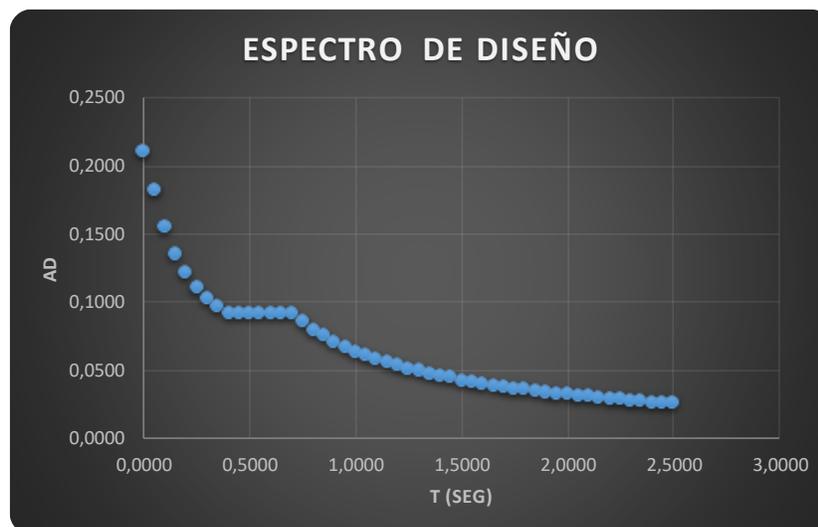


Figura N° 3 Espectro de Diseño S2 0.70

### Forma espectral S3

- Zona sísmica: Estado Carabobo – Zona 5
- Coeficiente de la aceleración horizontal  $A_0 = 0.30$
- Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal:  $\varphi = 0.75$
- Grupo B2
- Factor de importancia  $\alpha = 1.00$
- Niveles de Diseño: ND3
- Factores de Reducción:  $R = 6.00$

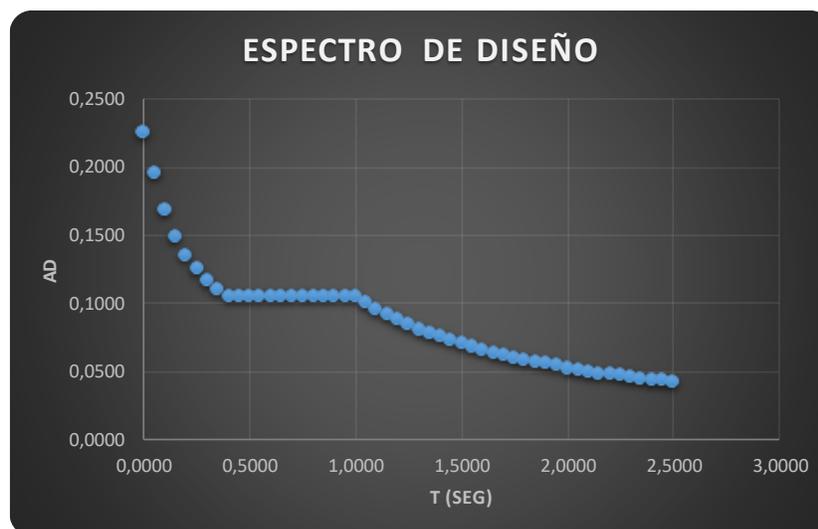


Figura N° 4 Espectro de Diseño S3

Una estructura sismorresistente debe estar en capacidad de absorber y disipar energía bajo acciones alternadas en rango inelástico, sin pérdida apreciable de su resistencia y tener adecuadas y convenientes conexiones entre sus miembros para poder transmitir la totalidad de las sollicitaciones críticas de diseño. El agotamiento resistente no deberá alcanzarse antes de que la totalidad de la estructura sea capaz de desarrollar la demanda de ductilidad prevista, evitando la formación de mecanismos de falla.

Nota: En vista de que la forma espectral S4 se descarta por ser zona sísmica 5 y por ser suelos potencialmente licuables, se incorporó un nuevo análisis S2(0.70) para tener otro modelo de referencia y poder apreciar mayores diferencias entre indicadores.

Para el Cálculo de los Espectro de Diseño ver Anexo 1.

### **Determinación de Acciones y Combinaciones de Cargas**

El proceso preliminar de análisis y diseño se llevó a cabo haciendo uso del Programa ETABS VS 16; y se modeló la estructura tridimensional de un módulo completo; por lo que las cargas gravitacionales adicionales al del peso propio de los elementos estructurales corresponderían al peso muerto de la tabiquería e instalaciones y la carga viva normativa para edificaciones comerciales.

A continuación, se presenta las plantas tipo, dado que en función a ellas se empleará el análisis de las cargas:

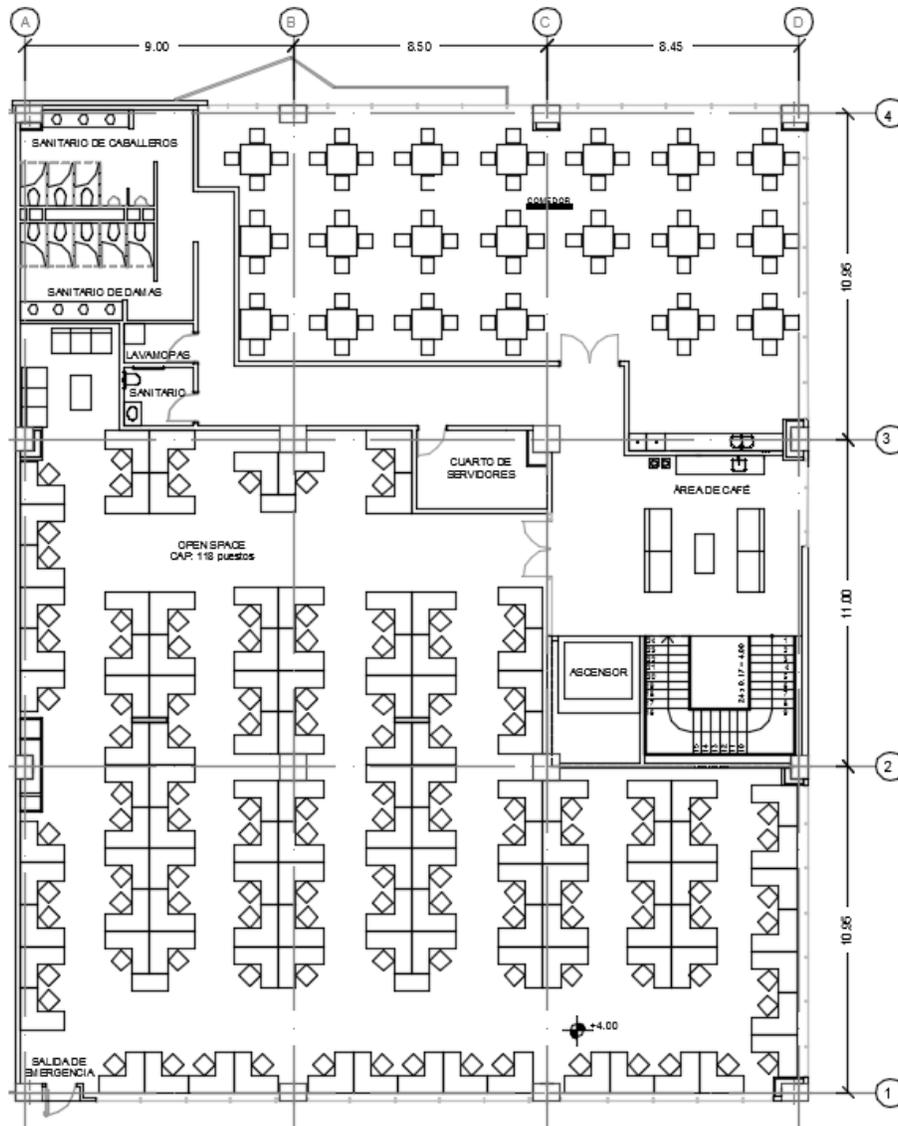


Figura N° 5 Planta Nivel +4.00

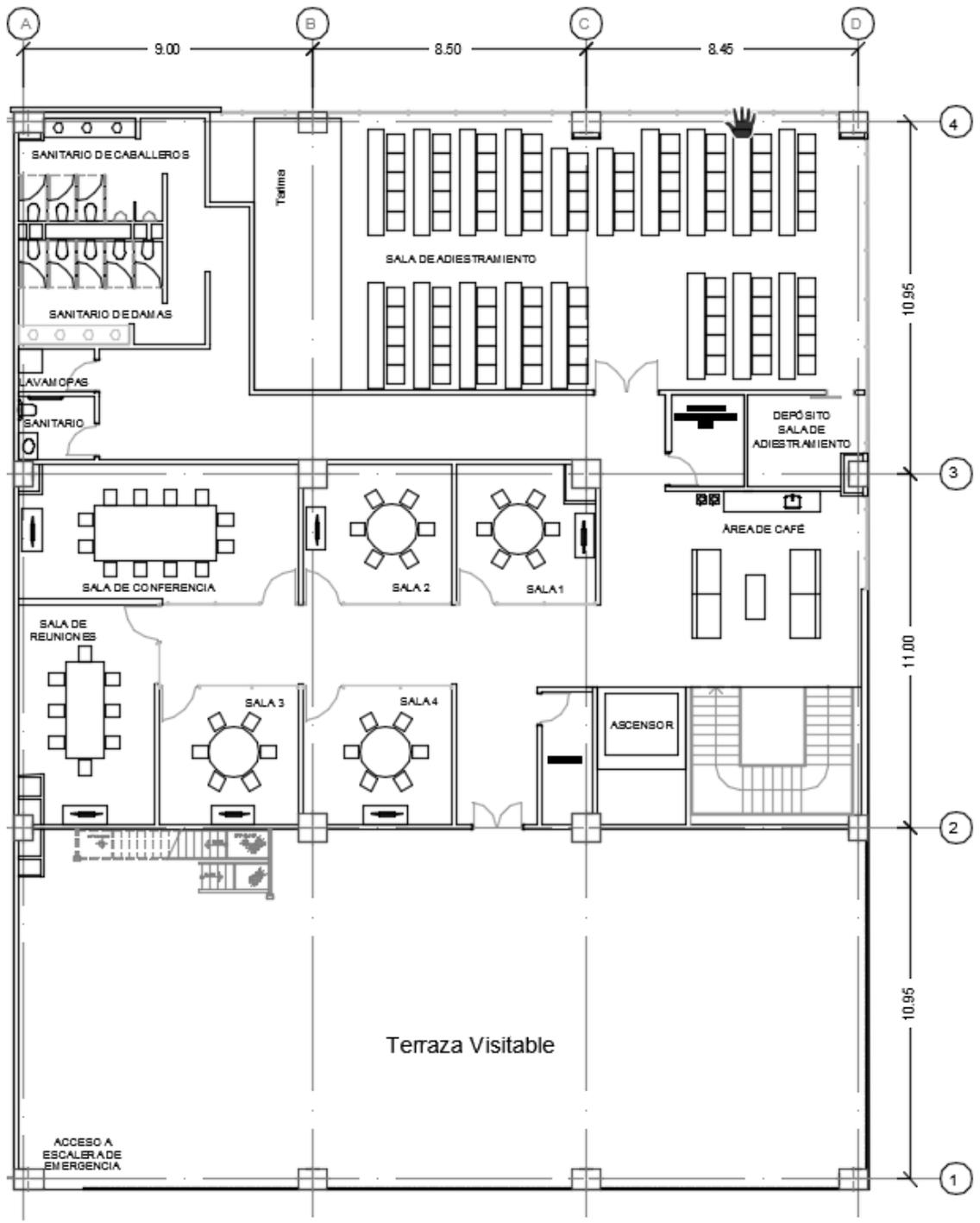


Figura N° 6 Planta Nivel +8.00

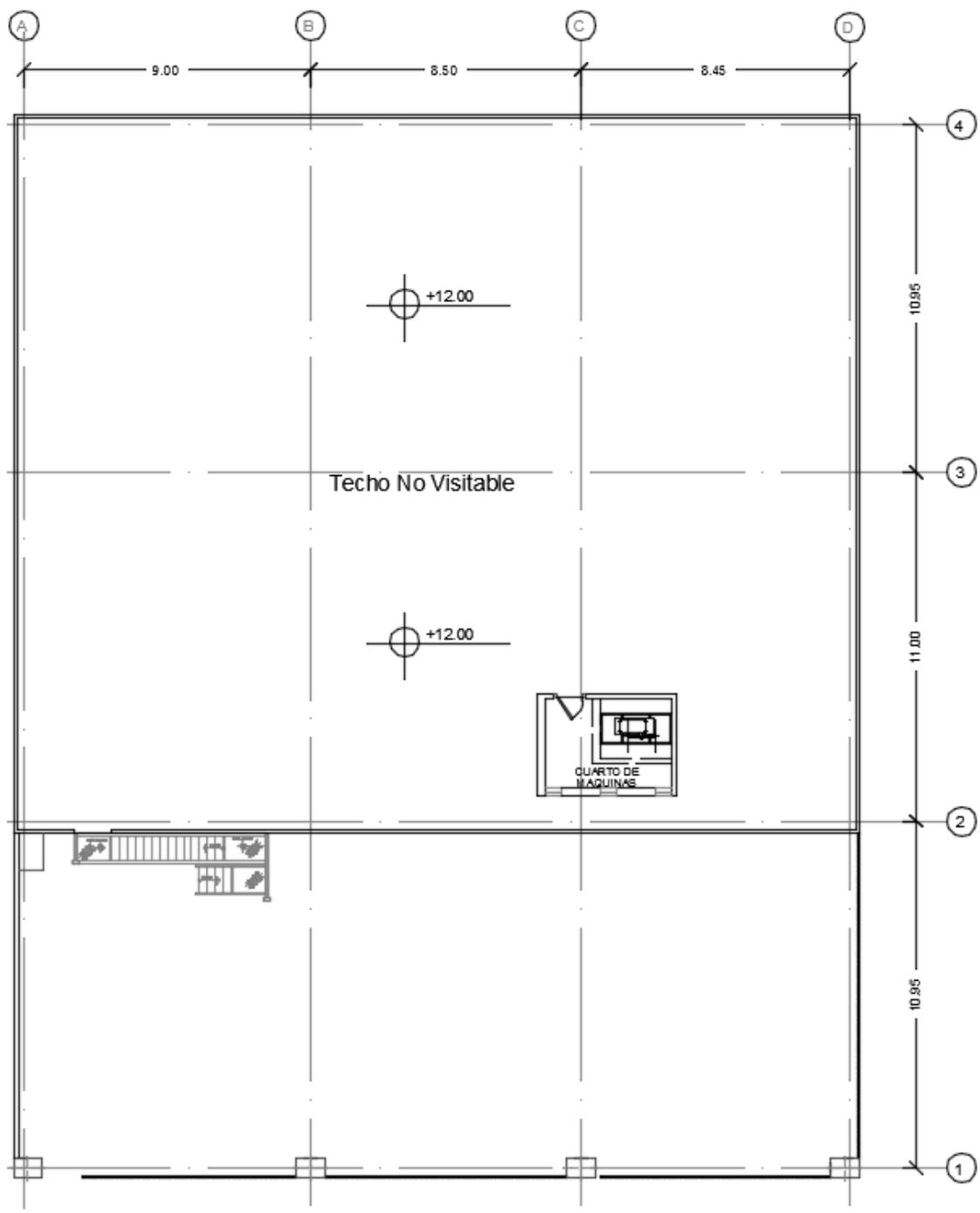


Figura N° 7 Planta Nivel +12.00

## Análisis de Cargas

*Tabla N° 3 Cargas consideradas, COVENIN Mindur (2002-88)*

| Cargas Permanentes          |               |          |
|-----------------------------|---------------|----------|
| Descripcion                 | Cargas(kg/m2) |          |
| Peso de Tabiqueria          | 150           | Art. 4.4 |
| Peso del Acabado            | 40            | Art.7.2  |
| Impermeabilizante del techo | 10            | Art.5    |

| Cargas Variables                                  |               |           |
|---|---------------|-----------|
| Descripcion                                       | Cargas(kg/m2) |           |
| Areas Privadas para uso de administracion Publica | 300           | Tabla 5.1 |
| Techos con pendientes menores al 15%              | 100           |           |

| Masa Participativa      |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| Descripcion de Cargas   | Porcentaje de Participacion (%) |
| Carga Muerta            | 100                             |
| Carga Permanente        | 100                             |
| Carga Variable          | 50                              |
| Carga Variable de Techo | 30                              |

## FASE II

### Análisis y Diseño del Modelo estructural

El modelo se desarrolló espacialmente con idénticas características geométricas y propiedades de las diversas secciones que conforman la estructura del módulo; asignando las propiedades y parámetros de diseño a todos los miembros estructurales. De igual forma, se aplicaron los diversos tipos de carga con las sobrestimaciones mencionadas a fin de cubrir aspectos no previstos de acabados.

Se escogió la norma de diseño AIC 318-05, que prevé el programa Etabs, en correspondencia a la Norma vigente COVENIN 1753-2006, que rige el diseño en Estructuras de Concreto en nuestro país.

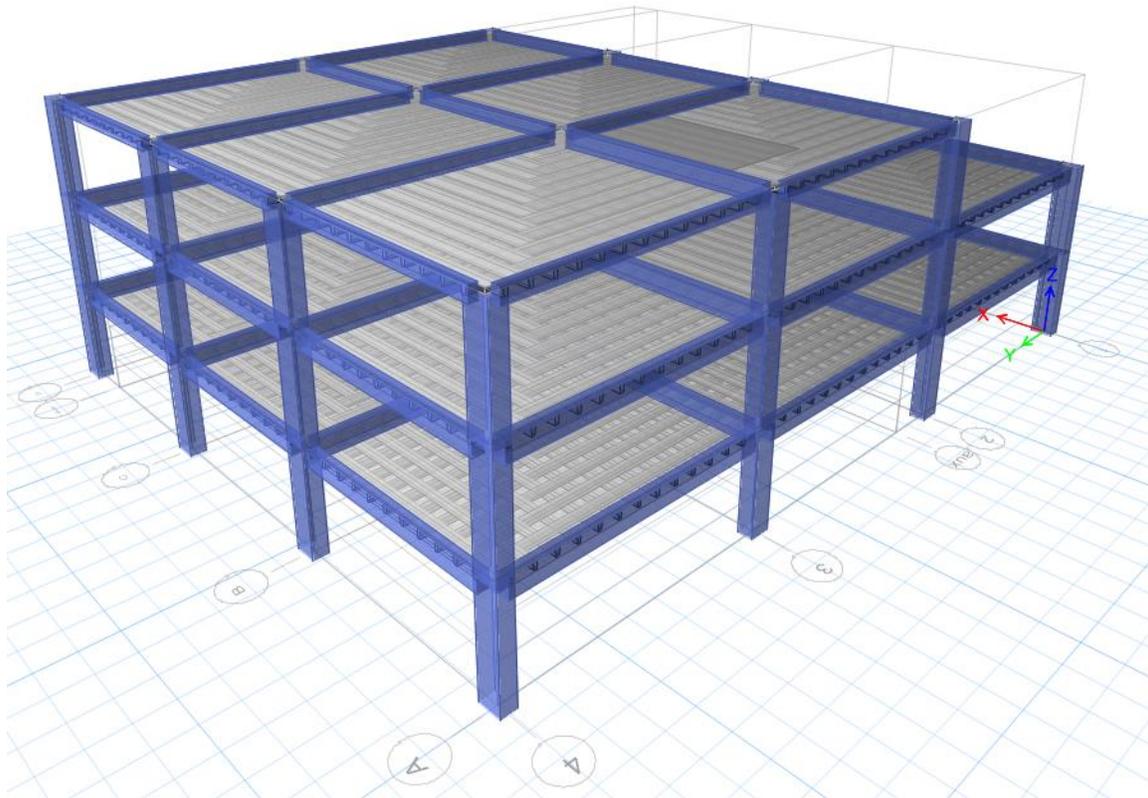


Figura N° 8 Modelo de Análisis

La estructura a proyectar está conformada por 8 pórticos (4 en dirección Y y 4 en dirección X), todas las vigas que conforman la estructura en dirección Y serán de 40x70cm, así como las vigas en dirección X en los ejes centrales, para las vigas en los ejes 1 y 4 serán de 30x50cm. Para el nivel Techo todas las vigas serán de 30x50cm exceptuando la viga de entre los ejes A y B en el eje 3 que será de 40X70cm. Las dimensiones de columnas fueron proyectadas de la siguiente manera:

| DISTRIBUCION DE COLUMNAS |         |         |         |         |     |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|-----|
| EJES                     | 1       | 2       | 3       | 4       | AUX |
| A                        | .60x.90 | .60x.80 | .60x.80 | .60x.90 |     |
| B                        | .60x.90 | .90x.90 | .90x.90 | .60x.90 |     |
| C                        | .60x.90 | .90x.90 | .90x.90 | .60x.90 |     |
| D                        | .60x.90 | .60x.80 | .60x.80 | .60x.90 |     |

*Tabla N° 4 Distribución de Columnas*

El diseño de losas se hizo de tipo reticular armada de dos direcciones con 0.30cm de espesor y para las escaleras se diseñó tipo maciza incluyendo los descansos en cada nivel de 15cm de espesor.

La condición expuesta se aseguraría logrando fiel cumplimiento de la Norma Sismorresistente antes señalada, garantizándose que las edificaciones no sufrirán deformaciones que provoquen daños no estructurales para sismos de intensidad moderada; daños no estructurales o estructurales menores que no afecten su capacidad resistente, para sismos severos; y la posibilidad de daños estructurales severos irreparables para sismos extraordinarios, pero manteniendo la estabilidad general y se evite el colapso

Con la finalidad de cumplir con el objetivo previsto, se estudió la estructura logrando:

**Un adecuado sistema estructural:** La estructura presentada logra la ductilidad necesaria para absorber y disipar energía en caso de alcanzar rangos inelásticos de comportamiento.

**El análisis sísmico:** Es efectuado tridimensionalmente, por método elástico lineal considerando efecto sísmico dinámico espectral de tres grados de libertad por nivel, siguiendo los requerimientos normativos.

**El dimensionamiento de las secciones:** Se escogieron de forma tal que tengan la rigidez necesaria y capacidad resistente conservadora, proporcionando a la estructura que la conforman la resistencia, estabilidad y ductilidad necesaria.

## **MODELO (S1)**

Cortante Basal Dinámico

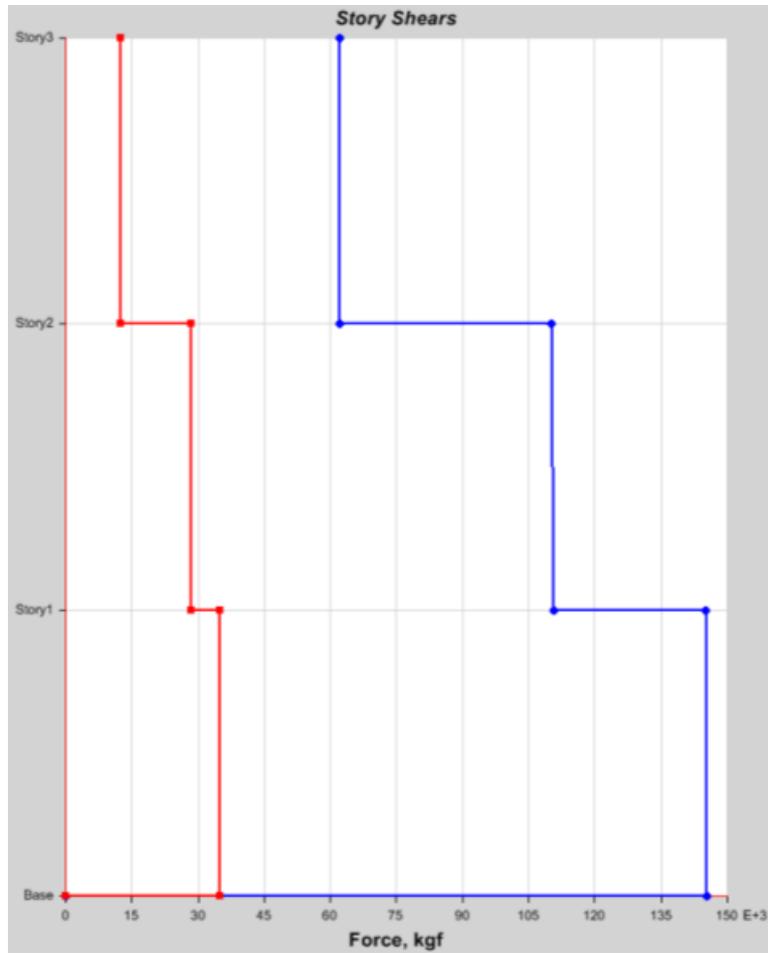


Figura N° 9 Cortante Basal Sismo en X, Modelo S1

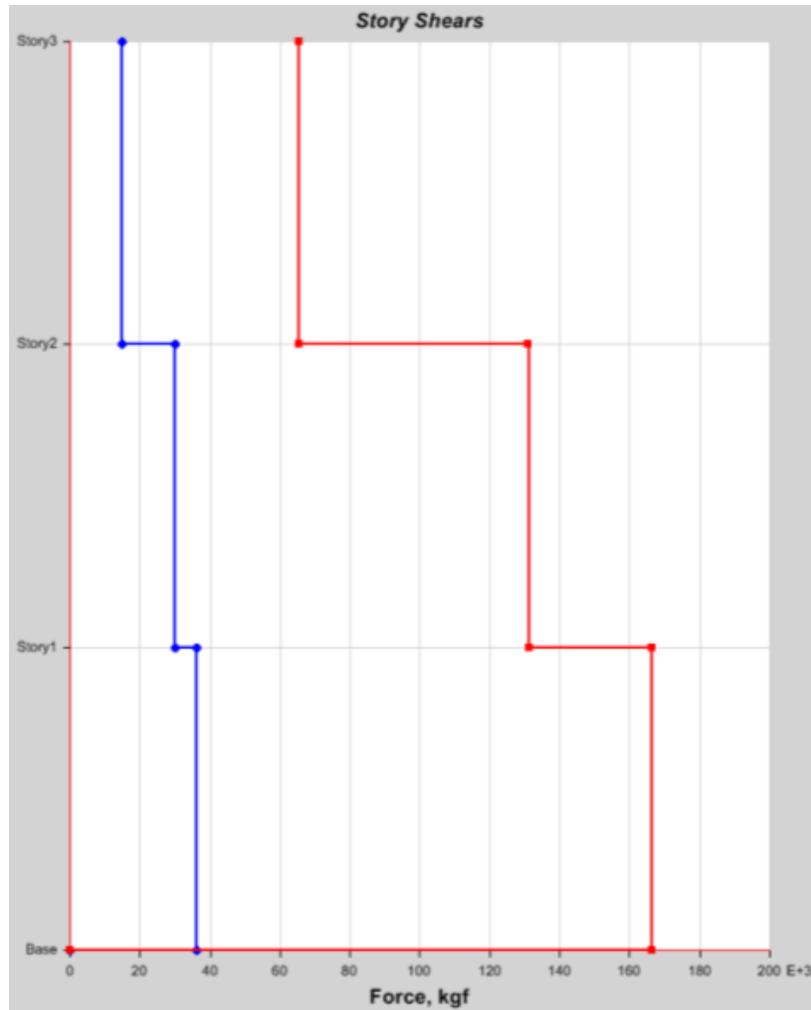


Figura N° 10 Cortante Basal Sismo en Y, Modelo S1

$V_x=145,499$  Ton

$V_y=166,471$  Ton

| Story              | UX                    | UY                    |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|
|                    | kgf-s <sup>2</sup> /m | kgf-s <sup>2</sup> /m |
| Story3             | 38718,07              | 38718,07              |
| Story2             | 82973,57              | 82973,57              |
| Story1             | 83903,62              | 83903,62              |
| Base               | 4940,28               | 4940,28               |
|                    |                       |                       |
| Total de Masa (kg) | 210535,54             | 210535,54             |
| Peso Total (kg)    | 2065353,65            | 2065353,65            |

*Tabla N° 5 Pesos Totales*

| <b>Análisis Estático Equivalente (Art. 9.3/Tabla 9.1)</b>            |            |          |
|--|------------|----------|
| Coefficiente según el material de la edificación "Ct" (Art. 9.3.2.2) | 0,07       | Sin Und. |
| Periodo Fundamental "T" (Art. 9.3.2.2)                               | 0,45131937 | Seg      |
| Periodo Fundamental de Diseño "Td" (Art. 9.4.6)                      | 0,72211099 | Seg      |
| Factor de Modificación de Cortantes "m" (Art. 9.3.1)                 | 0,93333333 | Sin Und. |
| Aceleración Espectral de Diseño "Ad" (Art. 7.2)                      | 0,066      | g        |

*Tabla N° 6 Análisis Estático Equivalente Modelo S1*

|  |         |    |
|--|---------|----|
| <b>Corte Basal Mínimo "Vomin" (Art. 7.1)</b> | 103,268 | Tn |
| <b>Corte Basal "Vo" (Art. 9.3.1)</b>         | 128,131 | Tn |

*Tabla N° 7 Cortante Basal Estático Modelo S1*

Según el artículo 9.4.6 de la Norma Covenin 1756 Edificaciones Sismorresistentes, el cortante basal  $V_o$  deberá compararse con el calculado según la Sección 9.3.1 con un periodo  $T=1.6T_a$ , el cual se denota por  $V_o^*$ , Cuando  $V_o$  sea menor que  $V_o^*$  los valores para el diseño deberán multiplicarse por  $V_o^*/V_o$ .

### **Control de Cortante Basal**

$$V_{ox}^*/V_{ox} = 128,131/145,499 = 0,88$$

$$V_{oy}^*/V_{oy} = 128,131/166,471 = 0,76$$

*Tabla N° 8 Masas Participativas*

| Case  | Mode | Period | UX       | UY       | UZ | Sum UX | Sum UY |
|-------|------|--------|----------|----------|----|--------|--------|
|       |      | sec    |          |          |    |        |        |
| Modal | 1    | 0,506  | 0,0545   | 0,6647   | 0  | 0,0545 | 0,6647 |
| Modal | 2    | 0,474  | 0,4766   | 0,1101   | 0  | 0,5311 | 0,7748 |
| Modal | 3    | 0,36   | 0,2528   | 0,0057   | 0  | 0,7839 | 0,7805 |
| Modal | 4    | 0,166  | 0,0002   | 0,157    | 0  | 0,7841 | 0,9375 |
| Modal | 5    | 0,152  | 0,1401   | 0,0008   | 0  | 0,9242 | 0,9383 |
| Modal | 6    | 0,138  | 0,0089   | 0,0019   | 0  | 0,9331 | 0,9402 |
| Modal | 7    | 0,08   | 0,0004   | 0,0569   | 0  | 0,9335 | 0,9972 |
| Modal | 8    | 0,073  | 0,0582   | 0,0009   | 0  | 0,9917 | 0,998  |
| Modal | 9    | 0,066  | 0,0067   | 0,0006   | 0  | 0,9984 | 0,9986 |
| Modal | 10   | 0,026  | 1,59E-06 | 3,80E-06 | 0  | 0,9984 | 0,9986 |
| Modal | 11   | 0,023  | 0,0002   | 0,0004   | 0  | 0,9986 | 0,999  |
| Modal | 12   | 0,019  | 0,0001   | 0,0006   | 0  | 0,9987 | 0,9995 |

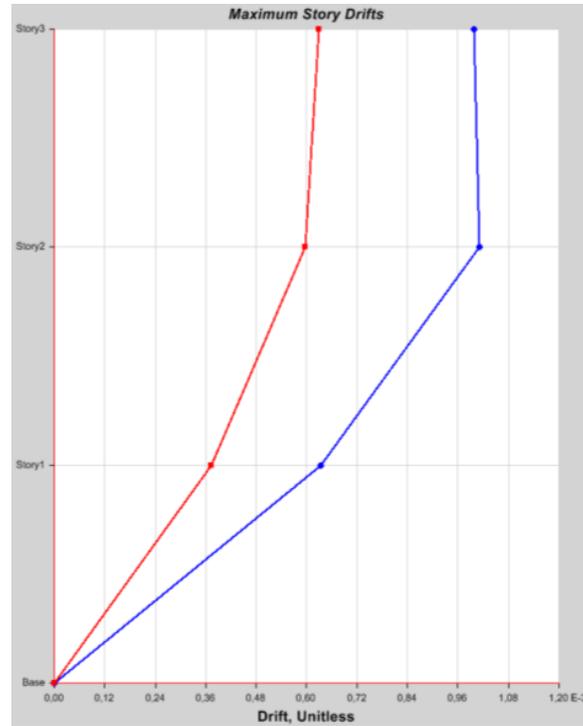
### Chequeo de Derivas

Se chequean las derivas dadas en función del sismo en dirección “x” y “y” contra los mínimos por norma COVENIN 1756-2001:

$$\text{VALORES LÍMITES DE: } \frac{\delta_i}{(h_i - h_{i-1})}$$

| TIPO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS NO                             | EDIFICACIONES |          |          |
|--|---------------|----------|----------|
|  | GRUPO A       | GRUPO B1 | GRUPO B2 |
| ESTRUCTURALES  |               |          |          |
| Susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura    | 0.012         | 0.015    | 0.018    |
| No susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura | 0.016         | 0.020    | 0.024    |

*Tabla N° 9 Derivas Permissible Art.10.1*



*Figura N° 11 Derivas en Sismo X, Modelo S1*

La deriva más alta en dado por el sismo en dirección x está en el piso 2 y es de 0.0010

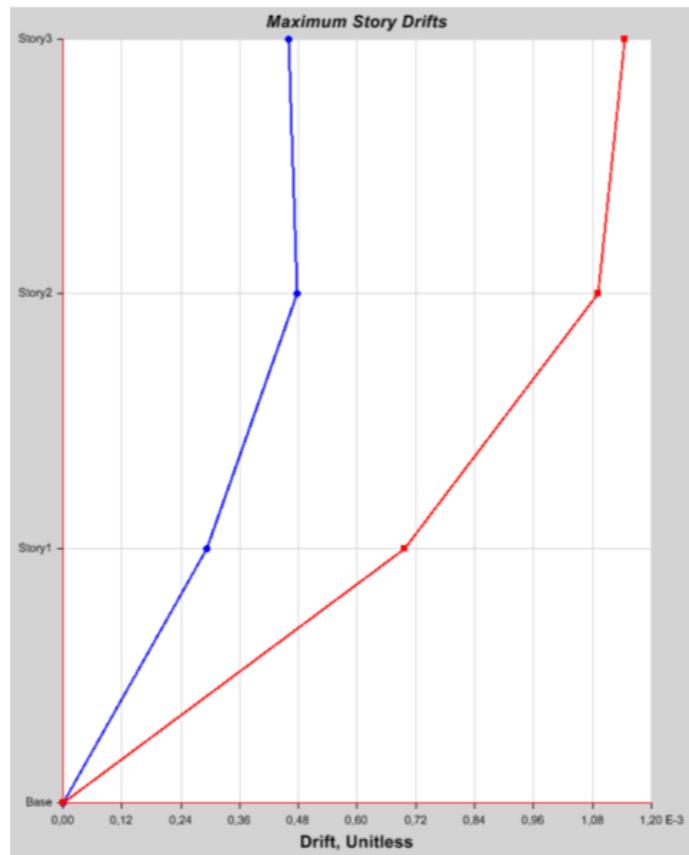


Figura N° 12 Derivas en Sismo en Y, Modelo S1

La deriva más alta en dado por el sismo en dirección y está en el piso 3 y es de 0.00114  
 Para estructuras Grupo B2 susceptibles a sufrir daños por deformaciones de la estructura,  
 ver tabla N°9 Derivas Permisibles.  $\delta=0.018$

$$\delta_x = 0.001 < 0.018 \text{ Ok}$$

$$\delta_y = 0.00114 < 0.018 \text{ Ok}$$

**MODELO (S2)**

Cortante Basal Dinámico

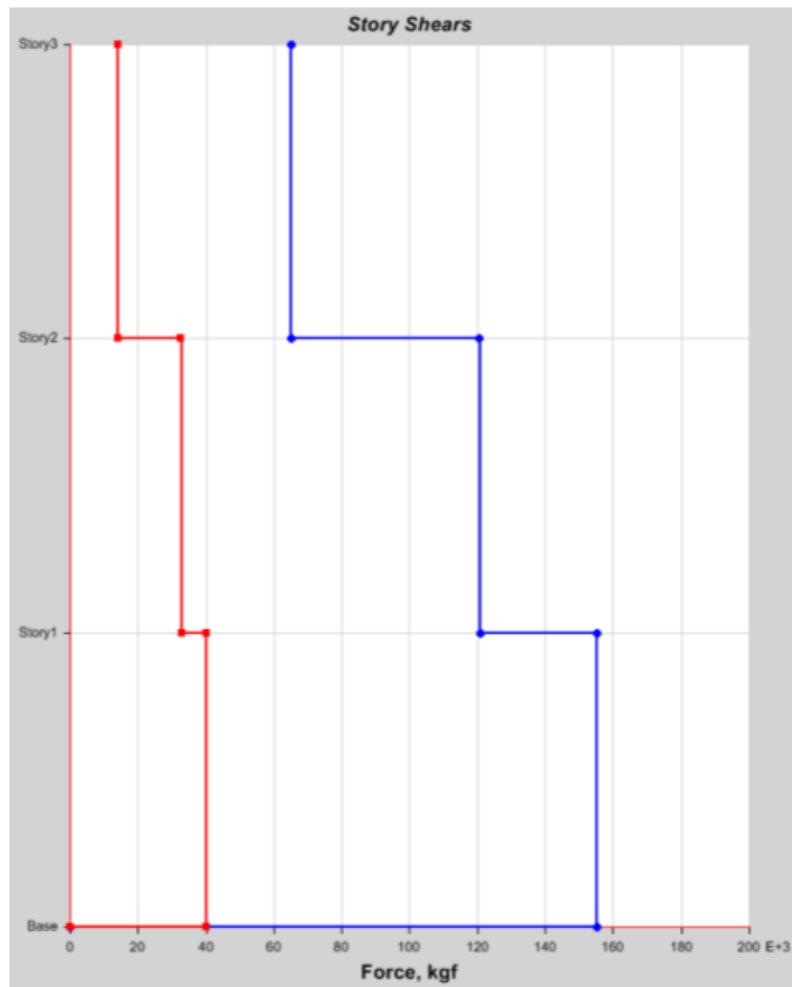


Figura N° 13 Cortante Basal Sismo en X, Modelo S2

$V_x=155267$  Kg

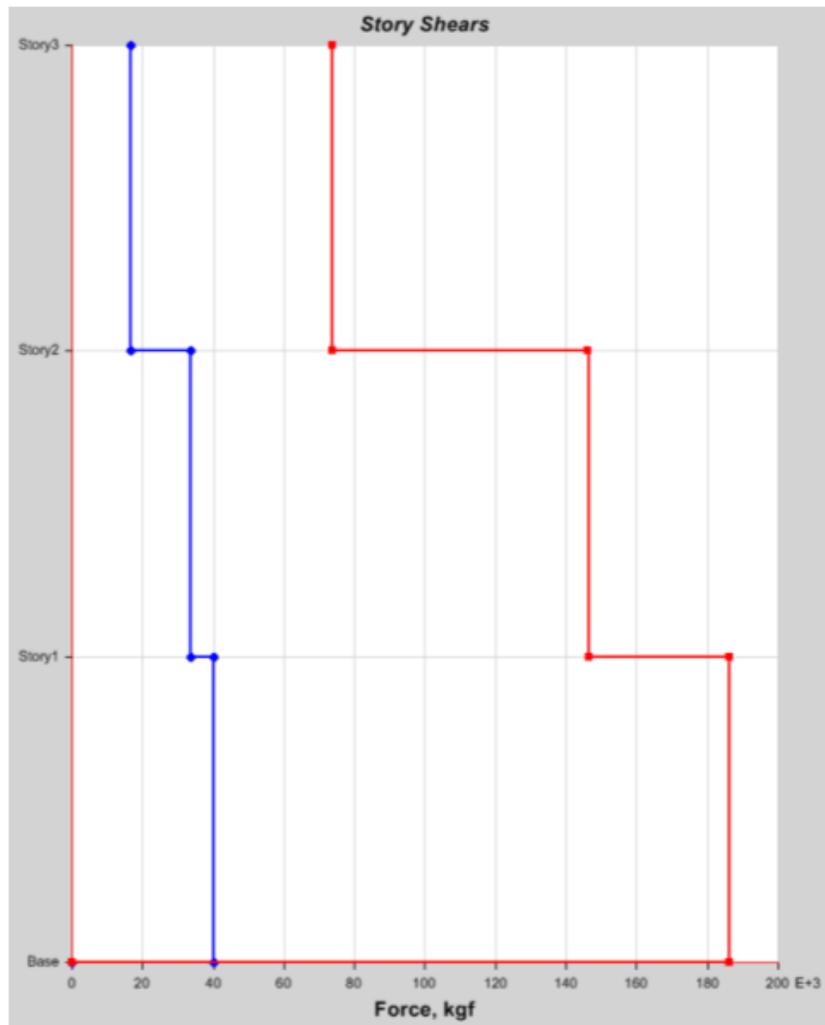


Figura N° 14 Cortante Basal en Sismo y, Modelo S2

$V_y = 186311 \text{ Kg}$

| Análisis Estático Equivalente (Art. 9.3/Tabla 9.1)                  |            |          |
|---|------------|----------|
| Coeficiente según el material de la edificación "Ct" (Art. 9.3.2.2) | 0,07       | Sin Und. |
| Periodo Fundamental "T" (Art. 9.3.2.2)                              | 0,45131937 | Seg      |
| Periodo Fundamental de Diseño "Td" (Art. 9.4.6)                     | 0,72211099 | Seg      |
| Factor de Modificación de Cortantes "m" (Art. 9.3.1)                | 0,93333333 | Sin Und. |
| Aceleración Espectral de Diseño "Ad" (Art. 7.2)                     | 0,113      | g        |

*Tabla N° 10 Análisis Estático Equivalente Modelo S2*

|  |            |
|--|------------|
| <b>Corte Basal Mínimo "Vomin" (Art. 7.1)</b> | 103,268 Tn |
| <b>Corte Basal "Vo" (Art. 9.3.1)</b>         | 218,63 Tn  |

*Tabla N° 11 Tabla de Cortante Basal Estático Modelo S2*

**Control de Cortante Basal**

$$V_{ox}*/V_{ox} = 218,63/155,267 = 1,40$$

$$V_{oy}*/V_{oy} = 218,63/186,311 = 1,17$$

*Tabla N° 12 Masas Participativas Modelo S2*

| Case  | Mode | Period | UX       | UY       | UZ | Sum UX | Sum UY |
|-------|------|--------|----------|----------|----|--------|--------|
|       |      | sec    |          |          |    |        |        |
| Modal | 1    | 0,506  | 0,0545   | 0,6647   | 0  | 0,0545 | 0,6647 |
| Modal | 2    | 0,474  | 0,4766   | 0,1101   | 0  | 0,5311 | 0,7748 |
| Modal | 3    | 0,36   | 0,2528   | 0,0057   | 0  | 0,7839 | 0,7805 |
| Modal | 4    | 0,166  | 0,0002   | 0,157    | 0  | 0,7841 | 0,9375 |
| Modal | 5    | 0,152  | 0,1401   | 0,0008   | 0  | 0,9242 | 0,9383 |
| Modal | 6    | 0,138  | 0,0089   | 0,0019   | 0  | 0,9331 | 0,9402 |
| Modal | 7    | 0,08   | 0,0004   | 0,0569   | 0  | 0,9335 | 0,9972 |
| Modal | 8    | 0,073  | 0,0582   | 0,0009   | 0  | 0,9917 | 0,998  |
| Modal | 9    | 0,066  | 0,0067   | 0,0006   | 0  | 0,9984 | 0,9986 |
| Modal | 10   | 0,026  | 1,59E-06 | 3,80E-06 | 0  | 0,9984 | 0,9986 |
| Modal | 11   | 0,023  | 0,0002   | 0,0004   | 0  | 0,9986 | 0,999  |
| Modal | 12   | 0,019  | 0,0001   | 0,0006   | 0  | 0,9987 | 0,9995 |

Se chequean las derivas dadas en función del sismo en dirección "x" y "y" contra los mínimos por norma COVENIN 1756-2001:

VALORES LÍMITES DE:  $\frac{\delta_i}{(h_i - h_{i-1})}$

| TIPO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES               | EDIFICACIONES |          |          |
|--|---------------|----------|----------|
|  | GRUPO A       | GRUPO B1 | GRUPO B2 |
| Susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura    | 0.012         | 0.015    | 0.018    |
| No susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura | 0.016         | 0.020    | 0.024    |

Tabla N° 13 Derivas Permisible Art 10.1

### Chequeo de Derivas

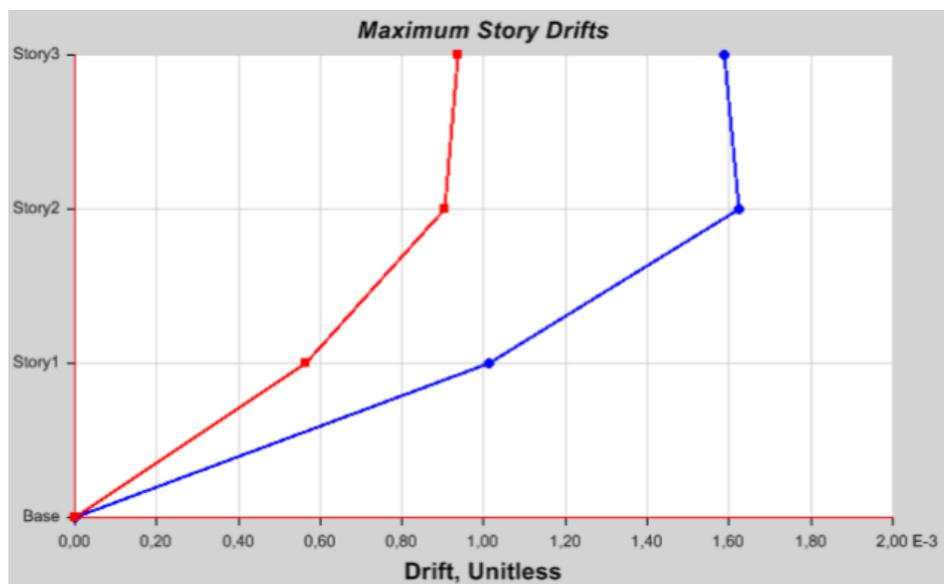
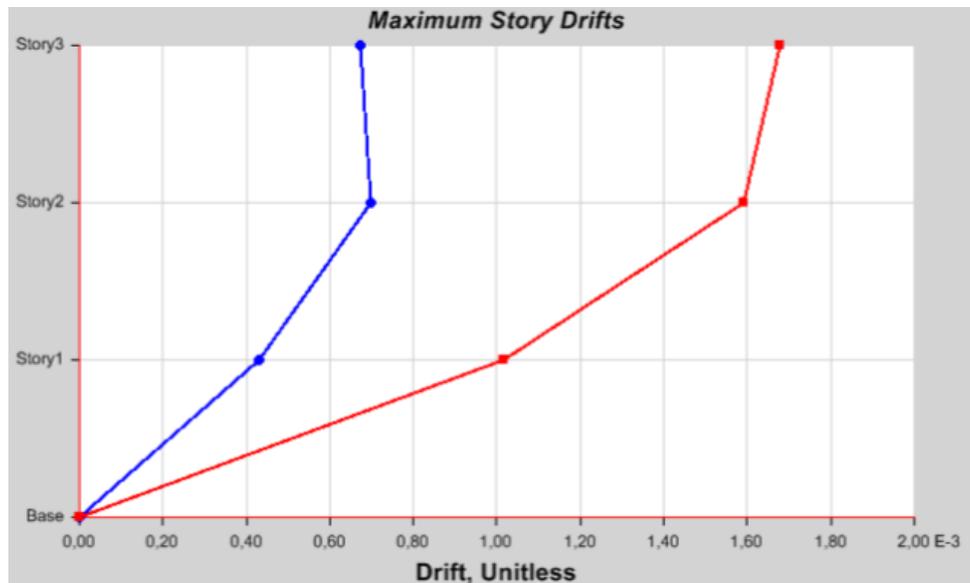


Figura N° 15 Derivas en Sismo X, Modelo S2

La deriva más alta en dado por el sismo en dirección x está en el piso 2 y es de 0.0016

Derivas en Sismo en Y



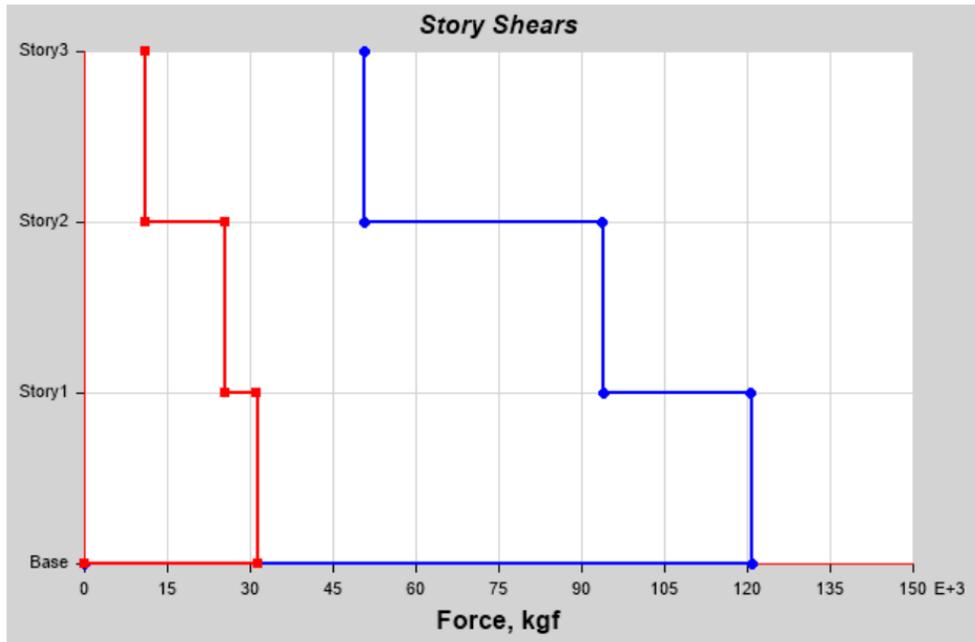
*Figura N° 16 Derivas en Sismo Y, Modelo S2*

La deriva más alta en dado por el sismo en dirección y está en el piso 3 y es de 0.00167  
 Para estructuras Grupo B2 susceptibles a sufrir daños por deformaciones de la estructura,  
 ver tabla N°13 Derivas Permisibles.  $\delta=0.018$

$$\delta_x = 0.0016 < 0.018 \text{ Ok}$$

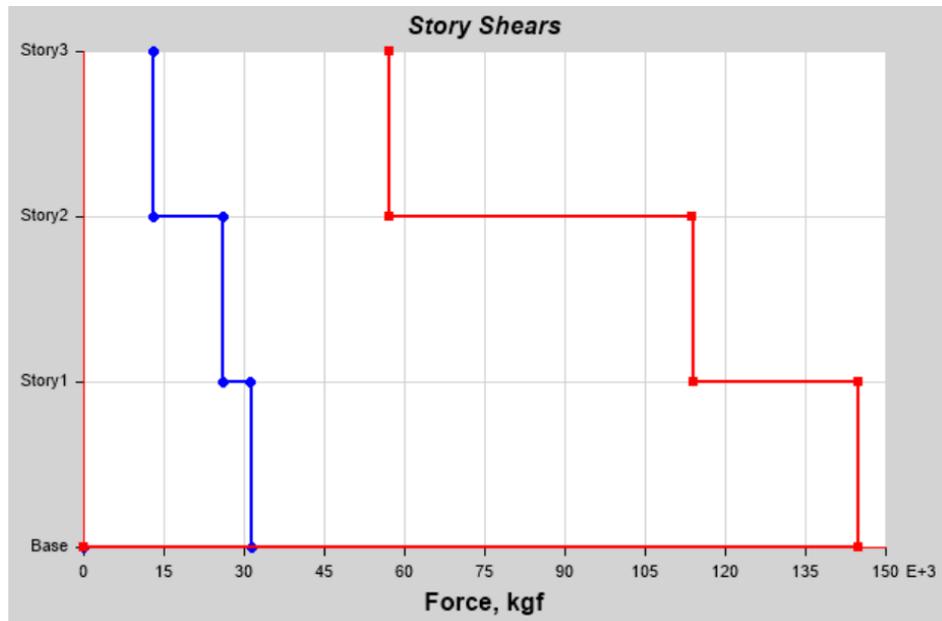
$$\delta_y = 0.001674 < 0.018 \text{ Ok}$$

**MODELO (S2 0.70)**  
**Cortante Basal Dinámico**



*Figura N° 17 Cortante Basal en Sismo en X, Modelo S2 0.70*

$V_x = 120,763$  Ton



*Figura N° 18 Cortante Basal en Sismo Y, Modelo S2 0.70*

$V_y = 144,908 \text{ Ton}$

| <b>Análisis Estático Equivalente (Art. 9.3/Tabla 9.1)</b>           |            |          |
|---|------------|----------|
| Coeficiente según el material de la edificación "Ct" (Art. 9.3.2.2) | 0,07       | Sin Und. |
| Periodo Fundamental "T" (Art. 9.3.2.2)                              | 0,45131937 | Seg      |
| Periodo Fundamental de Diseño "Td" (Art. 9.4.6)                     | 0,72211099 | Seg      |
| Factor de Modificación de Cortantes "m" (Art. 9.3.1)                | 0,93333333 | Sin Und. |
| Aceleración Espectral de Diseño "Ad" (Art. 7.2)                     | 0,088      | g        |

*Tabla N° 14 Análisis Estático Equivalente Modelo S2 0.70*

|  |            |
|--|------------|
| <b>Corte Basal Mínimo "Vomin" (Art. 7.1)</b> | 103,268 Tn |
| <b>Corte Basal "Vo" (Art. 9.3.1)</b>         | 170,046 Tn |

*Tabla N° 15 Cortante Basal Estático Modelo S2.070*

### Control de Cortante Basal

$$V_{ox}^*/V_{ox} = 170,046/120,763 = 1,41$$

$$V_{oy}^*/V_{oy} = 170,046/144,908 = 1,17$$

*Tabla N° 16 Masas Participativas Modelo S2 0.70*

| Case  | Mode | Period | UX       | UY       | UZ | Sum UX | Sum UY |
|-------|------|--------|----------|----------|----|--------|--------|
|       |      | sec    |          |          |    |        |        |
| Modal | 1    | 0,506  | 0,0545   | 0,6647   | 0  | 0,0545 | 0,6647 |
| Modal | 2    | 0,474  | 0,4766   | 0,1101   | 0  | 0,5311 | 0,7748 |
| Modal | 3    | 0,36   | 0,2528   | 0,0057   | 0  | 0,7839 | 0,7805 |
| Modal | 4    | 0,166  | 0,0002   | 0,157    | 0  | 0,7841 | 0,9375 |
| Modal | 5    | 0,152  | 0,1401   | 0,0008   | 0  | 0,9242 | 0,9383 |
| Modal | 6    | 0,138  | 0,0089   | 0,0019   | 0  | 0,9331 | 0,9402 |
| Modal | 7    | 0,08   | 0,0004   | 0,0569   | 0  | 0,9335 | 0,9972 |
| Modal | 8    | 0,073  | 0,0582   | 0,0009   | 0  | 0,9917 | 0,998  |
| Modal | 9    | 0,066  | 0,0067   | 0,0006   | 0  | 0,9984 | 0,9986 |
| Modal | 10   | 0,026  | 1,59E-06 | 3,80E-06 | 0  | 0,9984 | 0,9986 |
| Modal | 11   | 0,023  | 0,0002   | 0,0004   | 0  | 0,9986 | 0,999  |
| Modal | 12   | 0,019  | 0,0001   | 0,0006   | 0  | 0,9987 | 0,9995 |

### Chequeo de Derivas

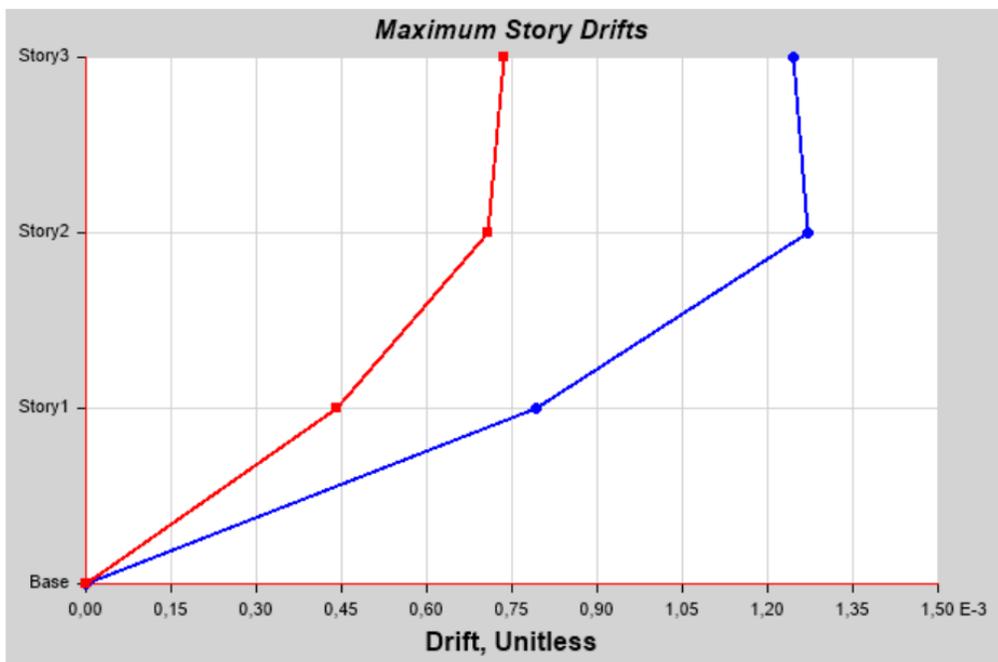


Figura N° 19 Derivas en Sismo en X, Modelo S2 0.70

La deriva más alta en dado por el sismo en dirección x está en el piso 2 y es de 0.00127

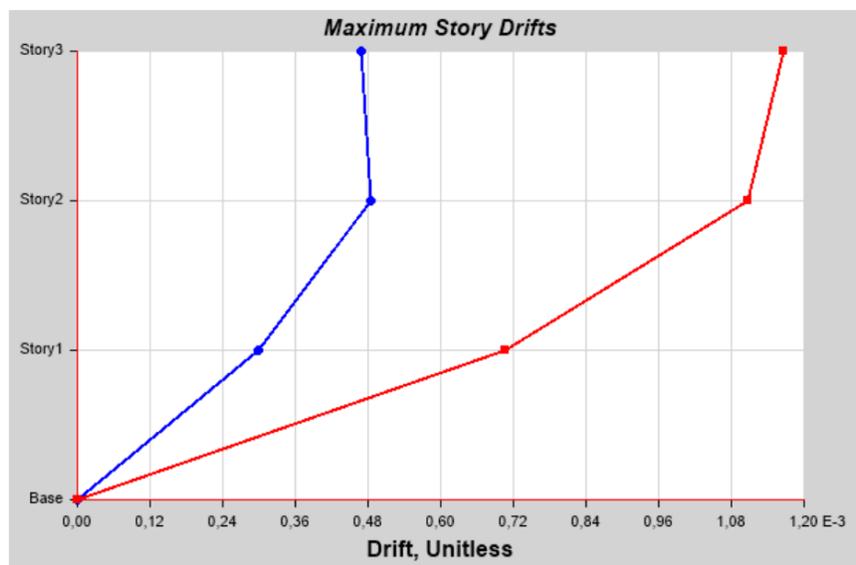


Figura N° 20 Derivas en Sismo en Y, Modelo S2 0.70

La deriva más alta en dado por el sismo en dirección y está en el piso 3 y es de 0.00116

Para estructuras Grupo B2 susceptibles a sufrir daños por deformaciones de la estructura, ver tabla N°9 Derivas Permisibles.  $\delta=0.018$

$$\delta_x = 0.00127 < 0.018 \text{ Ok}$$

$$\delta_y = 0.00116 < 0.018 \text{ Ok}$$

### MODELO (S3)

Cortante Basal Dinámico

Cortante basal en direccion X

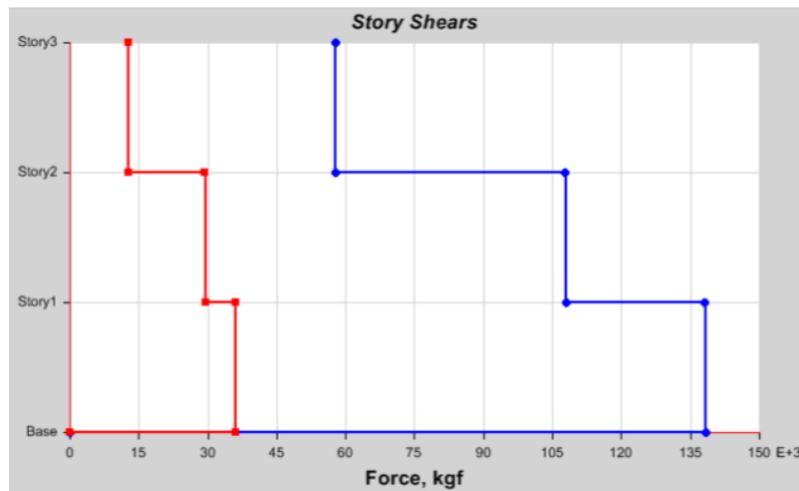


Figura N° 21 Cortante Basal en Sismo X, Modelo S3

$$V_x = 138,262 \text{ Ton}$$

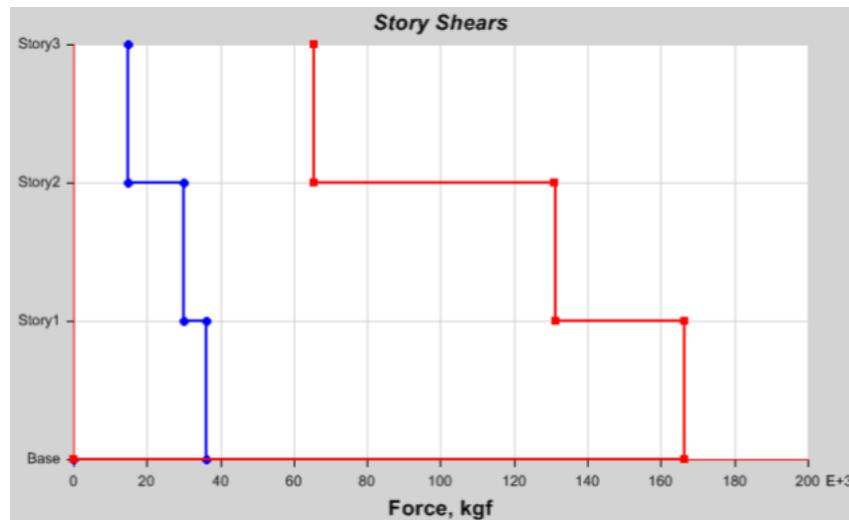


Figura N° 22 Cortante Basal en Sismo en Y, Modelo S3

$V_y = 166,471$  Ton

| Análisis Estático Equivalente (Art. 9.3/Tabla 9.1)                   |            |          |
|--|------------|----------|
| Coefficiente según el material de la edificación "Ct" (Art. 9.3.2.2) | 0,07       | Sin Und. |
| Periodo Fundamental "T" (Art. 9.3.2.2)                               | 0,45131937 | Seg      |
| Periodo Fundamental de Diseño "Td" (Art. 9.4.6)                      | 0,72211099 | Seg      |
| Factor de Modificación de Cortantes "m" (Art. 9.3.1)                 | 0,93333333 | Sin Und. |
| Aceleración Espectral de Diseño "Ad" (Art. 7.2)                      | 0,102      | g        |

Tabla N° 17 Análisis Estático Equivalente Modelo S3

|                                       |         |    |
|---------------------------------------|---------|----|
| Corte Basal Mínimo "Vomin" (Art. 7.1) | 103,268 | Tn |
| Corte Basal "Vo" (Art. 9.3.1)         | 196,207 | Tn |

Tabla N° 18 Cortante Basal Estático Modelo S3

### Control de Cortante Basal

$$V_{ox}^*/V_{ox} = 196,207/138,262 = 1,41$$

$$V_{oy}^*/V_{oy} = 196,207/166,471 = 1,17$$

Tabla N° 19 Masas Participativas Modelo S3

| Case  | Mode | Period | UX       | UY       | UZ | Sum UX | Sum UY |
|-------|------|--------|----------|----------|----|--------|--------|
|       |      | sec    |          |          |    |        |        |
| Modal | 1    | 0,506  | 0,0545   | 0,6647   | 0  | 0,0545 | 0,6647 |
| Modal | 2    | 0,474  | 0,4766   | 0,1101   | 0  | 0,5311 | 0,7748 |
| Modal | 3    | 0,36   | 0,2528   | 0,0057   | 0  | 0,7839 | 0,7805 |
| Modal | 4    | 0,166  | 0,0002   | 0,157    | 0  | 0,7841 | 0,9375 |
| Modal | 5    | 0,152  | 0,1401   | 0,0008   | 0  | 0,9242 | 0,9383 |
| Modal | 6    | 0,138  | 0,0089   | 0,0019   | 0  | 0,9331 | 0,9402 |
| Modal | 7    | 0,08   | 0,0004   | 0,0569   | 0  | 0,9335 | 0,9972 |
| Modal | 8    | 0,073  | 0,0582   | 0,0009   | 0  | 0,9917 | 0,998  |
| Modal | 9    | 0,066  | 0,0067   | 0,0006   | 0  | 0,9984 | 0,9986 |
| Modal | 10   | 0,026  | 1,59E-06 | 3,80E-06 | 0  | 0,9984 | 0,9986 |
| Modal | 11   | 0,023  | 0,0002   | 0,0004   | 0  | 0,9986 | 0,999  |
| Modal | 12   | 0,019  | 0,0001   | 0,0006   | 0  | 0,9987 | 0,9995 |

Se chequean las derivas dadas en función del sismo en dirección “x” y “y” contra los mínimos por norma COVENIN 1756-2001:

$$\text{VALORES LÍMITES DE: } \frac{\delta_i}{(h_i - h_{i-1})}$$

| TIPO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS NO                             | EDIFICACIONES |          |          |
|--|---------------|----------|----------|
|  | GRUPO A       | GRUPO B1 | GRUPO B2 |
| Susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura    | 0.012         | 0.015    | 0.018    |
| No susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura | 0.016         | 0.020    | 0.024    |

Tabla N° 20 Derivas permisibles Art 10.1

## Chequeo de Derivas

Derivas en Sismo en x

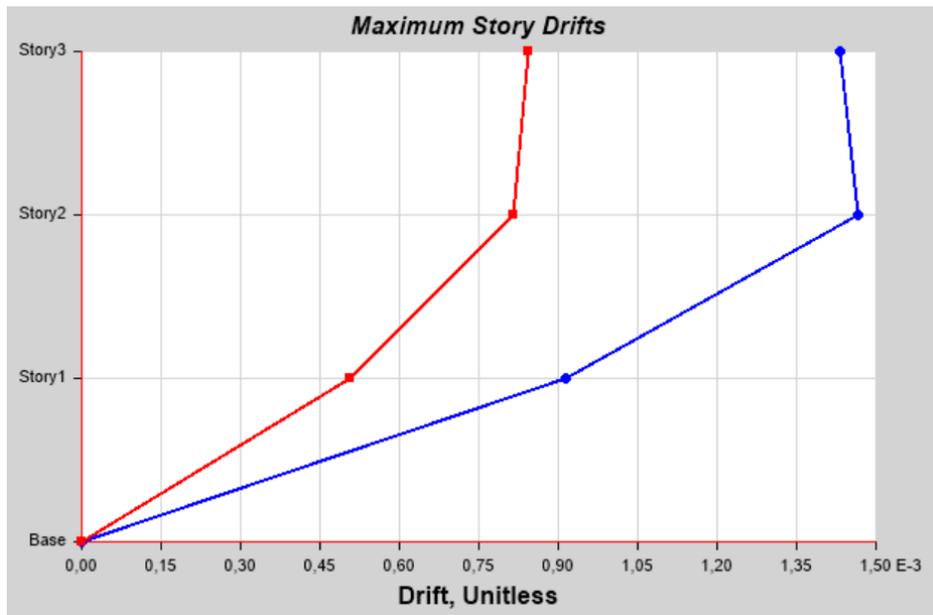


Figura N° 23 Derivas en Sismo en X, Modelo S3

La deriva más alta en dado por el sismo en dirección x esta en el piso 2 y es de 0.00146

Derivas en Sismo en Y

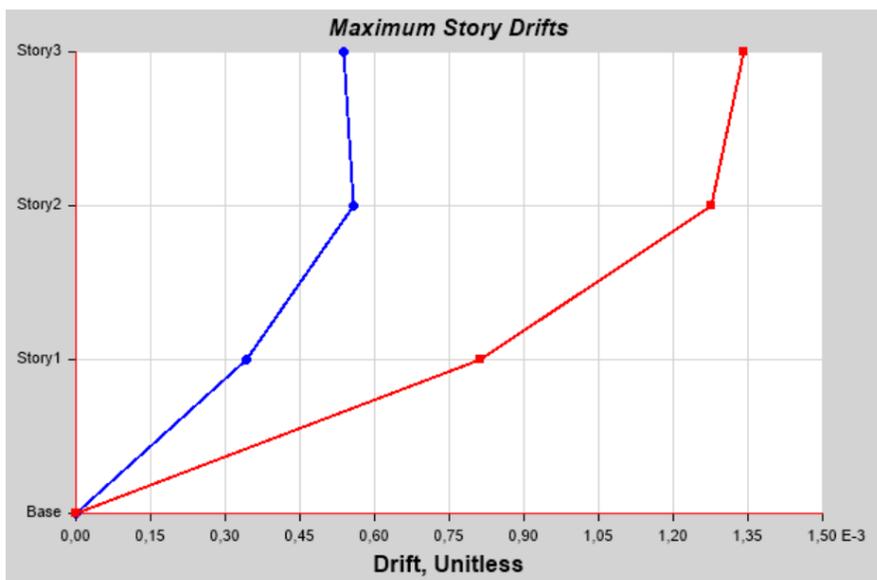


Figura N° 24 Derivas en Sismo en Y, Modelo S3

La deriva más alta en dado por el sismo en dirección y está en el piso 3 y es de 0.00134  
Para estructuras Grupo B2 susceptibles a sufrir daños por deformaciones de la estructura,  
ver tabla N°20 Derivas Permisibles.  $\delta=0.018$

$$\delta_x = 0.00146 < 0.018 \text{ Ok}$$

$$\delta_y = 0.00134 < 0.018 \text{ Ok}$$

### FASE III

#### Diseño

Se tomaron todos los requisitos según Norma COVENIN 1753 y ACI318-14 para los niveles de diseño ND3, con el fin de que los pórticos sean capaces de incursionar en el rango inelástico con una ductilidad y disipación de energía elevada, para lo cual se requiere un estricto control de fallas frágiles presentando el detallado sismorresistente más exigente conforme a la Norma. Se utilizan en zonas de alta sismicidad.

#### Diseño Típico en Vigas

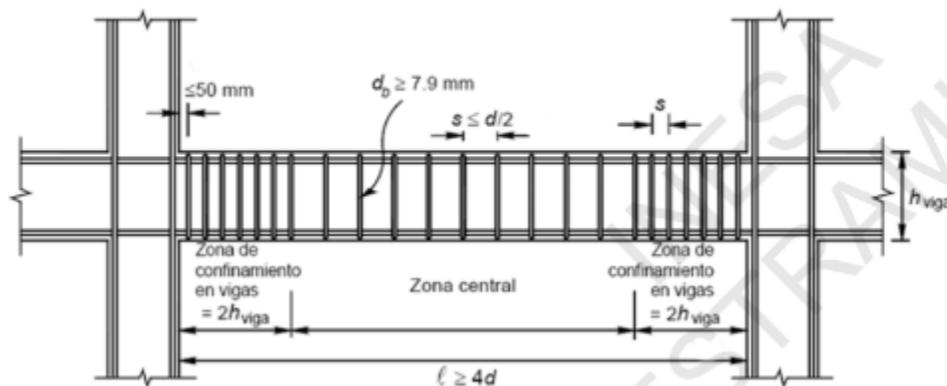


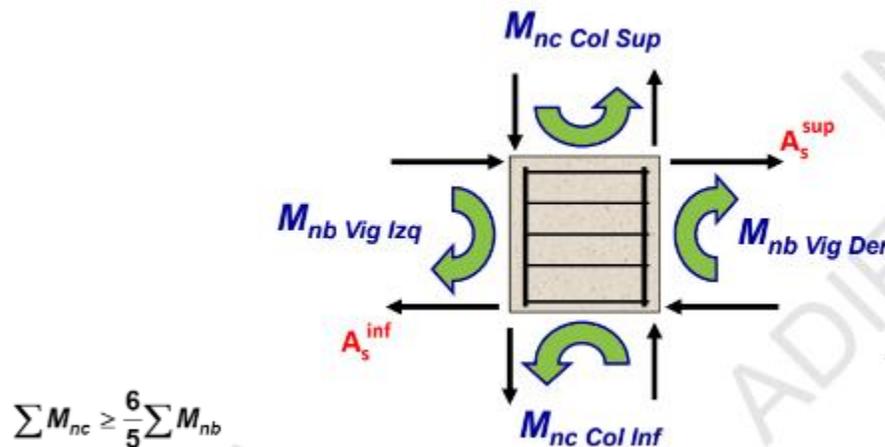
Figura N° 25 Armado de Estribos



Figura N° 26 Detalle de Estribos

## Columna Fuerte Viga – Débil

Se debe garantizar que se cumpla la condición de Columna fuerte – Viga débil, a través de la sumatoria de los momentos máximos probables que ocurren en las caras del nodo.

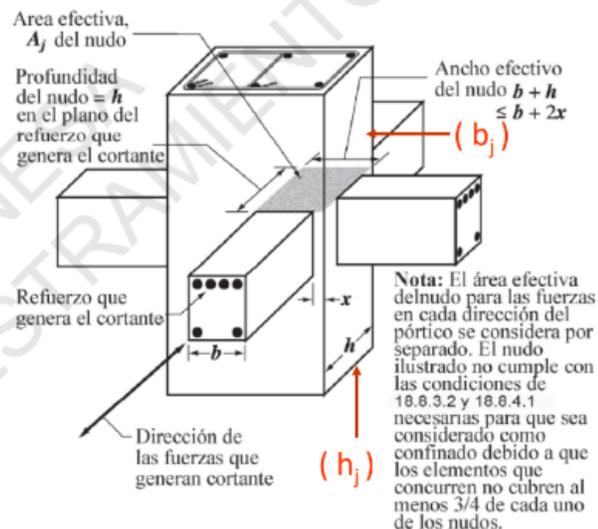


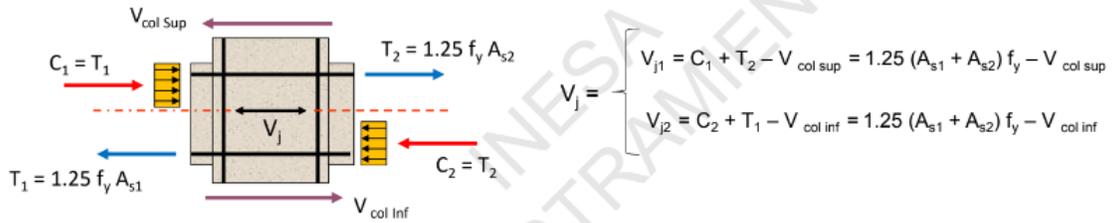
## Diseño de Nodos

### 2.7 Demanda y resistencia por corte en nudos

En vigas de menor ancho que la columna, el ancho efectivo del nudo es igual al menor valor entre:

- El ancho menor de la viga más la profundidad del nudo.
- El menor ancho de la viga más dos veces la menor distancia perpendicular al eje de la viga, desde el borde de la misma al borde la columna, sin exceder el ancho de la columna.



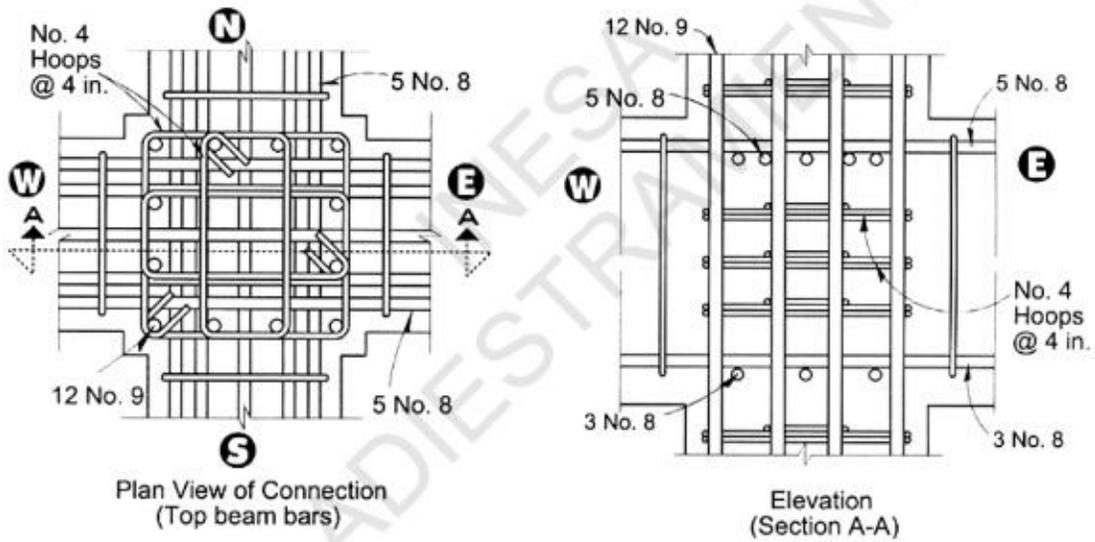


|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Para Nodos Confinados en las 4 caras                   | $V_c = 5,3 \sqrt{f'_c} A_j$ |
| Para Nodos Confinados en 3 caras o en 2 caras opuestas | $V_c = 4,0 \sqrt{f'_c} A_j$ |
| Para Nodos No Confinados                               | $V_c = 3,2 \sqrt{f'_c} A_j$ |

$A_j$ : Area horizontal efectiva de la sección transversal en un plano paralelo al acero de refuerzo que genera el corte en el nudo.

$$\phi V_c \geq V_j \max \quad (\phi = 0.85)$$

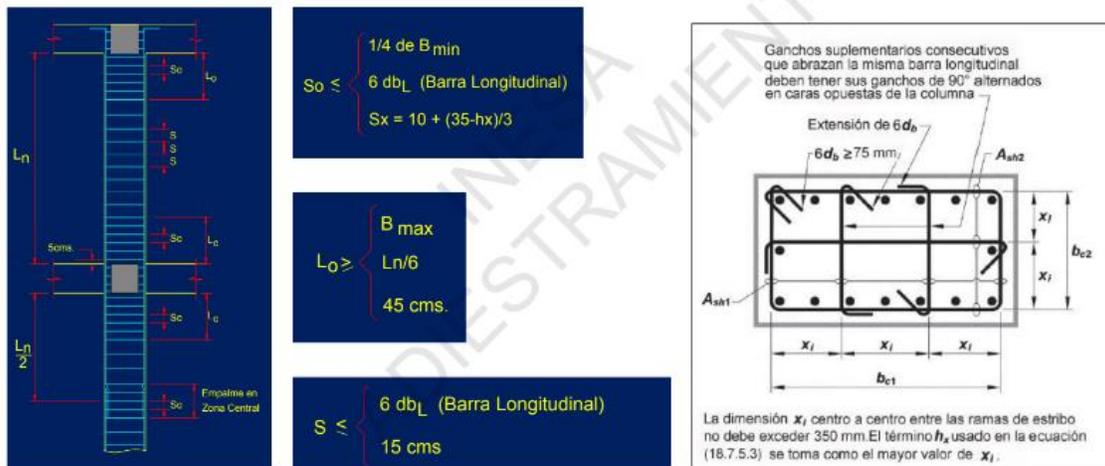
Detalle típico del refuerzo transversal por corte y confinamiento en nudos



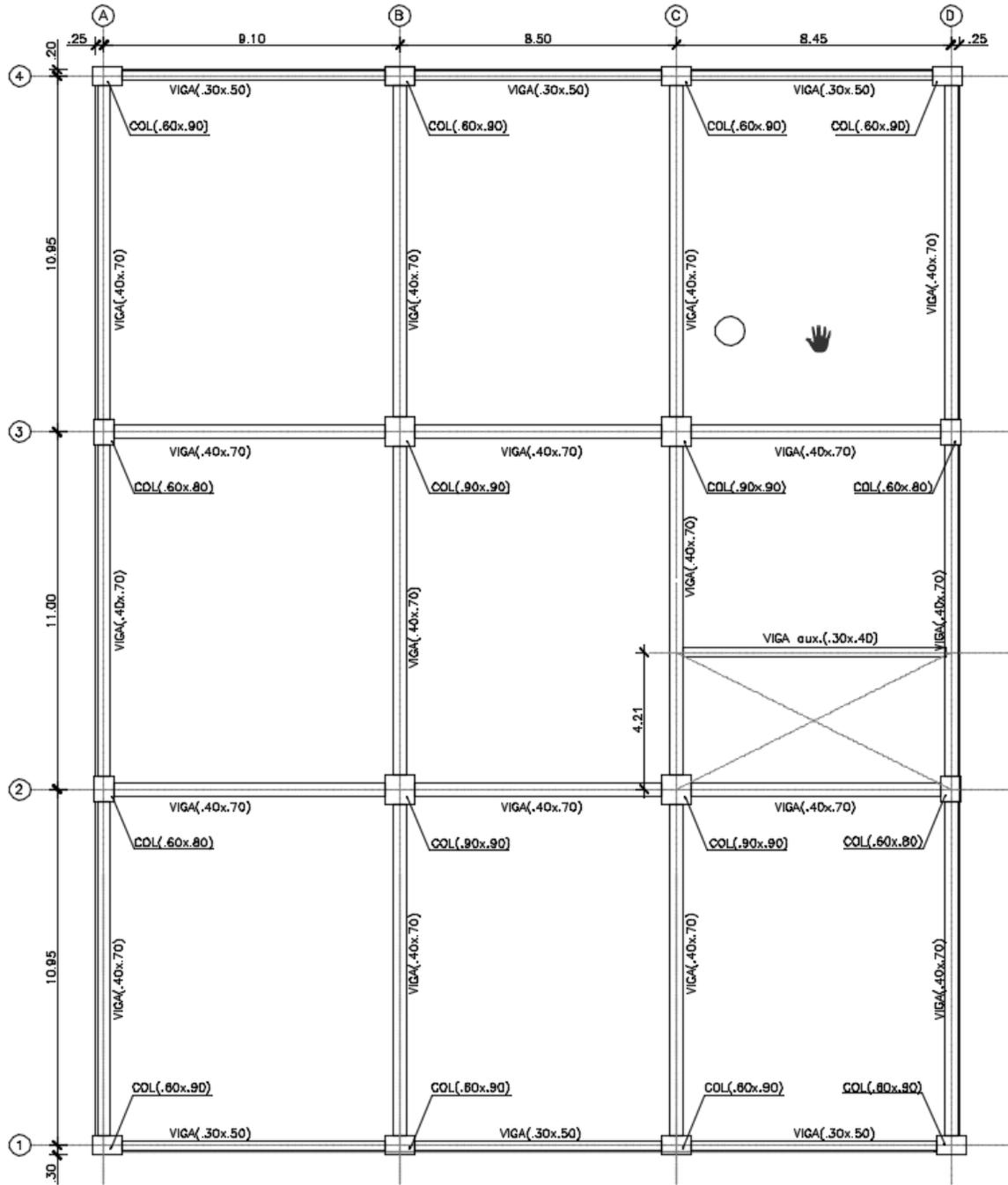
**Nota: La dimension de las barras indicadas sirven solo de referencia**

## Diseño por demanda de acero de refuerzo por confinamiento en columnas

| Refuerzo transversal  | Condición                                   | Expresiones aplicables  |  |
|---|---|-------------------------|--|
| $A_{zh}/sb_c$ para estribos cerrados de confinamiento rectilíneos       | $P_u \leq 0.3A_g f'_c$ y $f'_c \leq 70$ MPa | Mayor de (a) y (b)      | $0.3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (a)          |
|   | $P_u > 0.3A_g f'_c$ ó $f'_c > 70$ MPa       | Mayor de (a), (b) y (c) | $0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (b)<br>$0.2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (c) |
| $\rho_s$ para espirales o estribos cerrados de confinamiento circulares | $P_u \leq 0.3A_g f'_c$ y $f'_c \leq 70$ MPa | Mayor de (d) y (e)      | $0.45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (d)         |
|   | $P_u > 0.3A_g f'_c$ ó $f'_c > 70$ MPa       | Mayor de (d), (e) y (f) | $0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (e)<br>$0.35k_f \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (f)    |

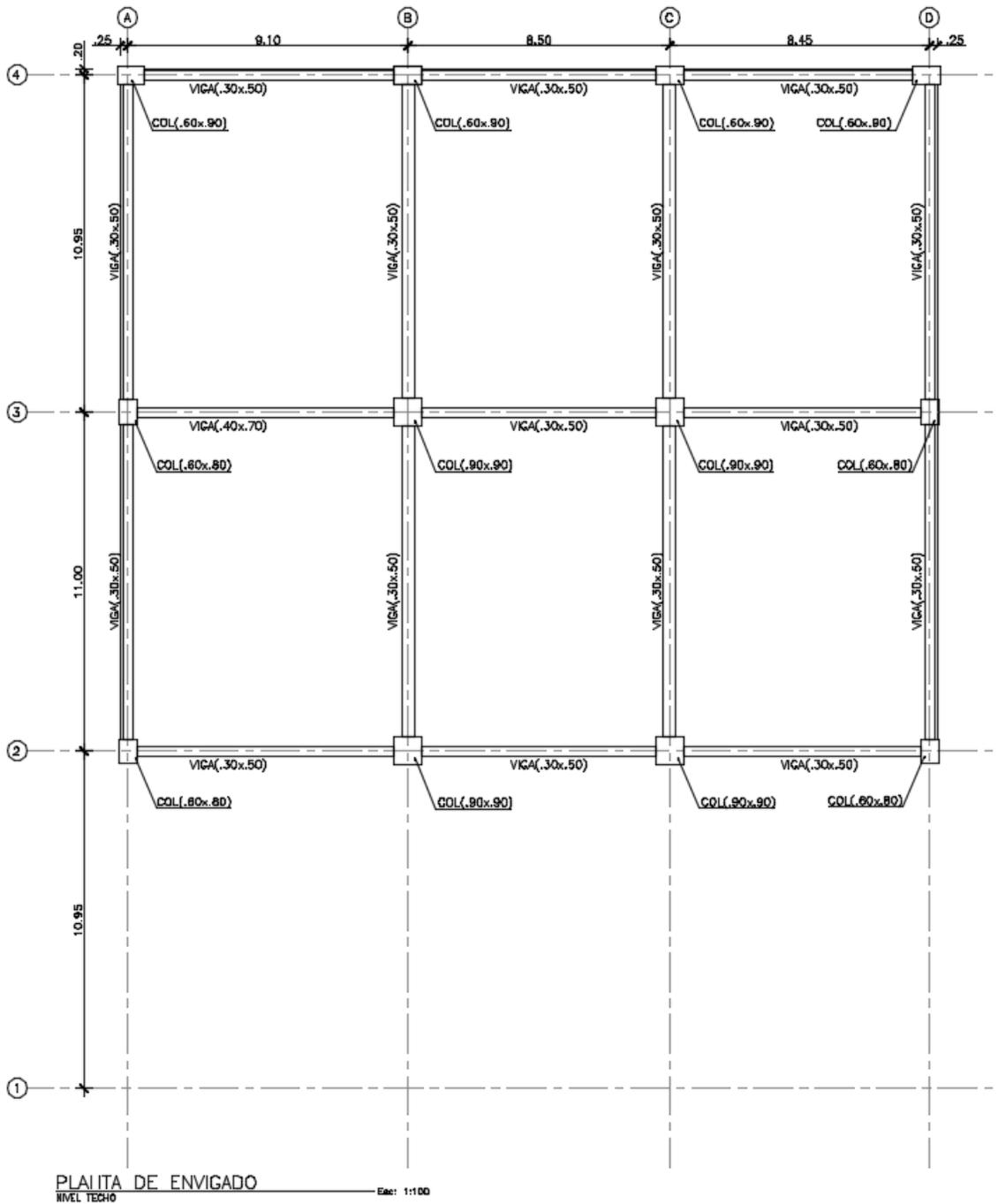


Con el fin de chequear los criterios descritos, se propone los siguientes diseños de vigas y columnas, con el fin de incorporarle la información al programa Etabs para posteriormente validar si cumple con todos los requisitos.



PLANTA DE ENVIGADO  
NIVEL 1 Y NIVEL 2

Esc: 1:100



A continuación, se presenta el diseño de la estructura arrojado por el programa Etabs en los niveles.

Diseño Modelo S1

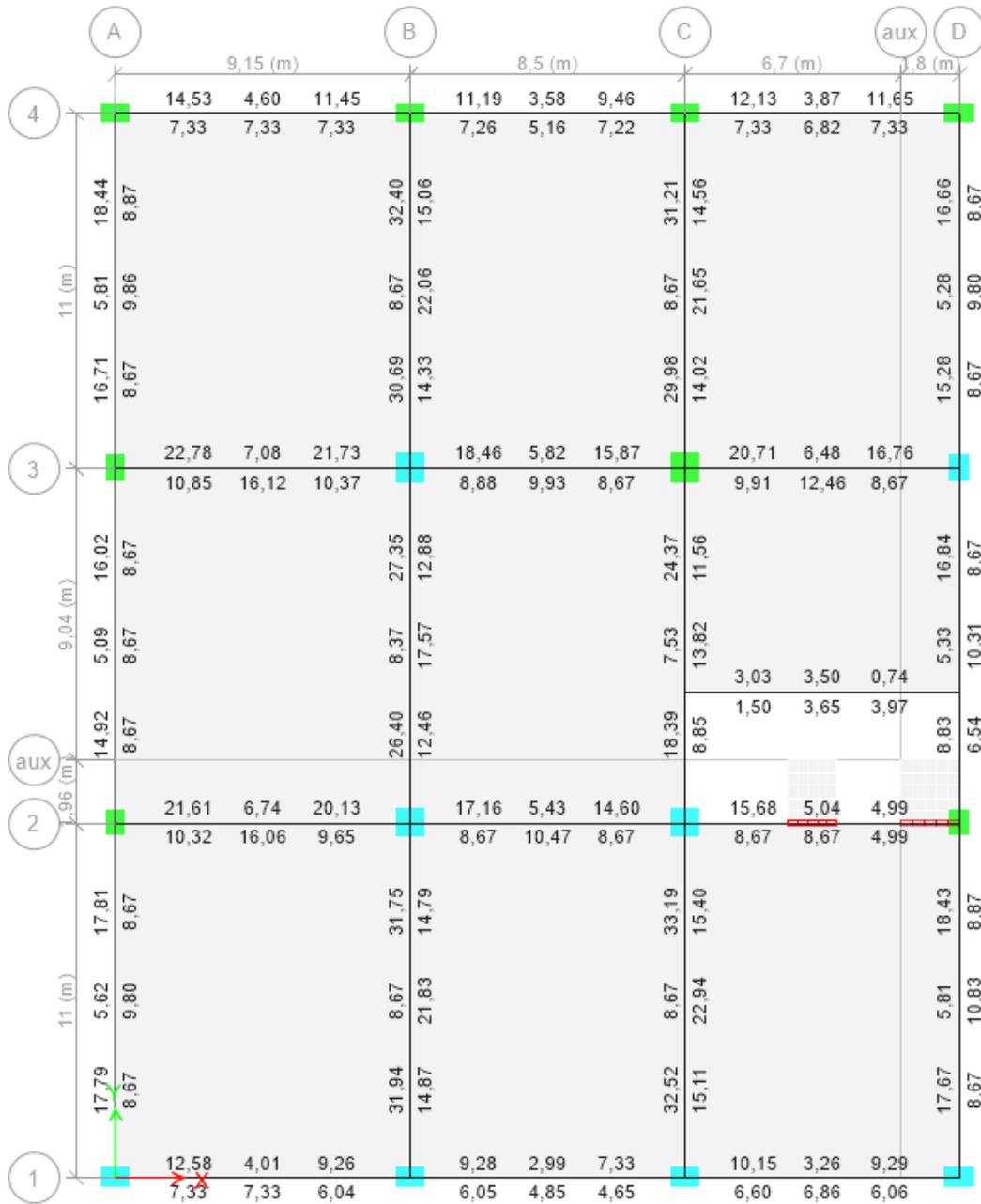


Figura N° 27 Acero de Refuerzo Nivel +4.00, Modelo S1

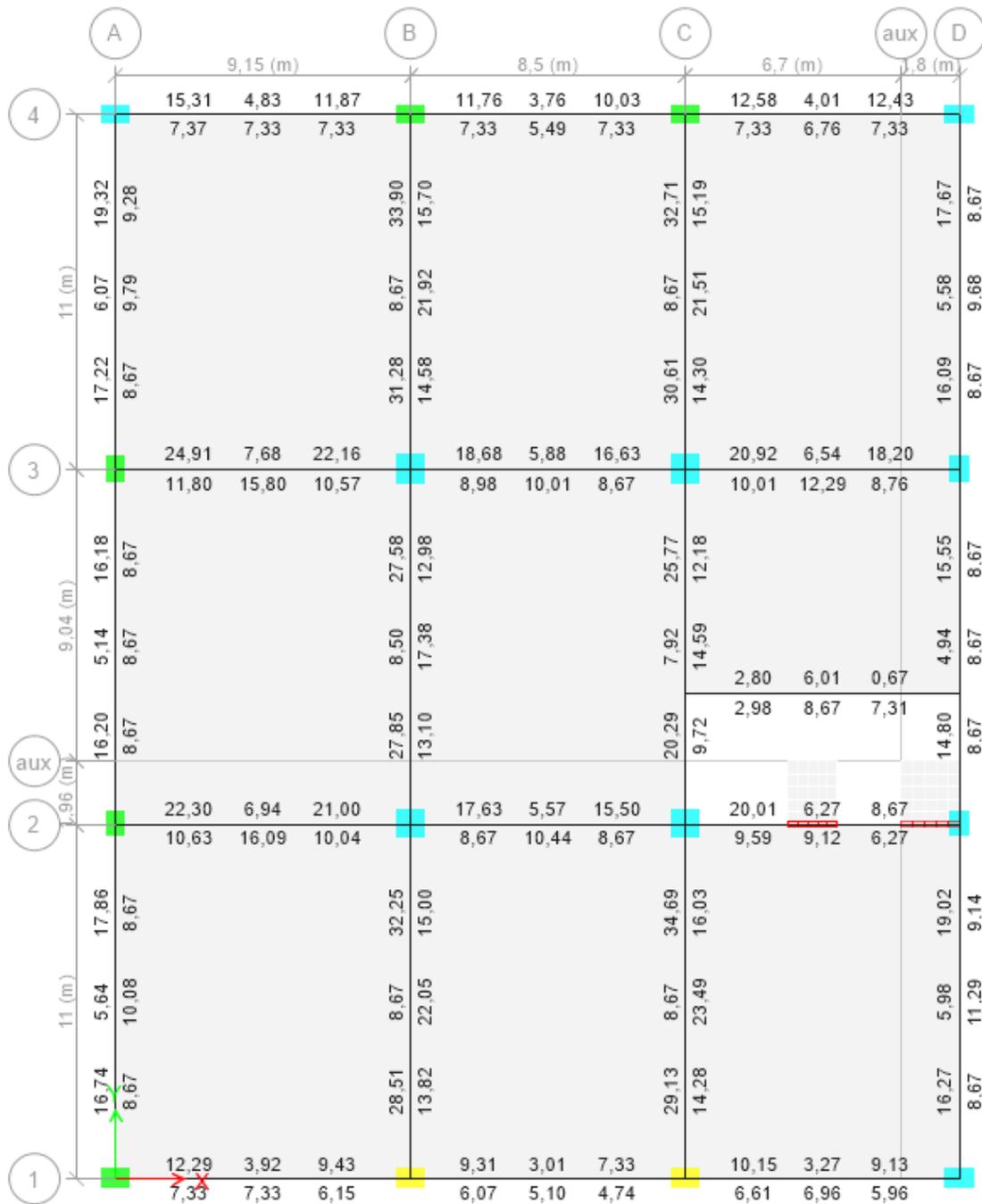


Figura N° 28 Acero de Refuerzo Nivel +8.00, Modelo S1

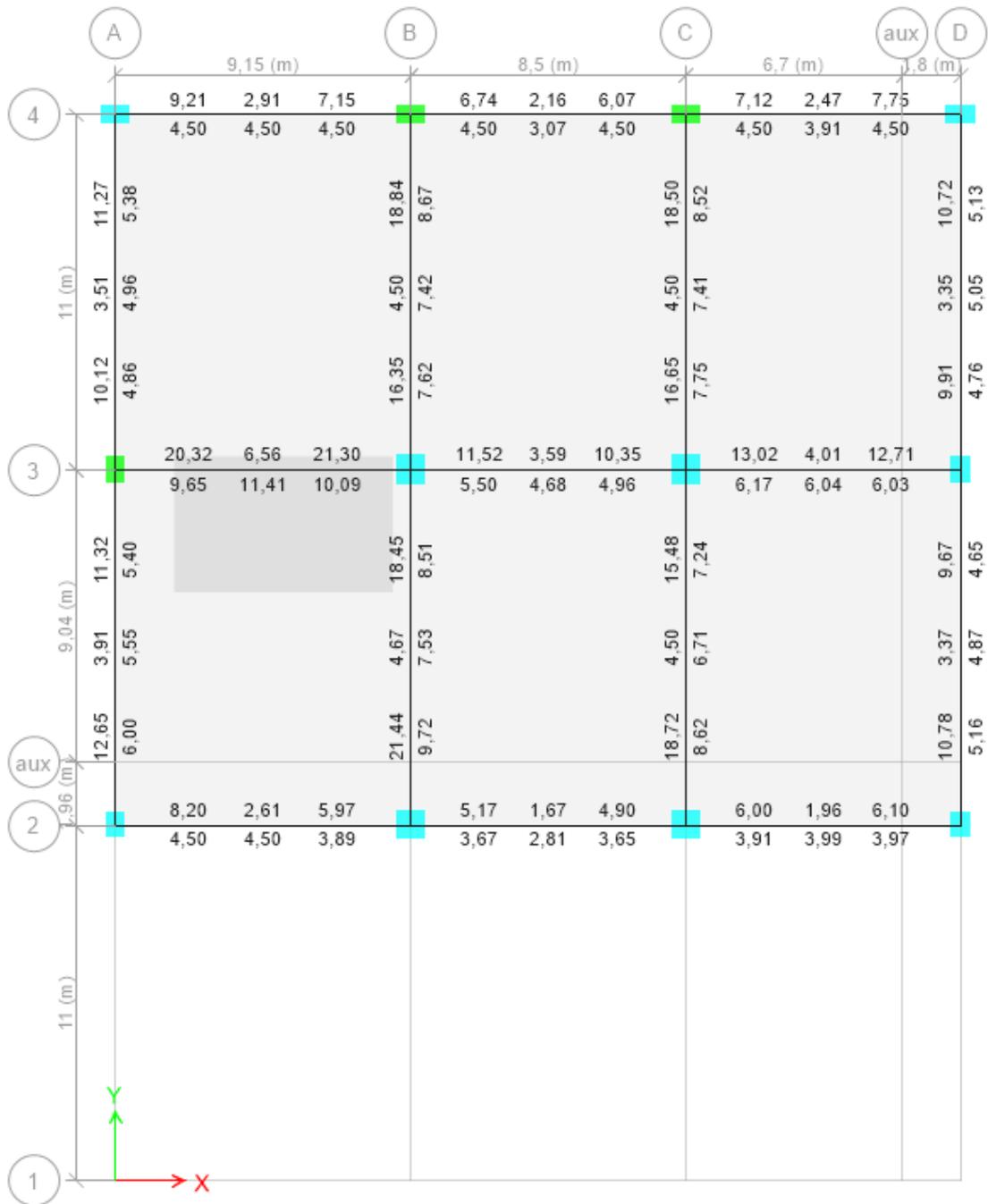


Figura N° 29 Acero de Refuerzo Piso nivel +12.00, Modelo S1

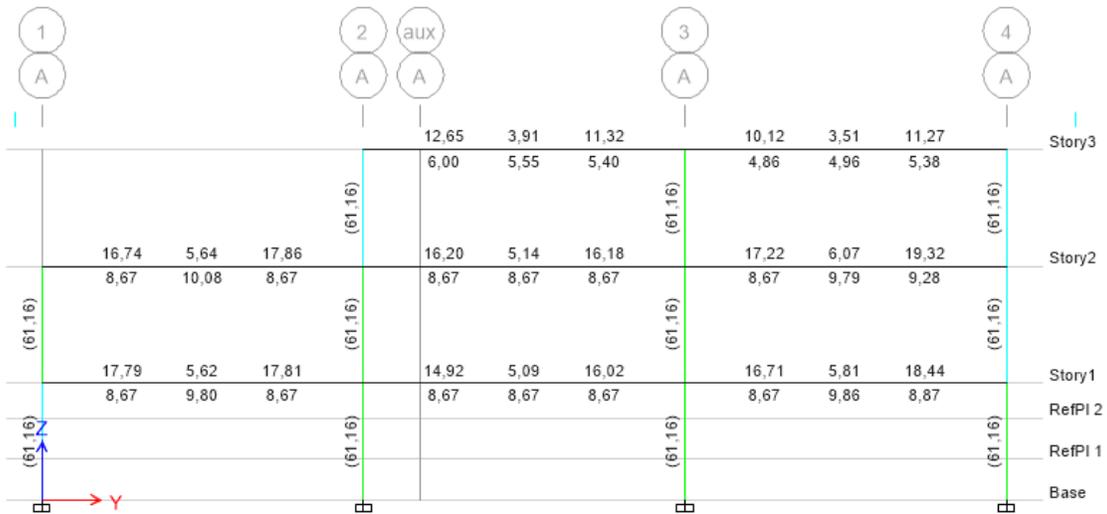


Figura N° 30 Acero de Refuerzo Pórtico A, Modelo S1

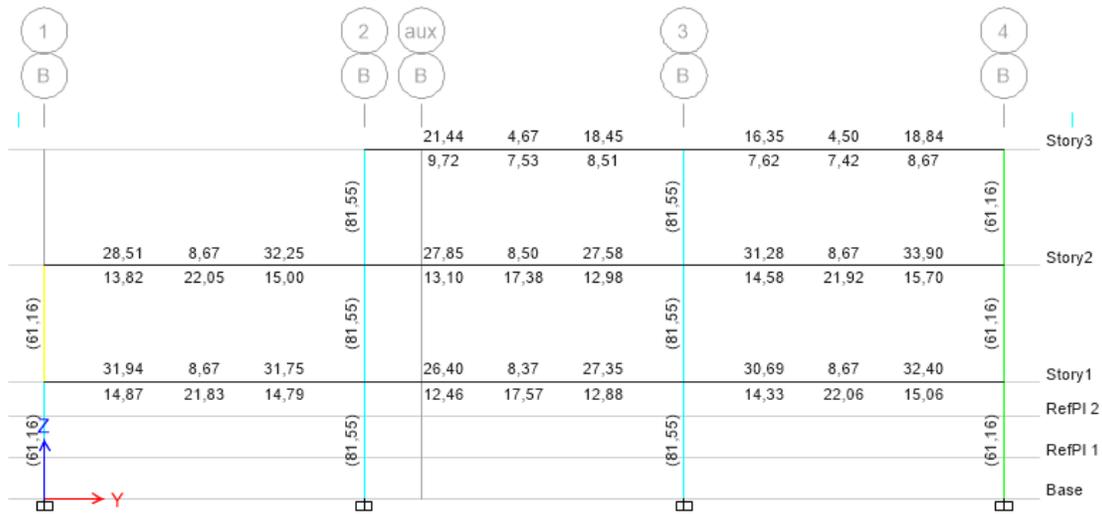


Figura N° 31 Acero de Refuerzo Pórtico B, Modelo S1

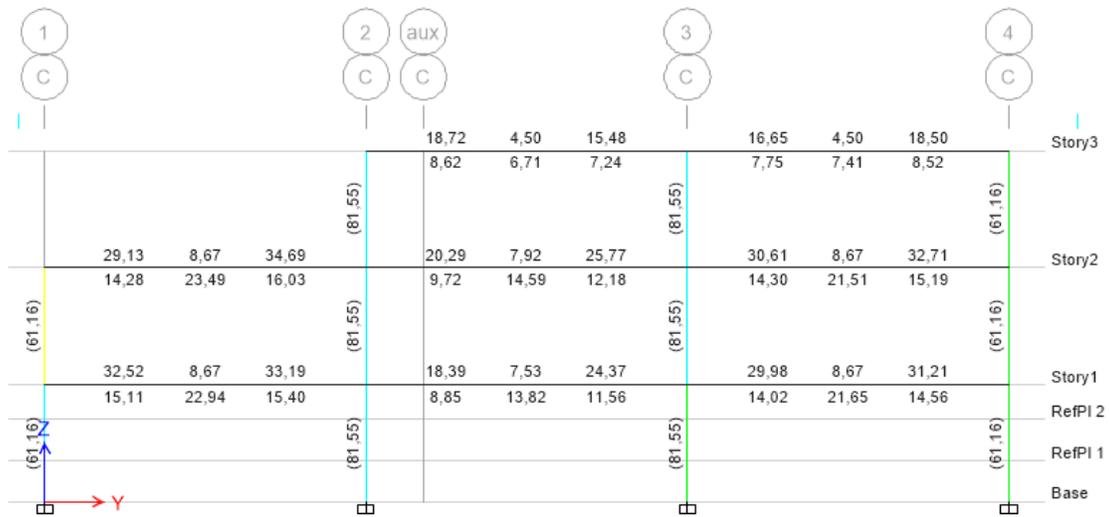


Figura N° 32 Acero de Refuerzo Pórtico C, Modelo S1

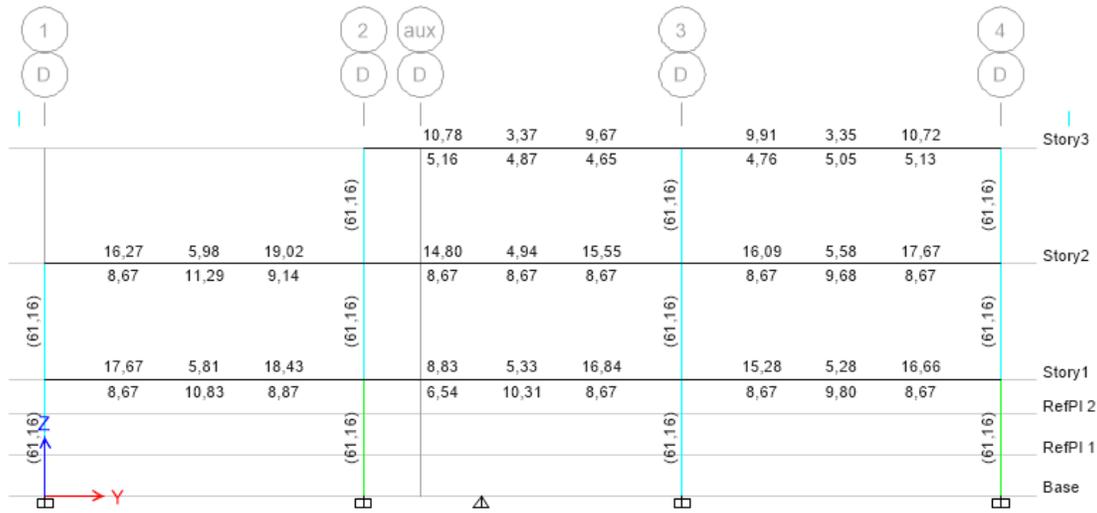


Figura N° 33 Acero de Refuerzo Pórtico D, Modelo S1

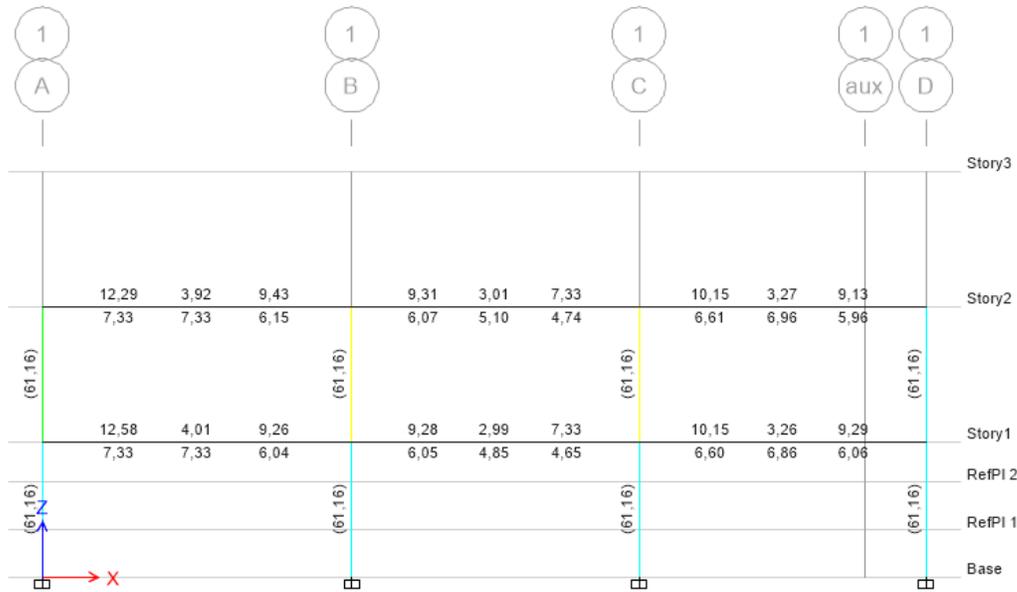


Figura N° 34 Acero de Refuerzo Pórtico 1, Modelo S1

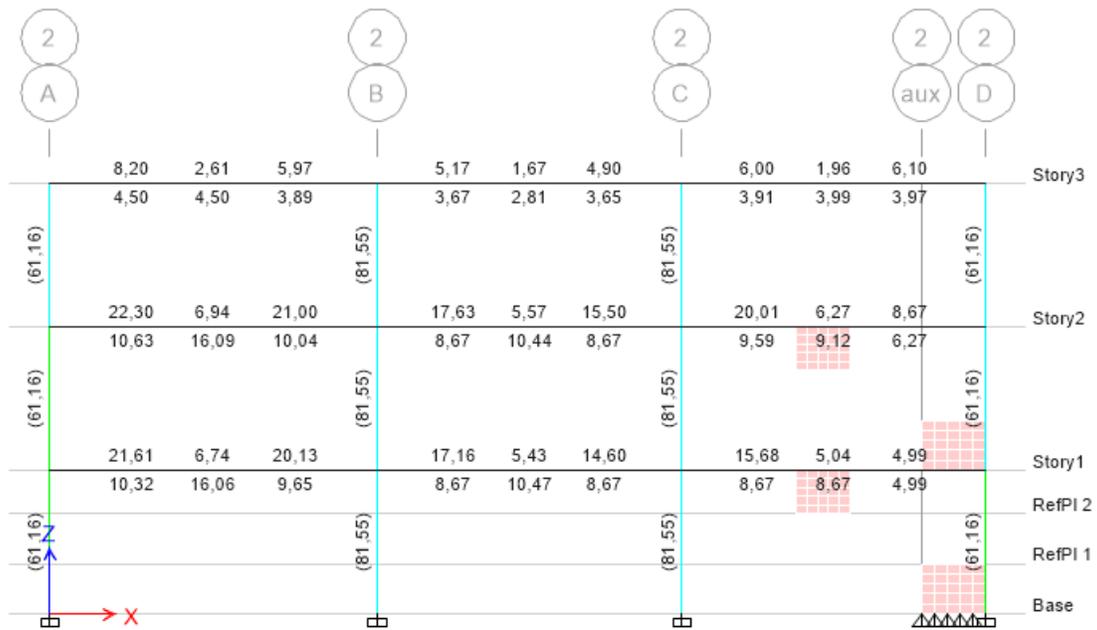


Figura N° 35 Acero de Refuerzo Pórtico 2, Modelo S1

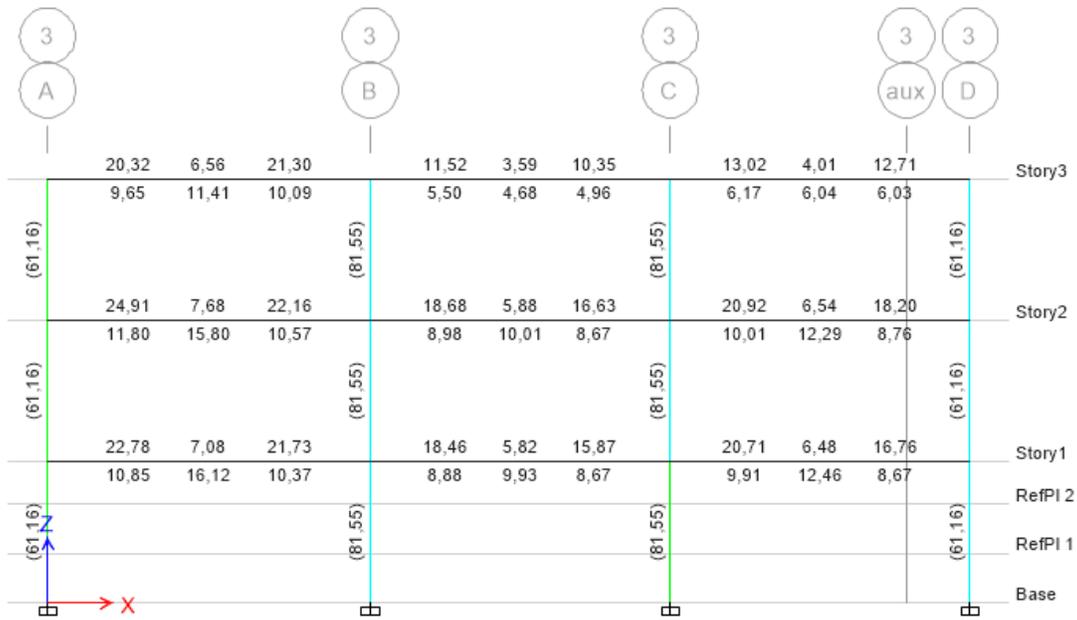


Figura N° 36 Acero de Refuerzo Pórtico 3, Modelo S1

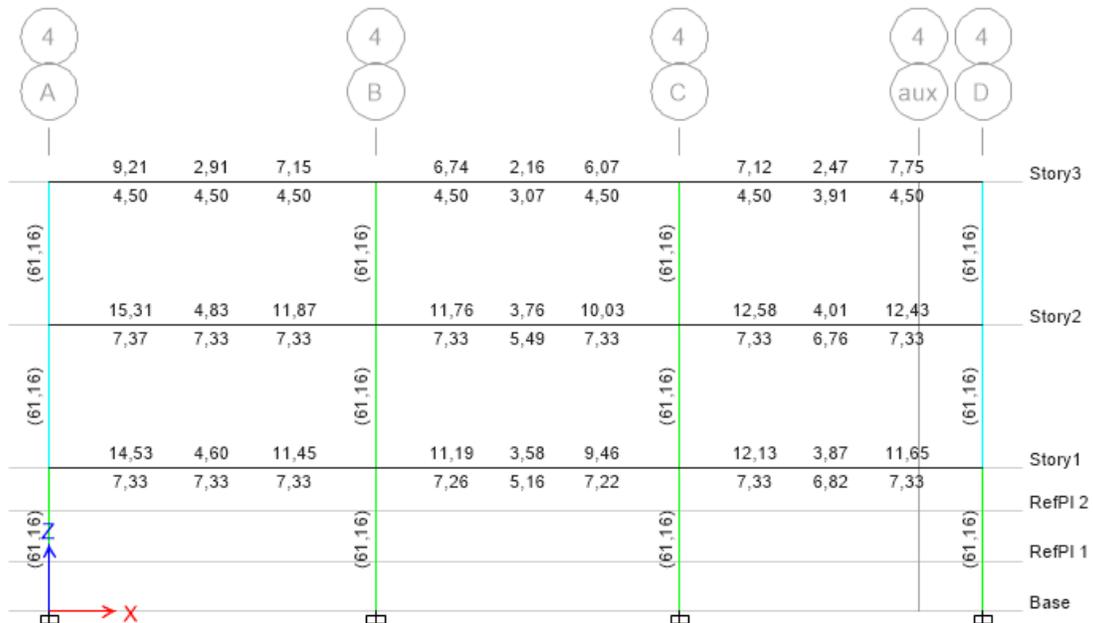
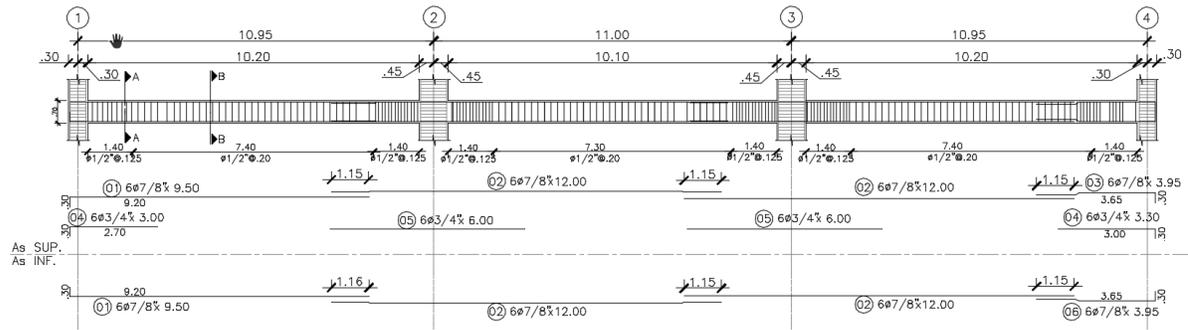


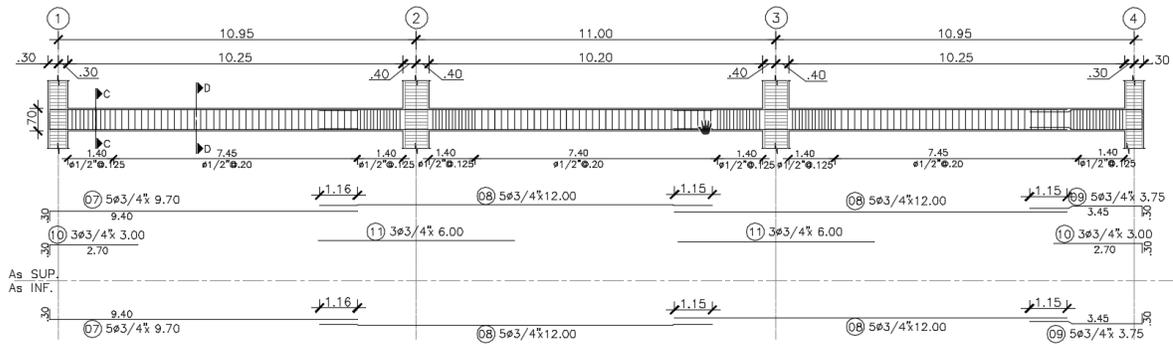
Figura N° 37 Acero de Refuerzo Pórtico 4, Modelo S1

Se adoptó el siguiente armado de vigas y columnas para posteriormente incorporárselas al modelo en el programa Etabs y realizar los chequeos de diseños de nodos y columna fuerte –viga débil.

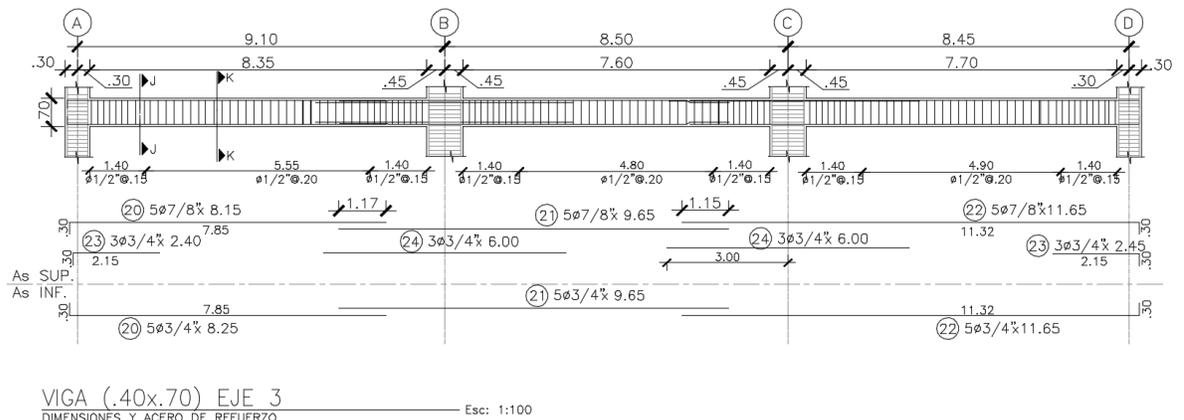
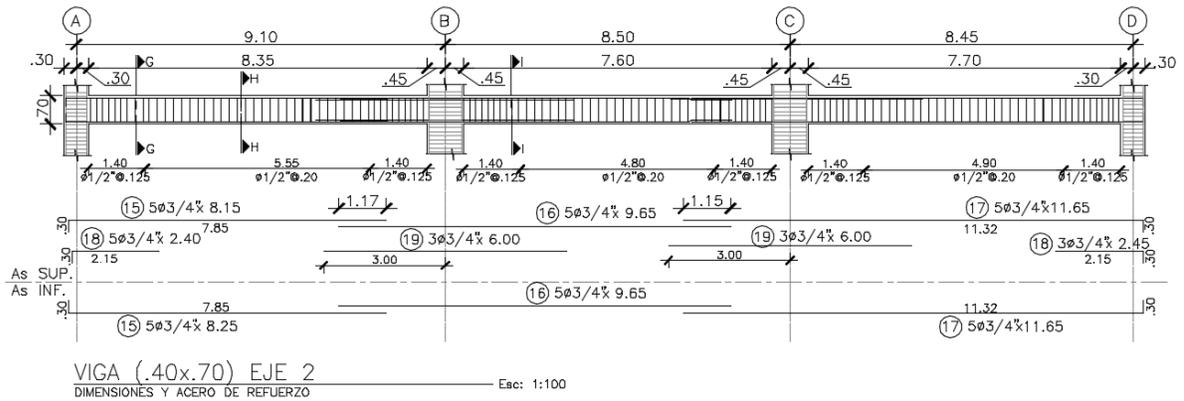
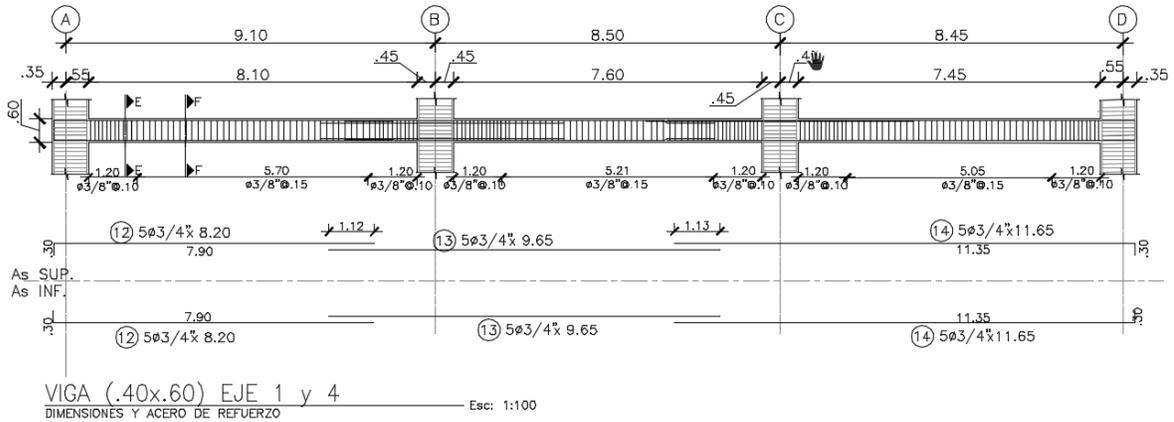
Vigas Niveles 1 y 2

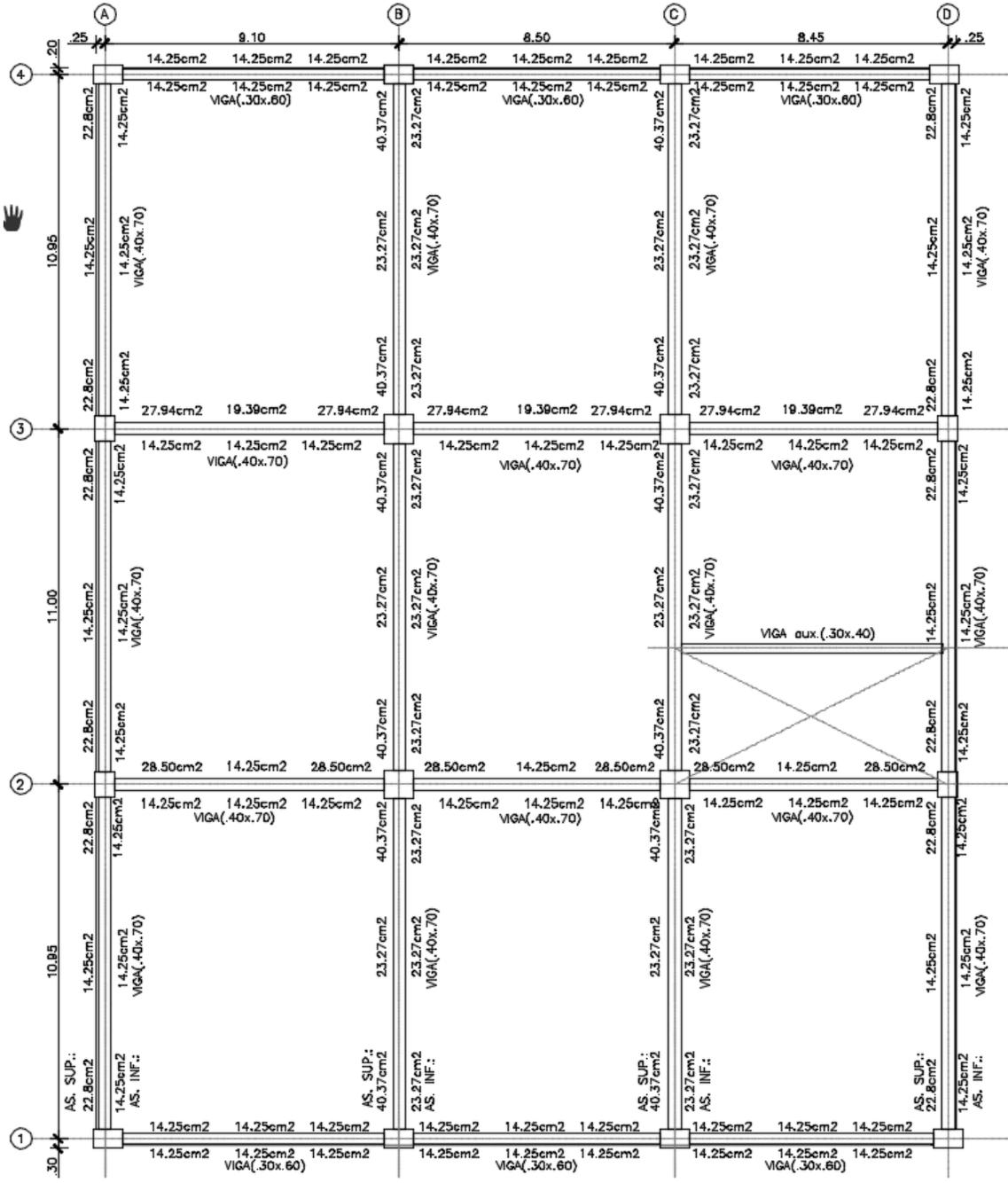


VIGA (40x.70) EJE B y C  
DIMENSIONES Y ACERO DE REFUERZO Esc: 1:100



VIGA (.30x.70) EJE A y D  
DIMENSIONES Y ACERO DE REFUERZO Esc: 1:100



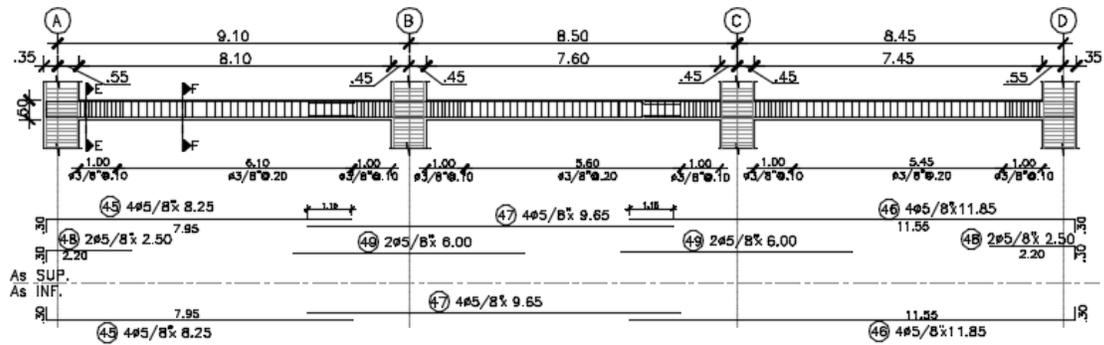


PLANTA ACERO COLOCADO

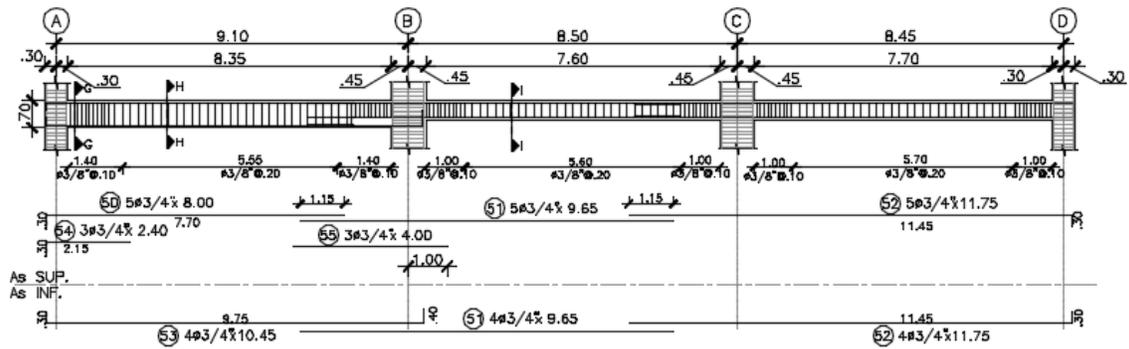
NIVEL 1 Y NIVEL 2

Escala 1:100

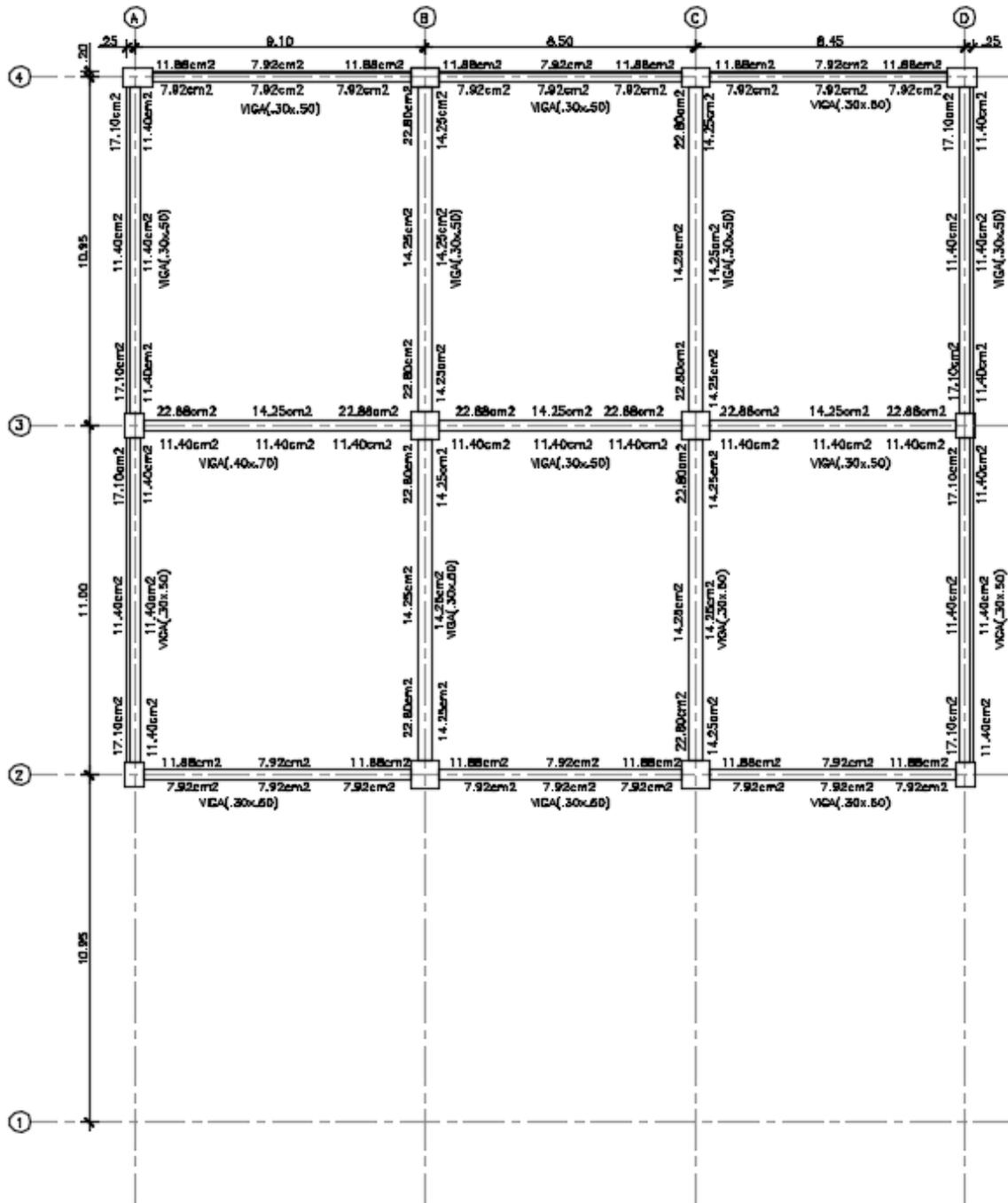




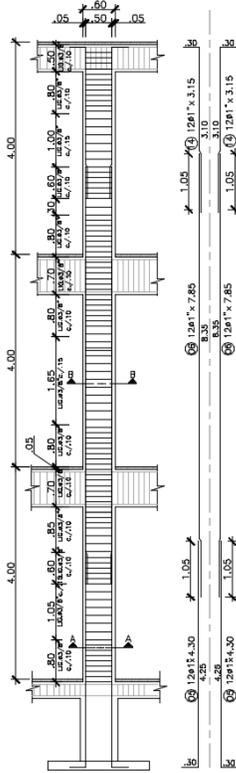
VIGA (.30x.50) EJE 2 y 4  
DIMENSIONES Y ACERO DE REFUERZO Esc: 1:100



VIGA (.30x.50) EJE 3  
DIMENSIONES Y ACERO DE REFUERZO Esc: 1:100

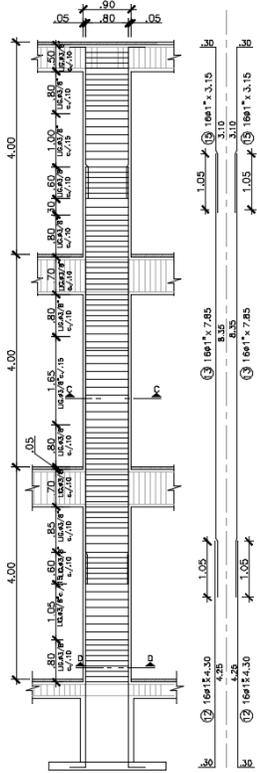


PLANTA DE ENVIGADO  
INCL. TUBOS Esc 1/100



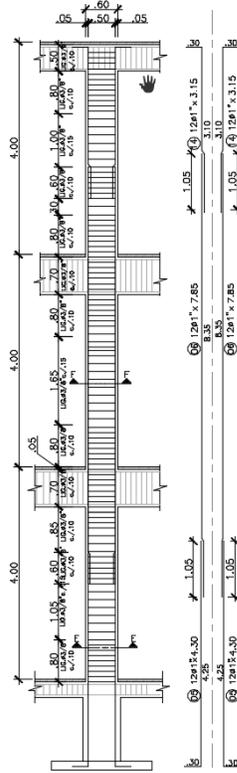
**COLUMNA C (60x.80)**  
ELEVACION DE COLUMNAS  
DIMENSIONES Y ACERO DE REFUERZO  
EJES A2, A3, D2 Y D3

Esc: 1:30



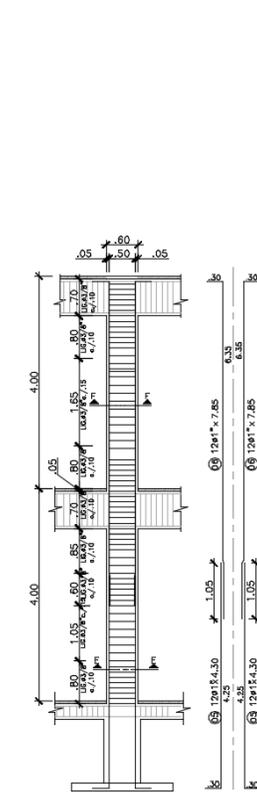
**COLUMNA C (90x.90)**  
ELEVACION DE COLUMNAS  
DIMENSIONES Y ACERO DE REFUERZO  
EJES B2, B3, C2 Y C3

Esc: 1:30



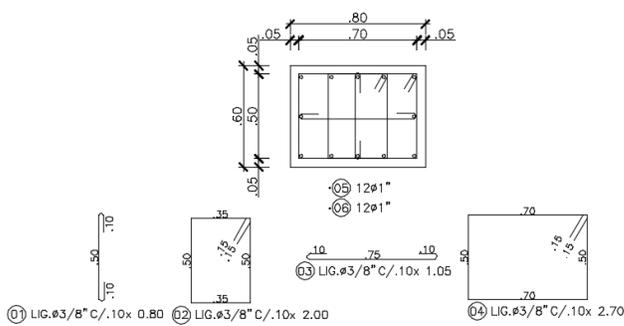
**COLUMNA C (60x.90)**  
ELEVACION DE COLUMNAS  
DIMENSIONES Y ACERO DE REFUERZO  
EJES 4

Esc: 1:50



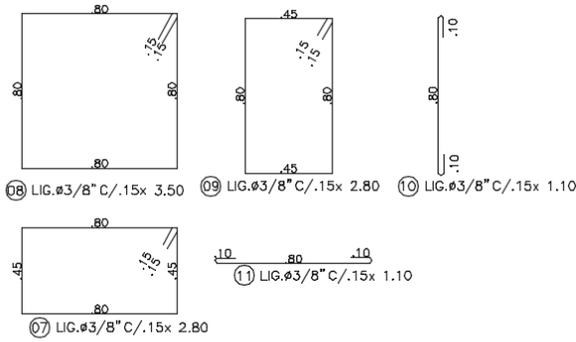
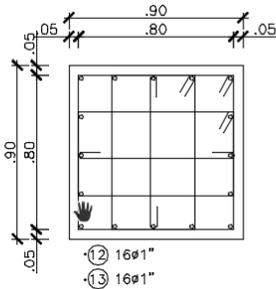
**COLUMNA C (60x.90)**  
ELEVACION DE COLUMNAS  
DIMENSIONES Y ACERO DE REFUERZO  
EJES 1

Esc: 1:50

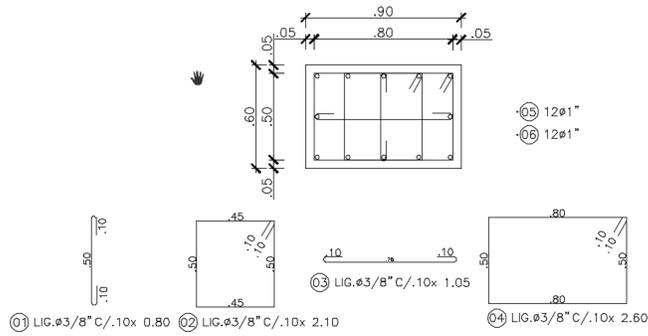


**SECCION A-A**  
COLUMNA C (60x.80)  
EJES A2, A3, D2 Y D3

Esc: 1:20



SECCION C-C Esc: 1:20  
 COLUMNA C(.90x.90)  
 EJES B2, B3, C2 Y C3



SECCION E-E Esc: 1:20  
 COLUMNA C(.60x.90)  
 EJES 1 Y 4

A continuación, se presenta el diseño de nodos por pórticos de la estructura arrojado por el programa Etabs.

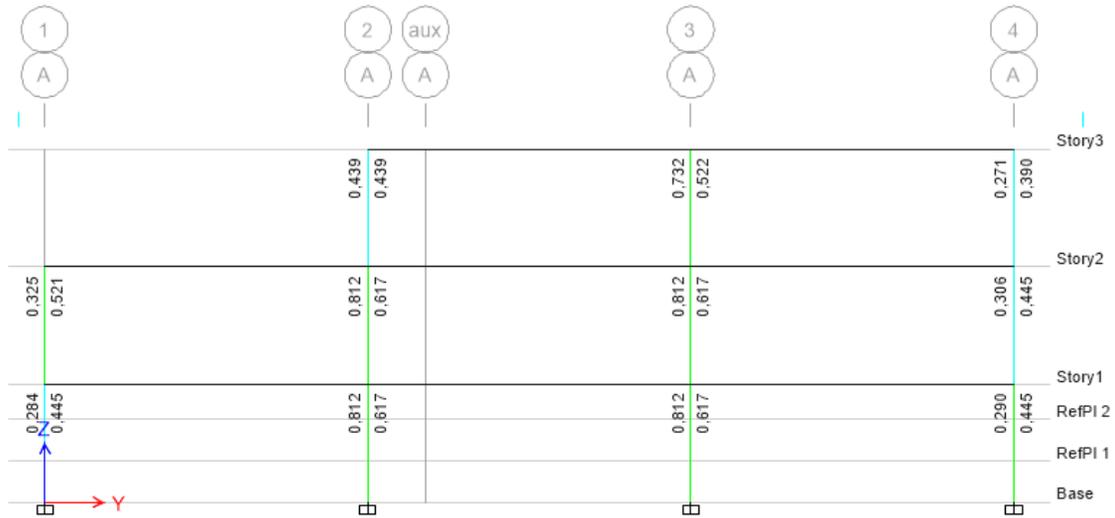


Figura N° 38 Diseño de Nodos Pórtico A, Modelo S1

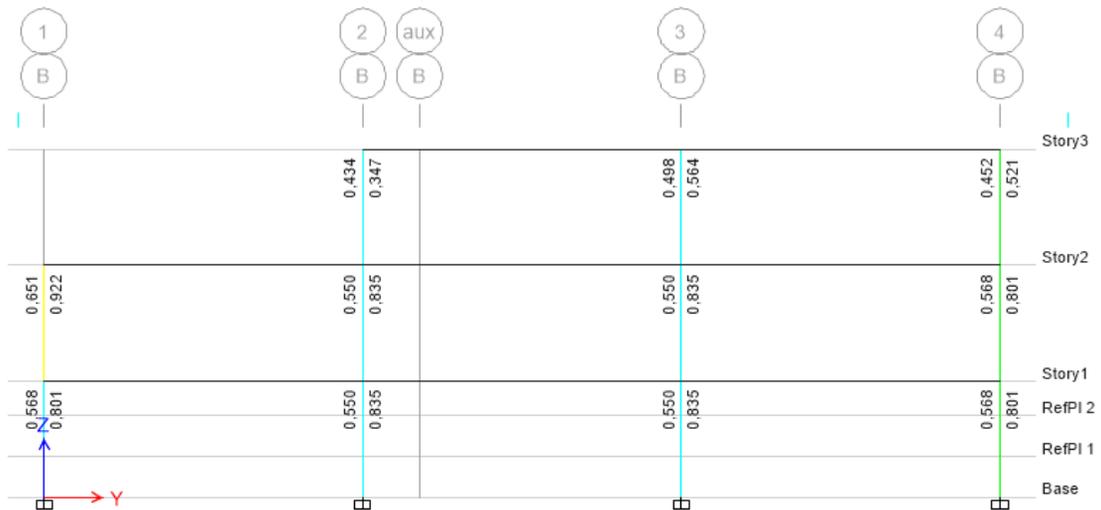


Figura N° 39 Diseño de Nodos Pórtico B, Modelo S1

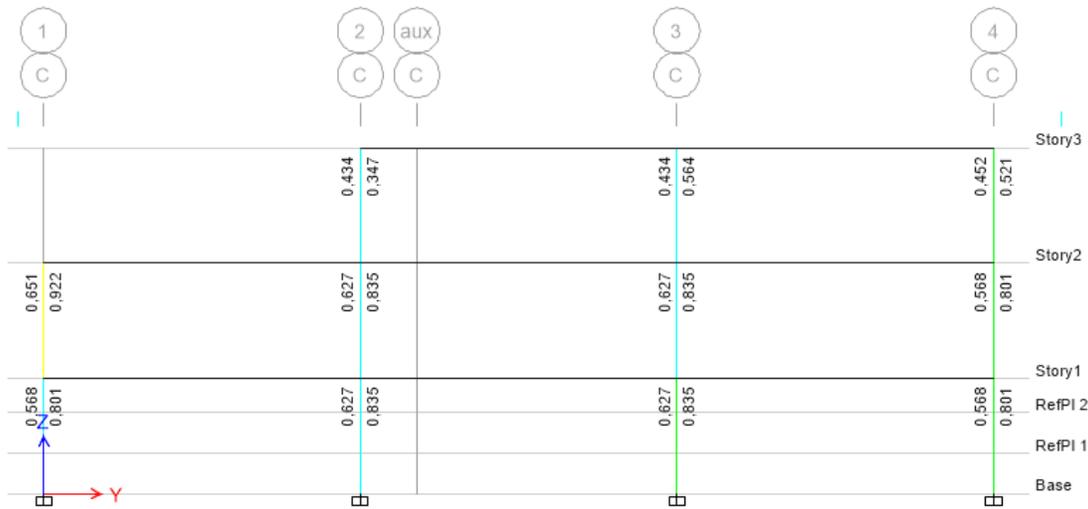


Figura N° 40 Diseño de Nodos Pórtico C, Modelo S1

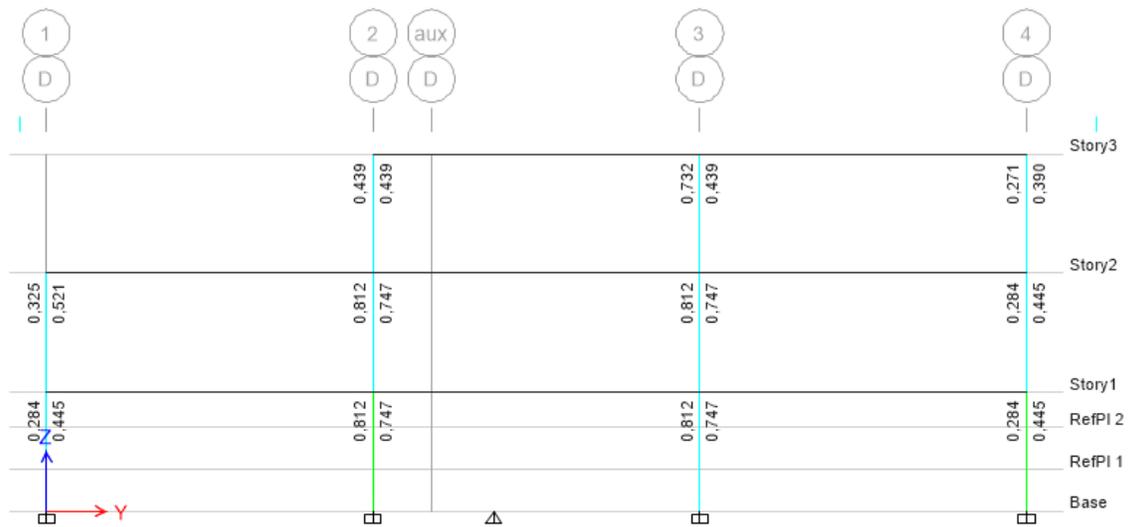


Figura N° 41 Diseño de Nodos Pórtico D, Modelo S1

A continuación, se presenta el chequeo de Columna Fuerte – Viga débil por pórticos de la estructura arrojado por el programa Etabs.

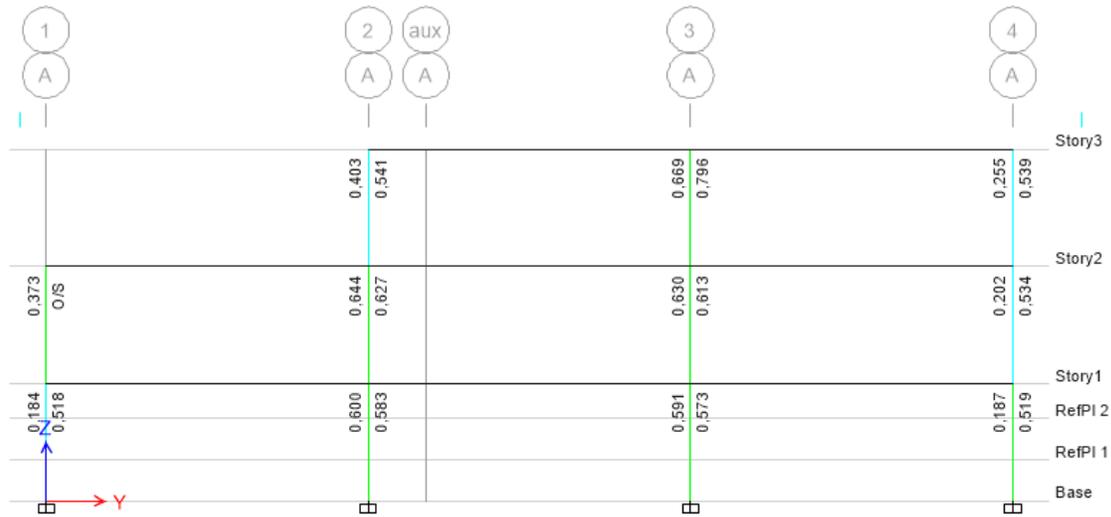


Figura N° 42 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico A, Modelo S1

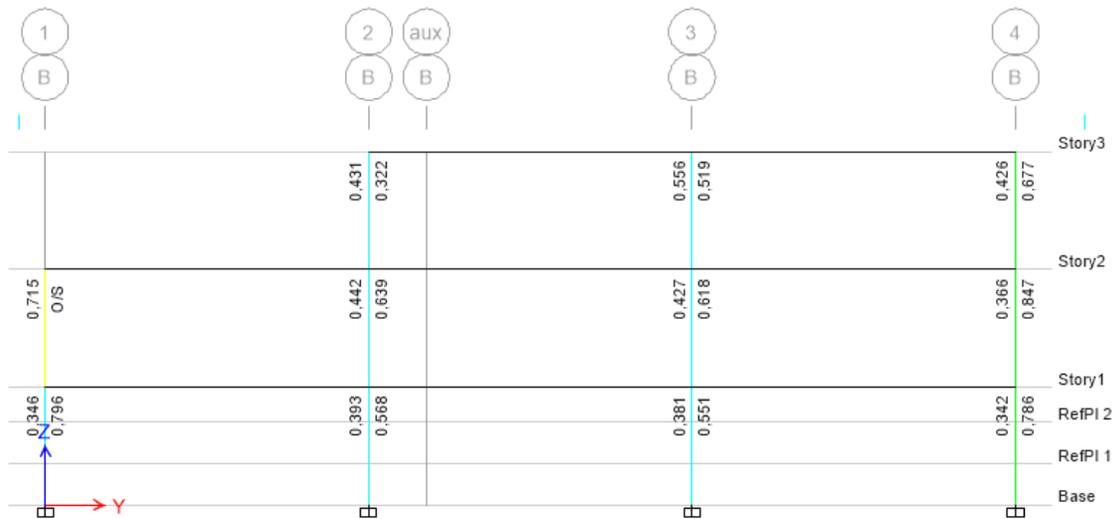


Figura N° 43 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico B, Modelo S1

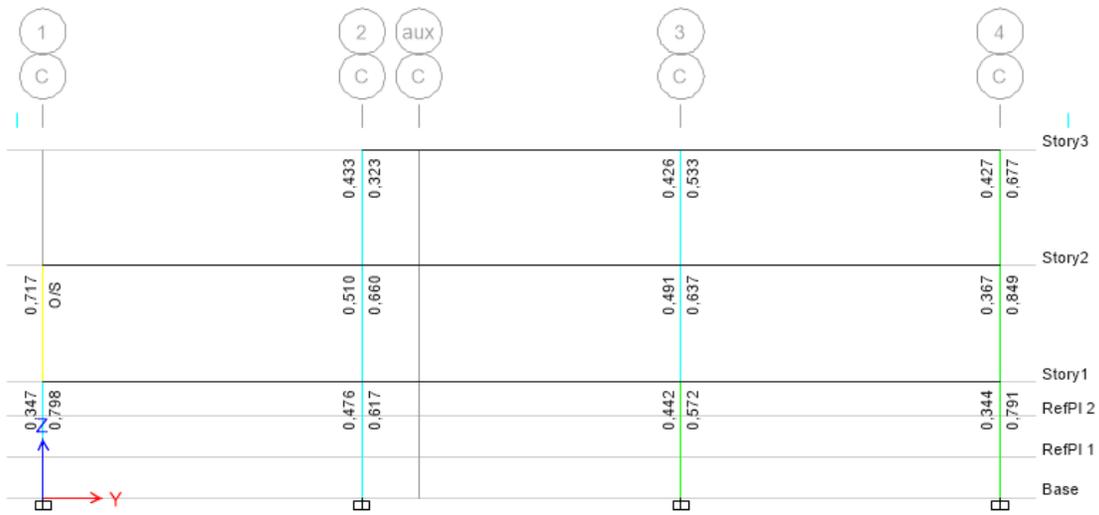


Figura N° 44 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico C, Modelo S1

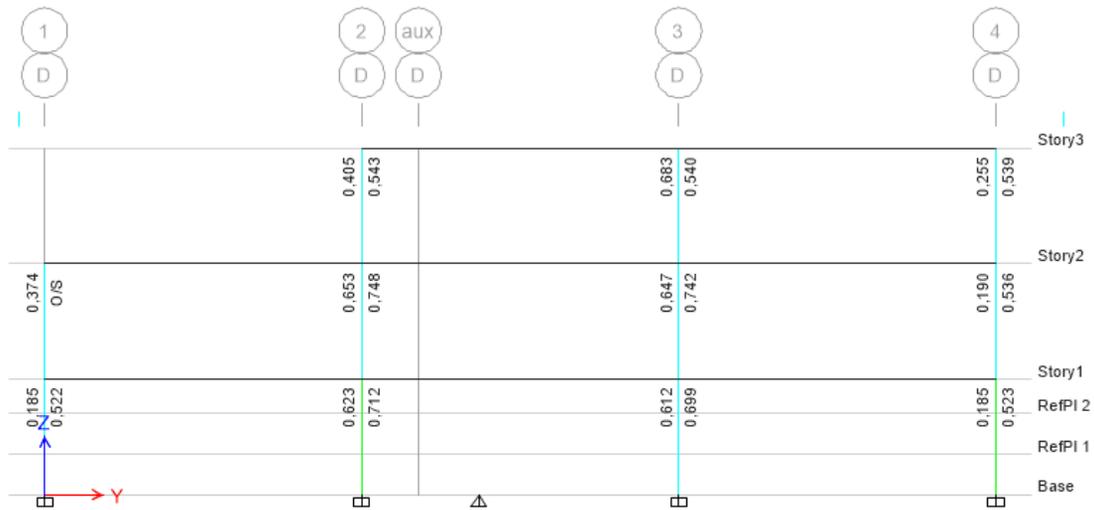


Figura N° 45 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico D, Modelo S1

Diseño Modelo S2(0.70)

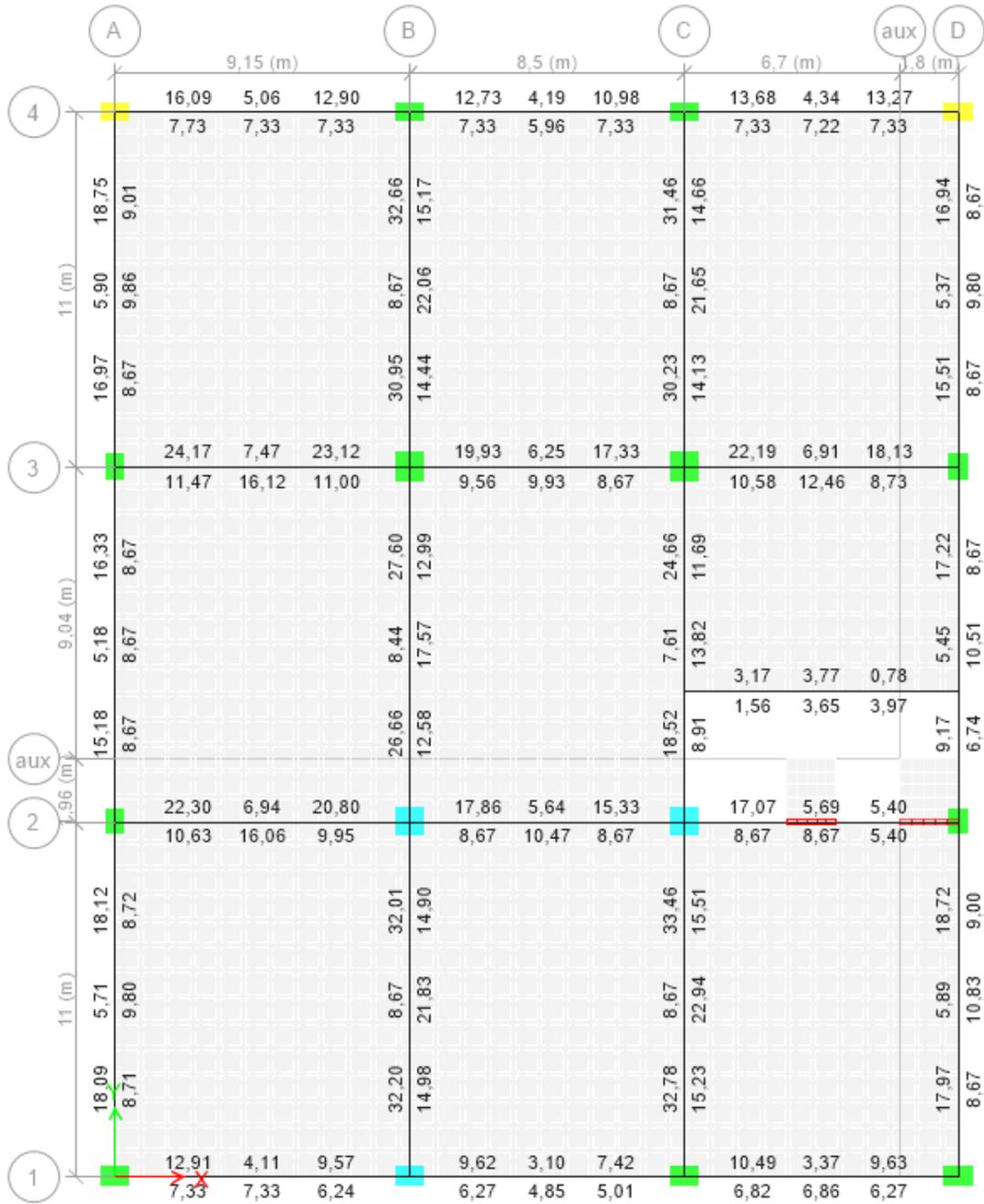


Figura N° 46 Acero de Refuerzo Piso nivel +4.00, Modelo S2(0.70)

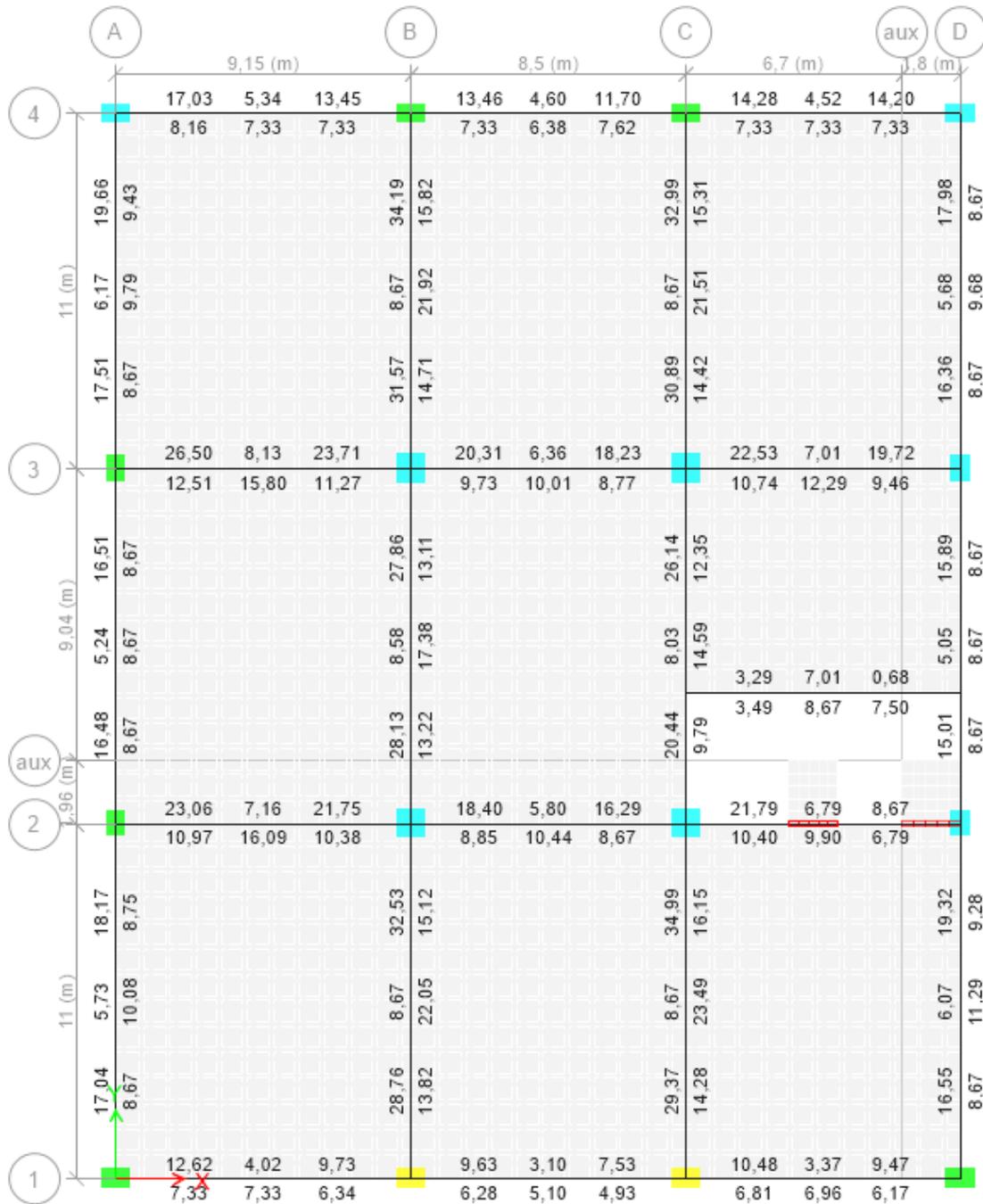


Figura N° 47 Acero de Refuerzo Piso nivel +8.00, Modelo S2(0.70)

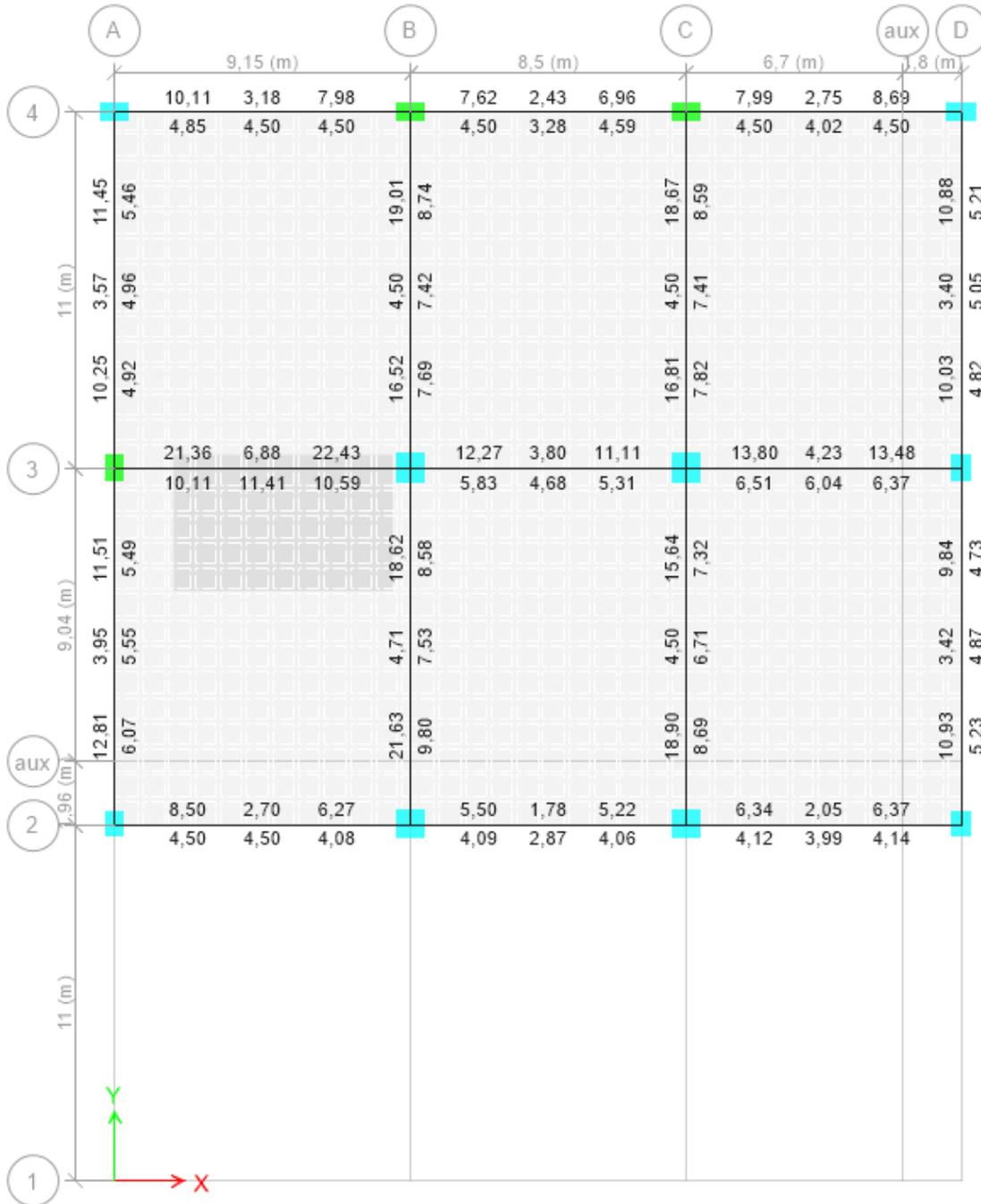


Figura N° 48 Acero de Refuerzo Piso nivel +12.00, Modelo S2(0.70)

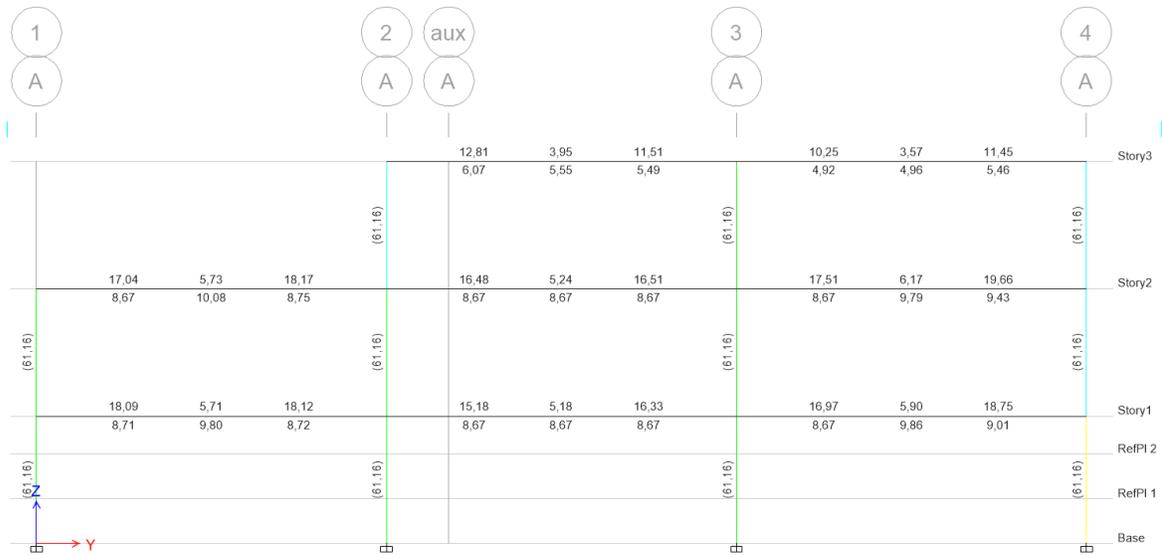


Figura N° 49 Acero de Refuerzo Pórtico A, Modelo S2(0.70)

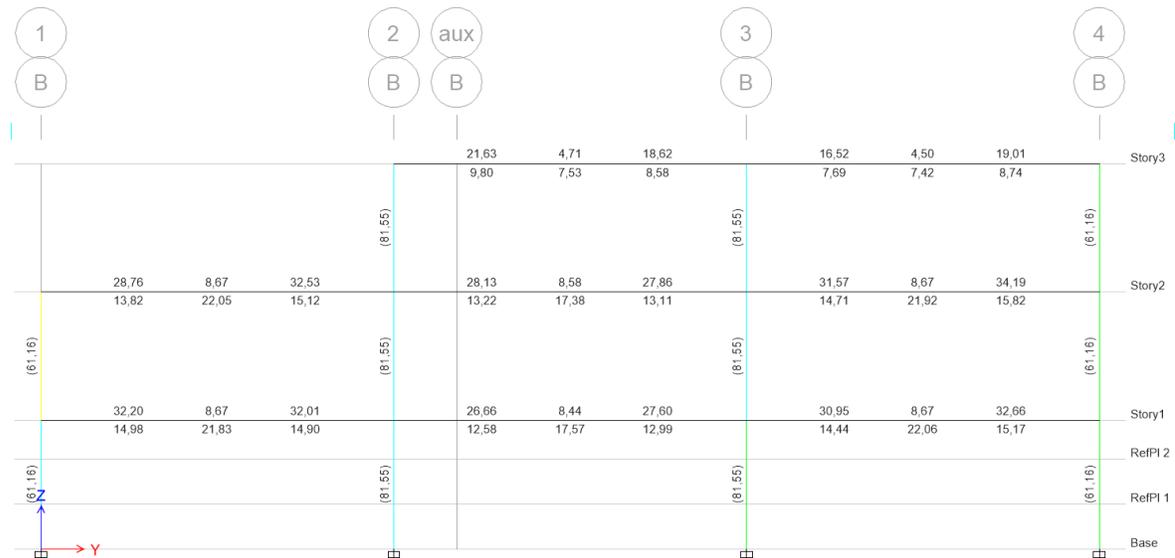


Figura N° 50 Acero de Refuerzo Pórtico B, Modelo S2(0.70)

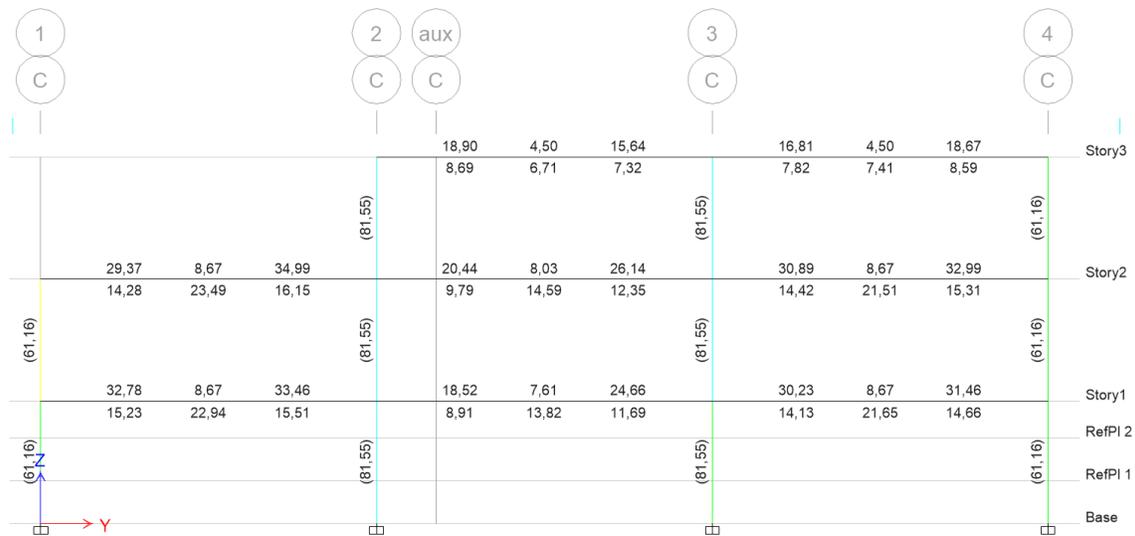


Figura N° 51 Acero de Refuerzo Pórtico C, Modelo S2 (0.70)

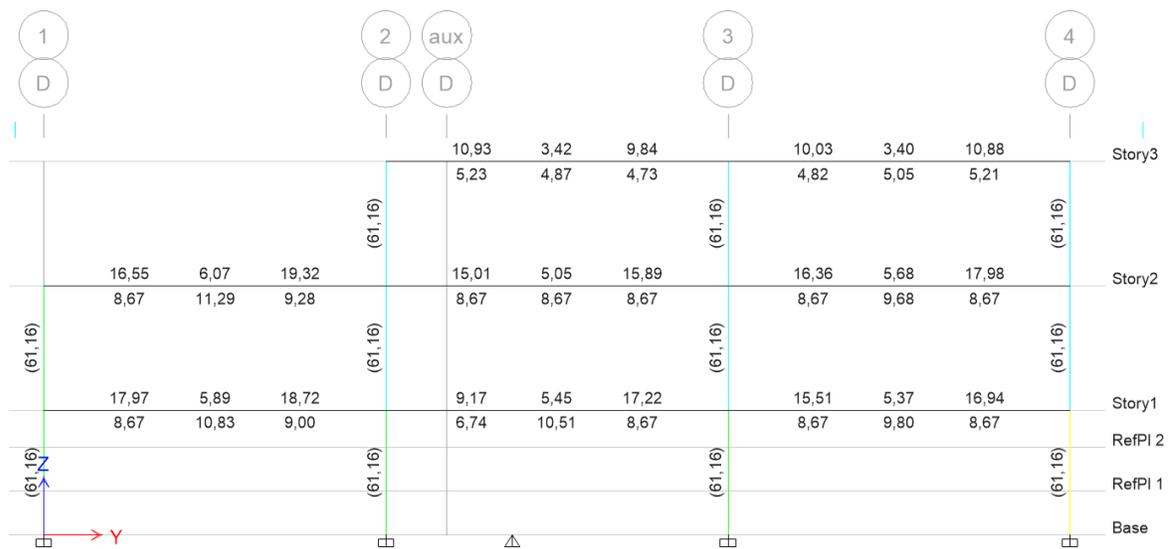


Figura N° 52 Acero de Refuerzo Pórtico D, Modelo S2(0.70)



Figura N° 53 Acero de Refuerzo Pórtico 1, Modulo S2(0.70)

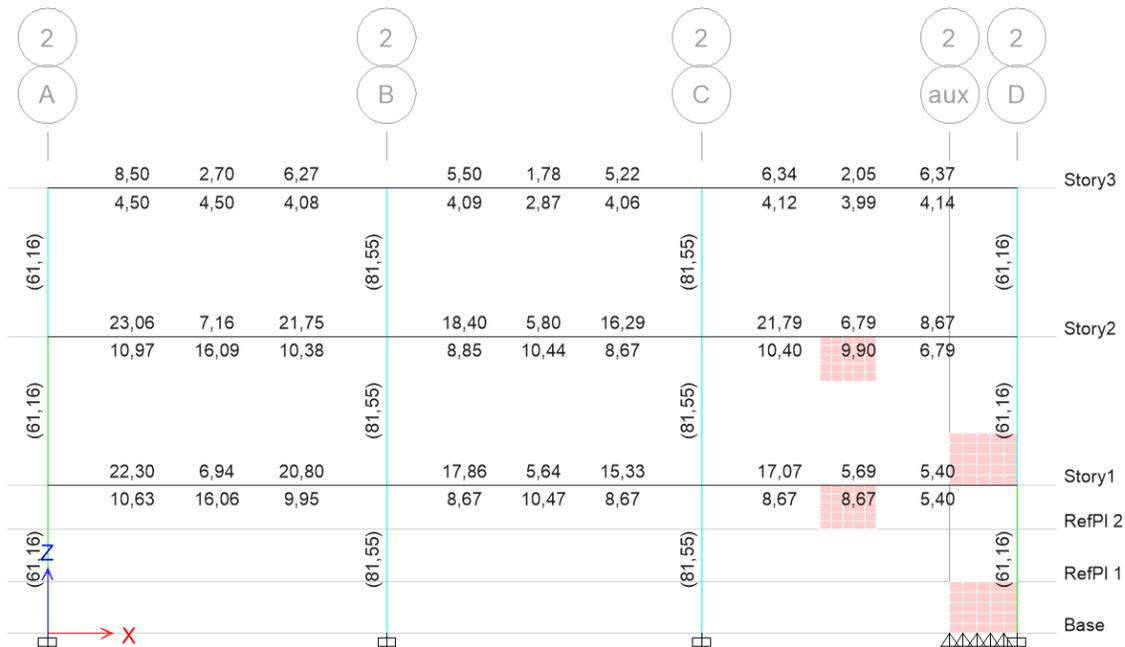


Figura N° 54 Acero de Refuerzo Pórtico 2, Modulo S2(0.70)

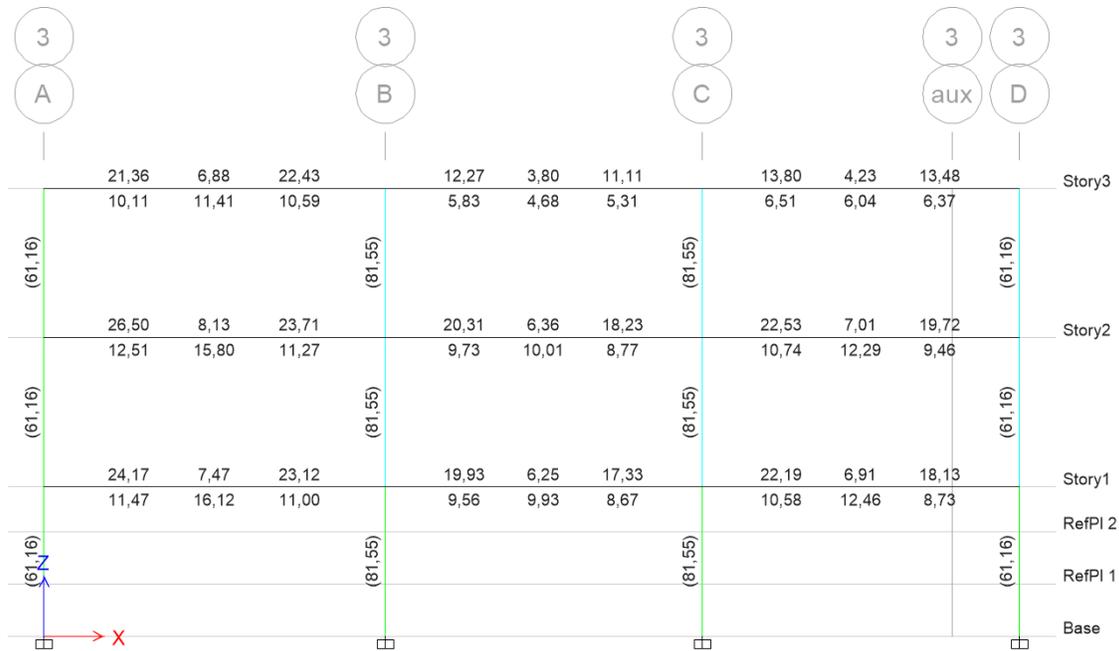


Figura N° 55 Acero de Refuerzo Pórtico 3, Módulo S2(0.70)

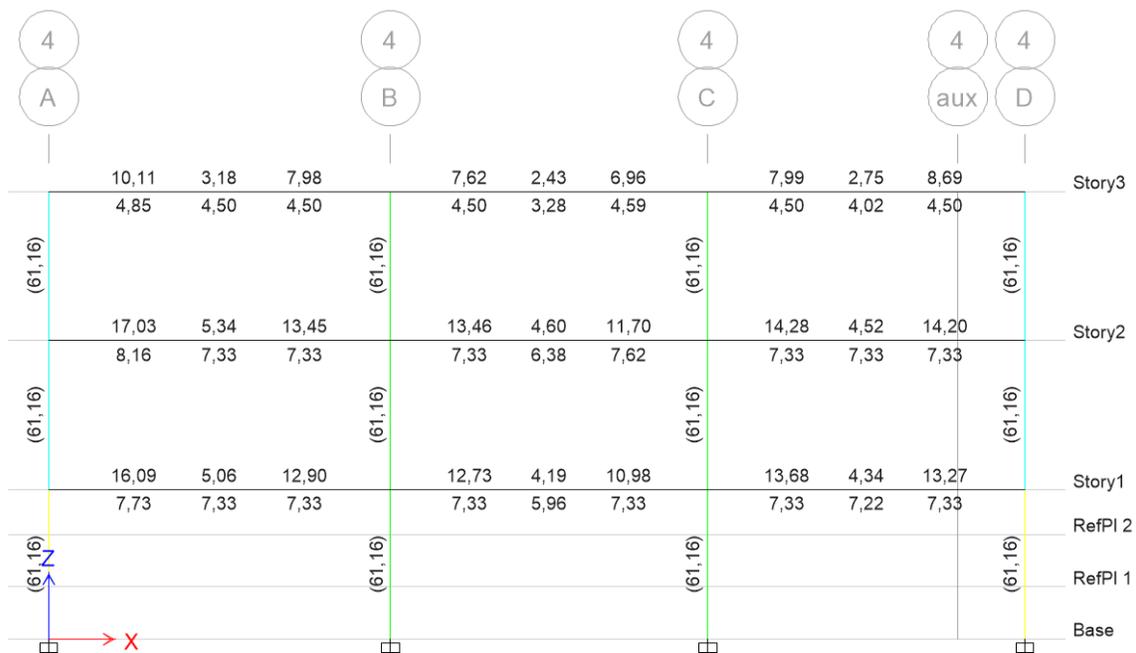


Figura N° 56 Acero de Refuerzo Pórtico 4, Módulo S2(0.70)

A continuación, se presenta el chequeo de Columna Fuerte – Viga débil por pórticos de la estructura arrojado por el programa Etabs mediante el armado colocado en el modelo con forma espectral S1

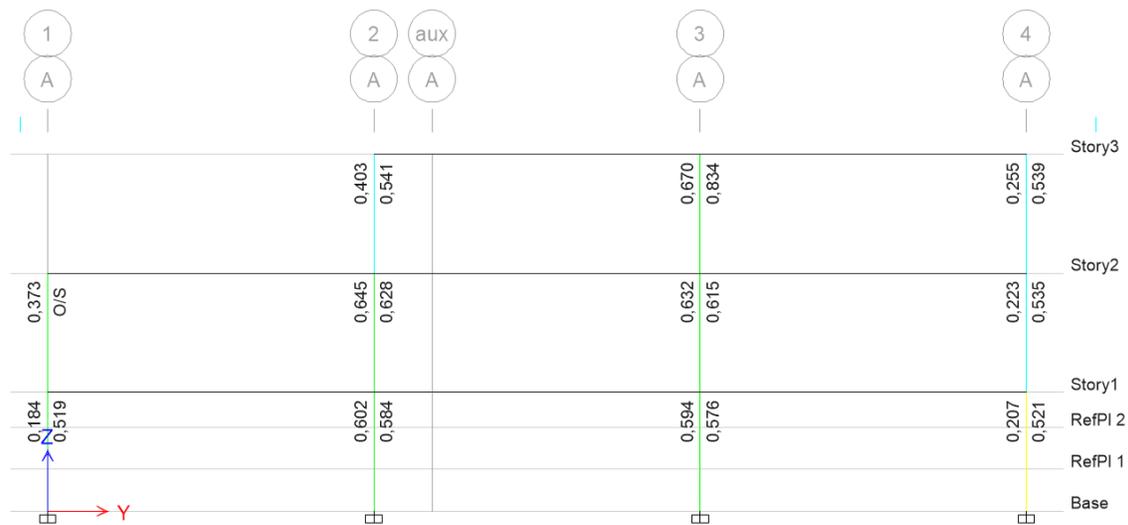


Figura N° 57 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico A, Modulo S2(0.70)

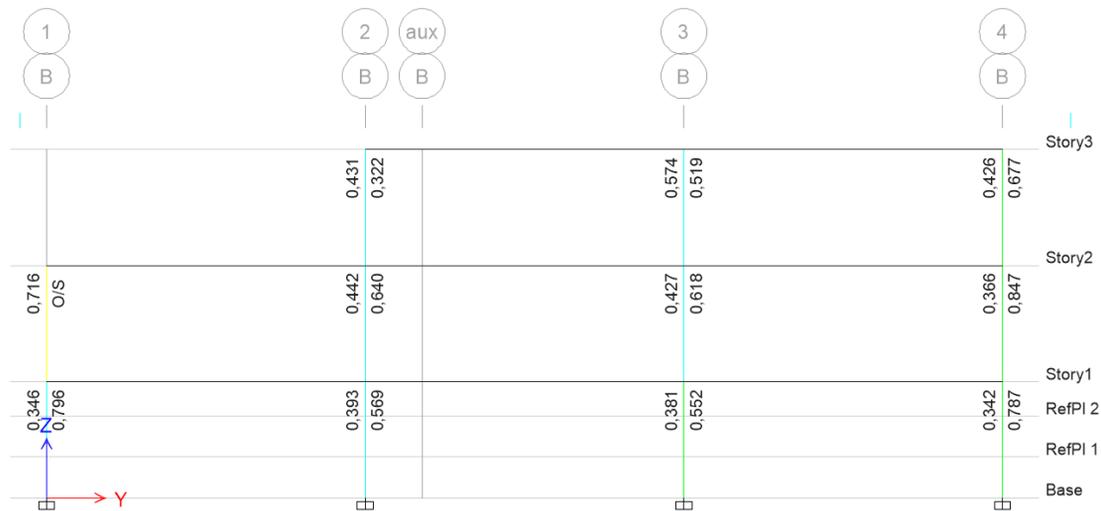


Figura N° 58 Columna Fuerte - Viga Débil Pórtico B, Modulo S2(0.70)

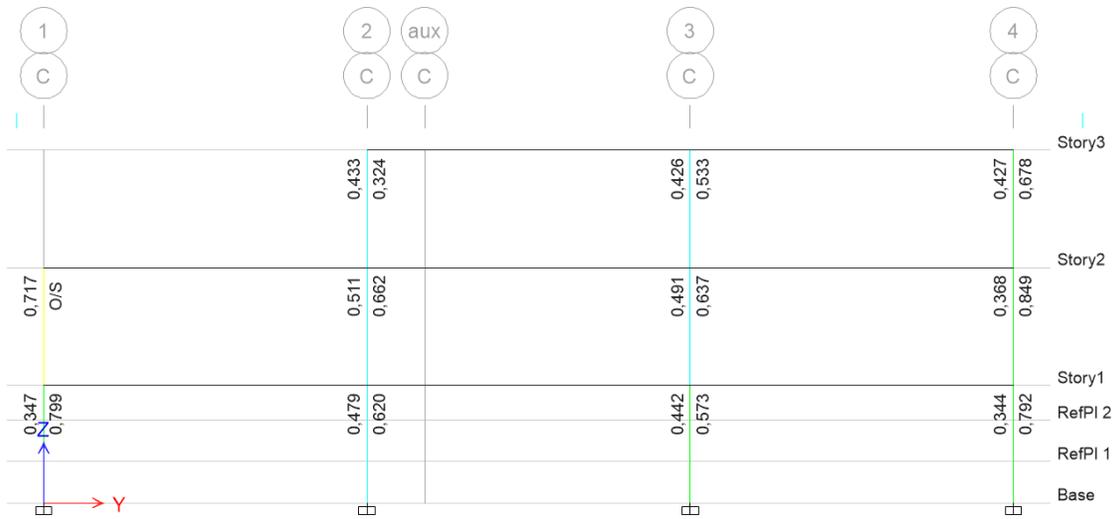


Figura N° 59 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico C, Modulo S2(0.70)

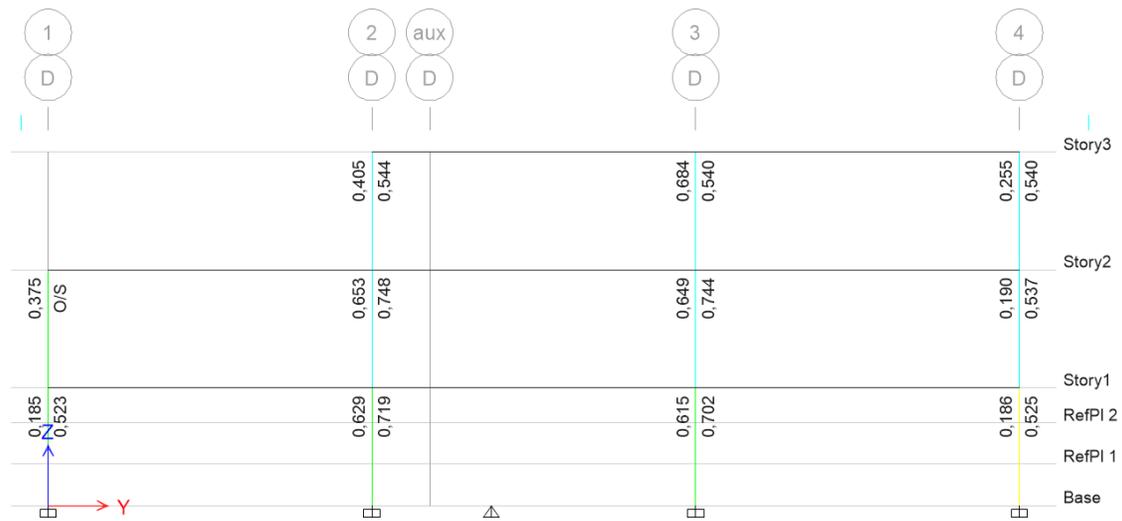


Figura N° 60 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico D, Modulo S2(0.70)

A continuación, se presenta el diseño de nodos por pórticos de la estructura arrojado por el programa Etabs.

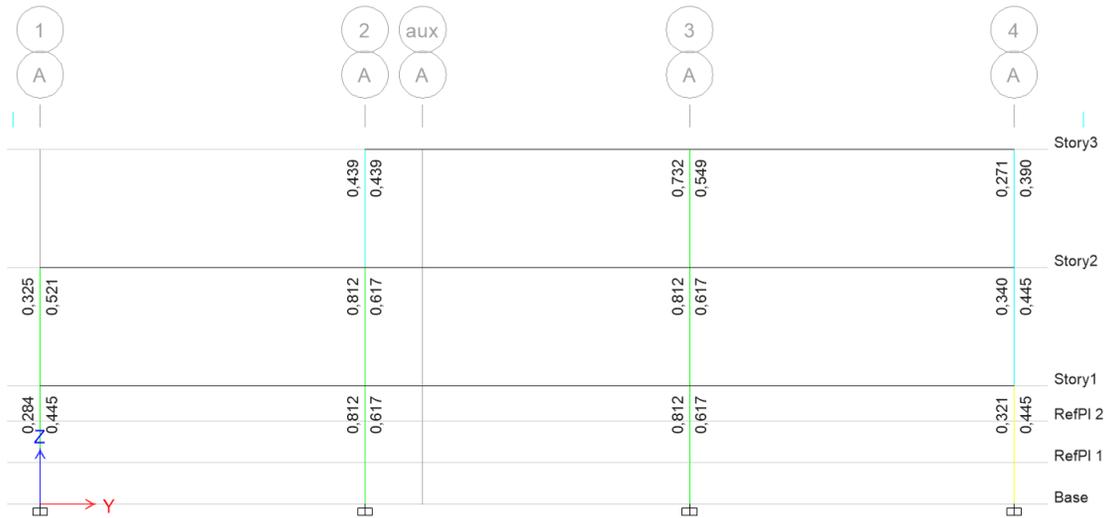


Figura N° 61 Diseño de Nodos Pórtico A, Modulo S2(0.70)

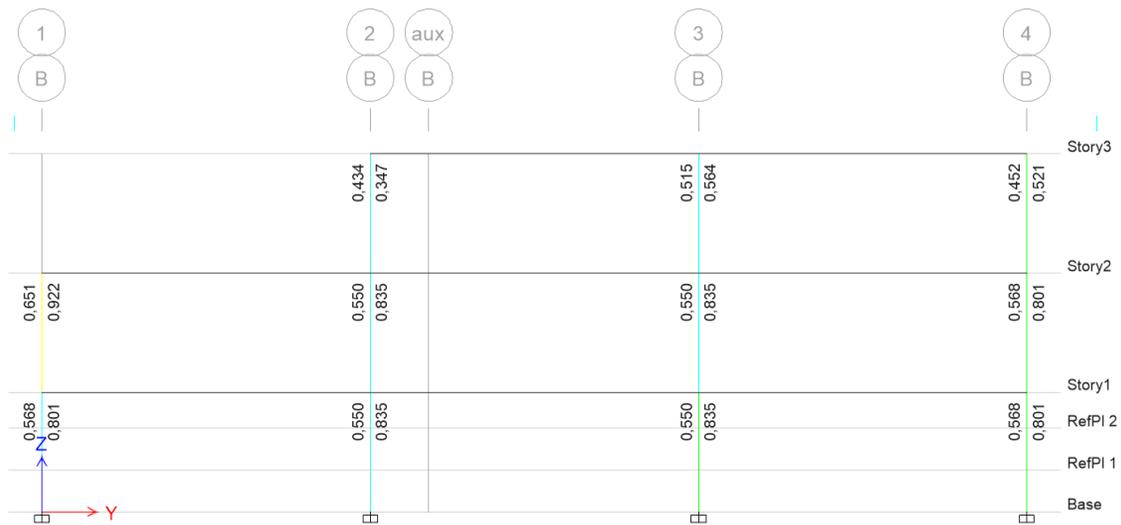


Figura N° 62 Diseño de Nodos Pórtico B, Modulo S2(0.70)



Figura N° 63 Diseño de Nodos Pórtico C, Modulo S2(0.70)

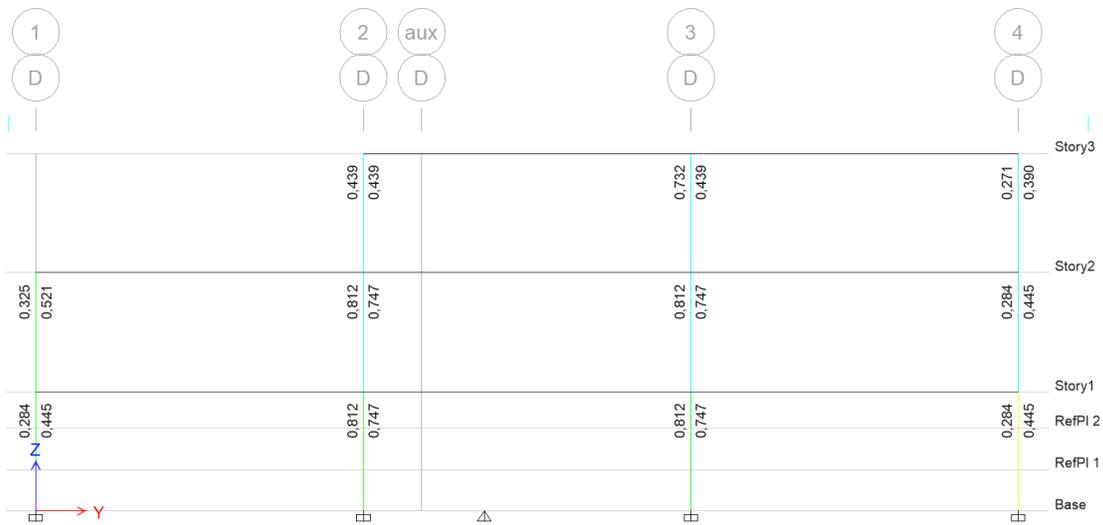


Figura N° 64 Diseño de Nodos Pórtico D, Modulo S2(0.70)

**Diseño Modelo S2**

A continuación, se presenta el diseño de la estructura arrojado por el programa Etabs en los niveles.

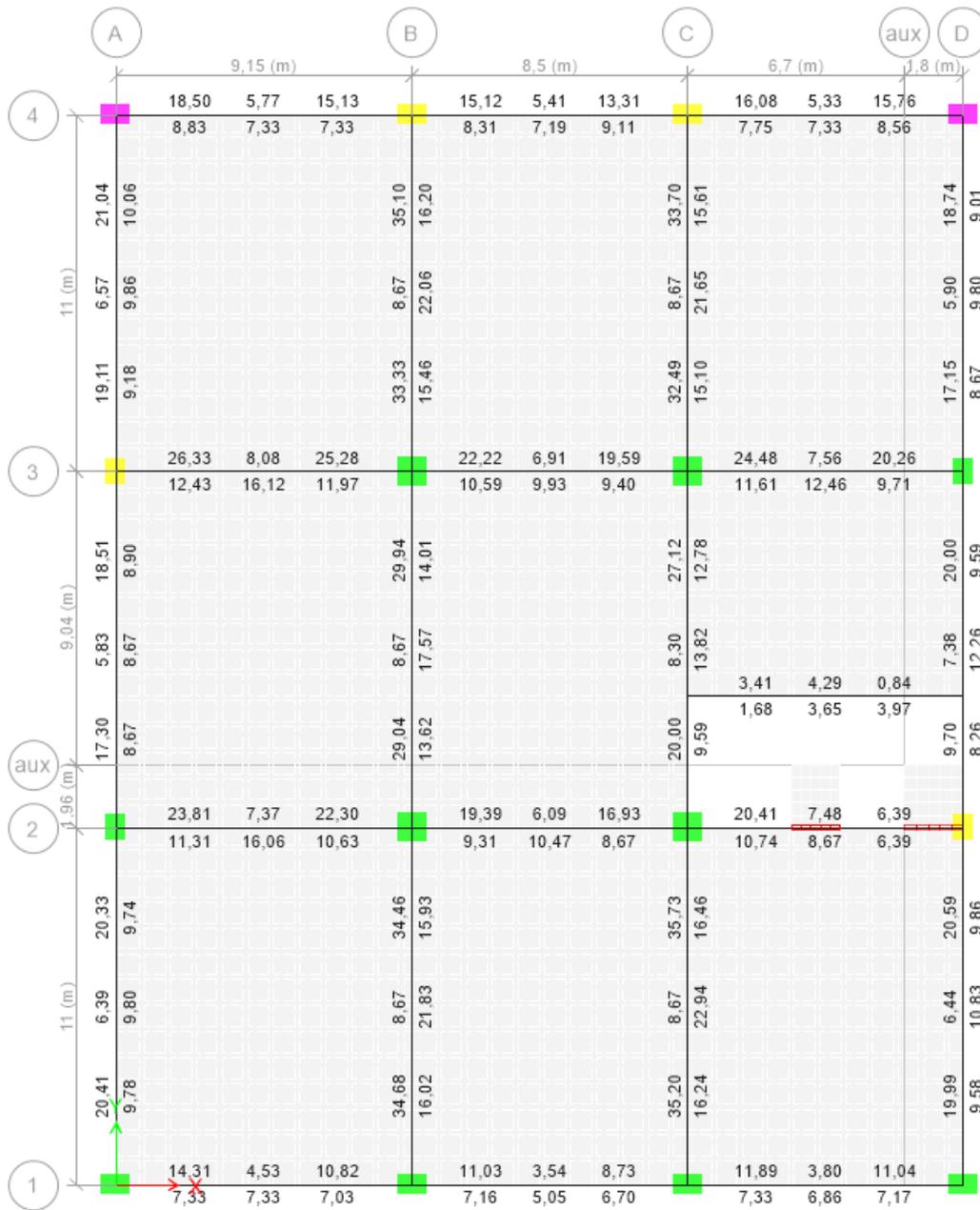


Figura N° 65 Acero de Refuerzo Nivel +4.00, Modelo S2

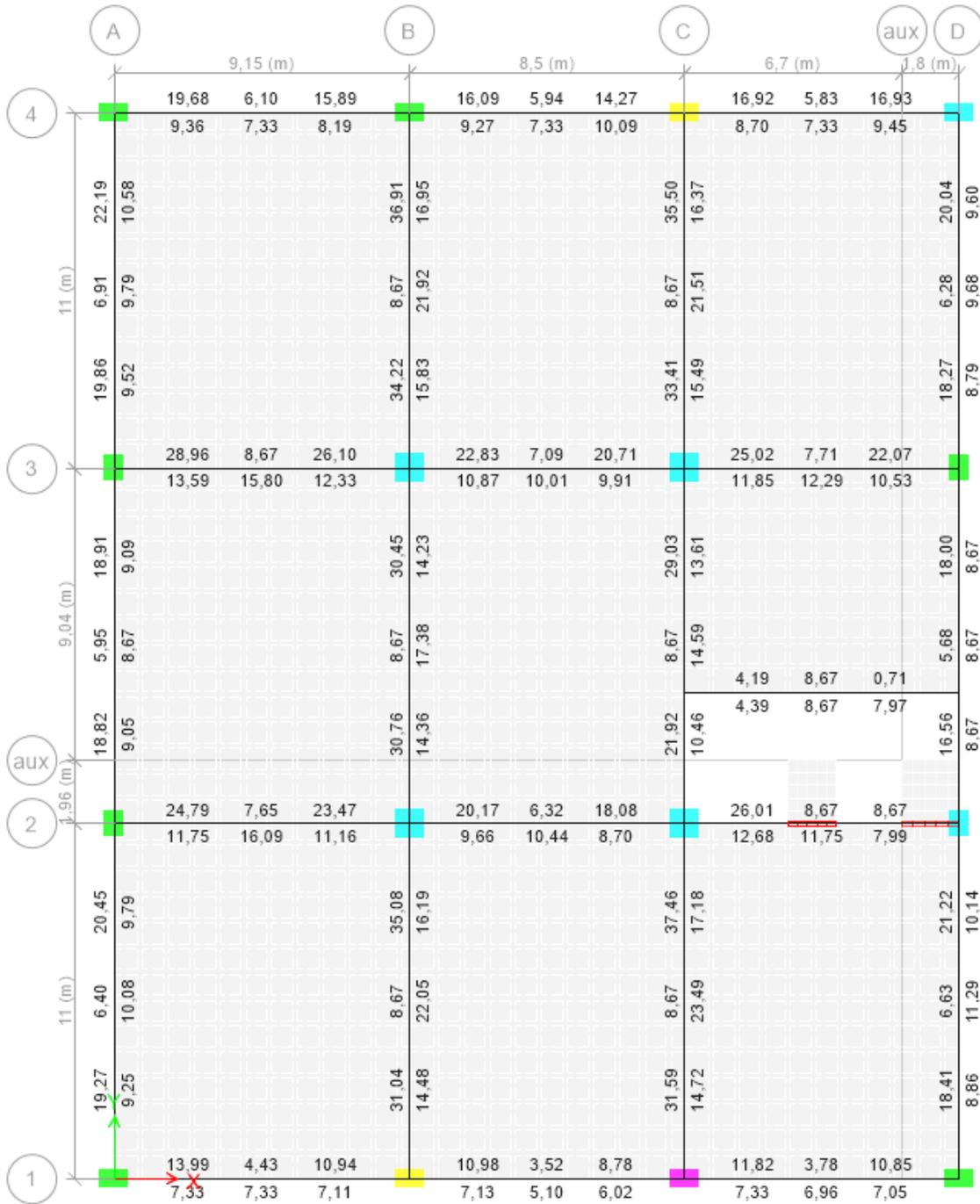


Figura N° 66 Acero de Refuerzo Nivel +8.00, Modelo S2

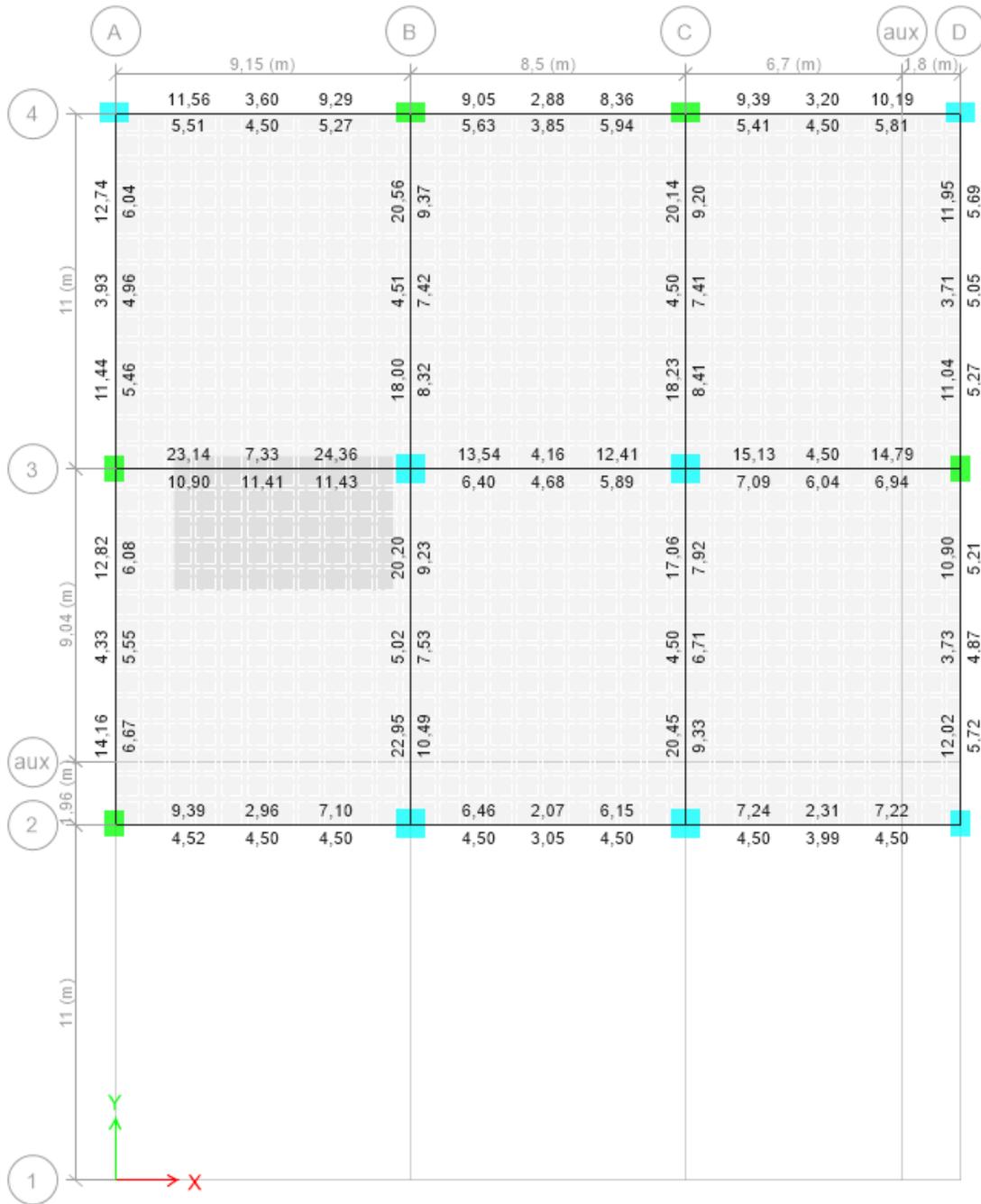


Figura N° 67 Acero de Refuerzo Nivel +12.00, Modelo S2

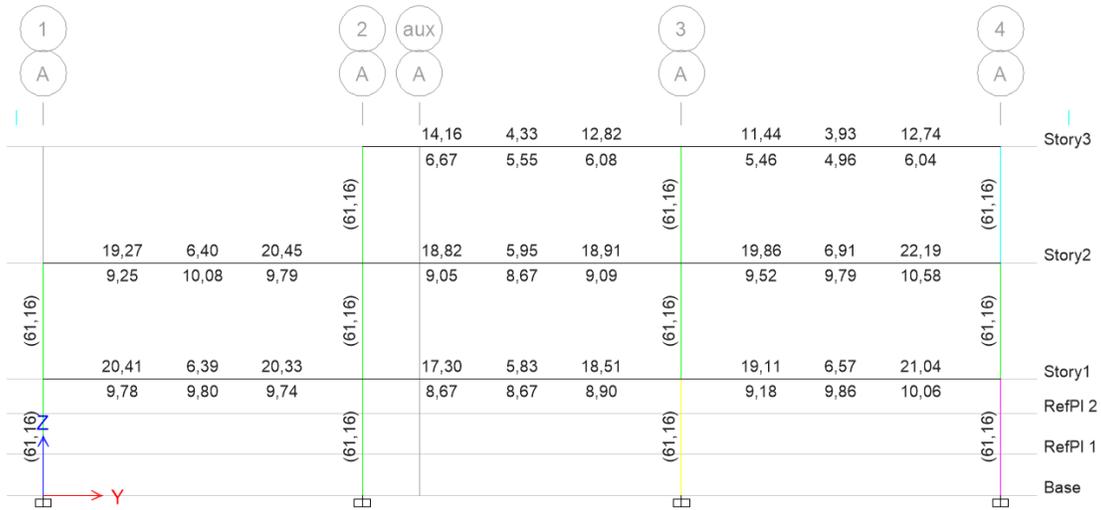


Figura N° 68 Acero de Refuerzo Pórtico A, Modelo S2

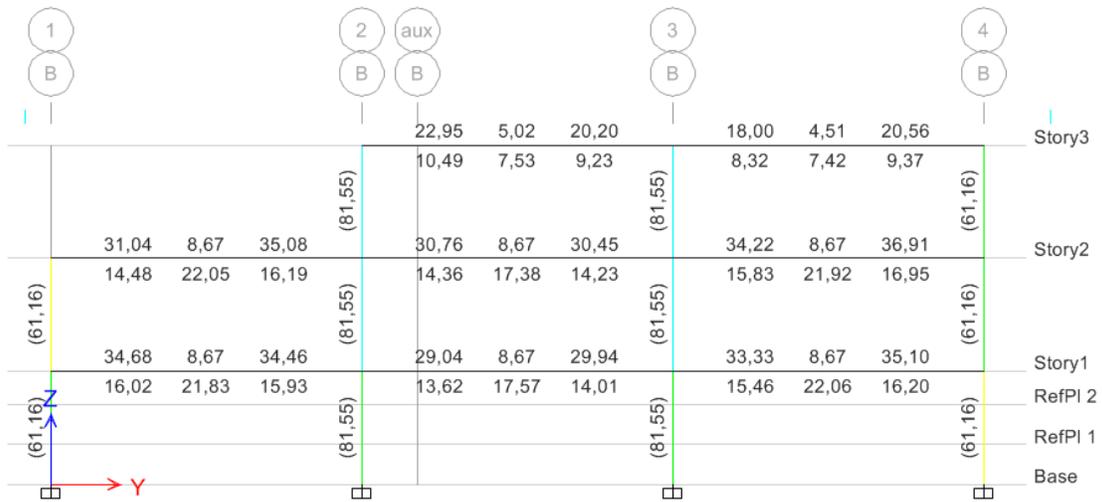


Figura N° 69 Acero de Refuerzo Pórtico B, Modelo S2

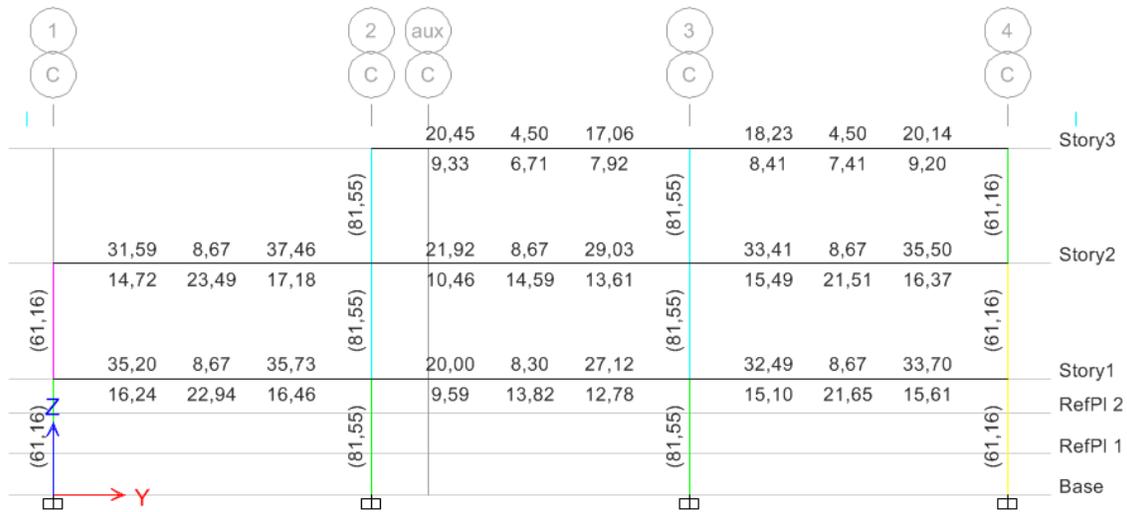


Figura N° 70 Acero de Refuerzo Pórtico C, Modelo S2

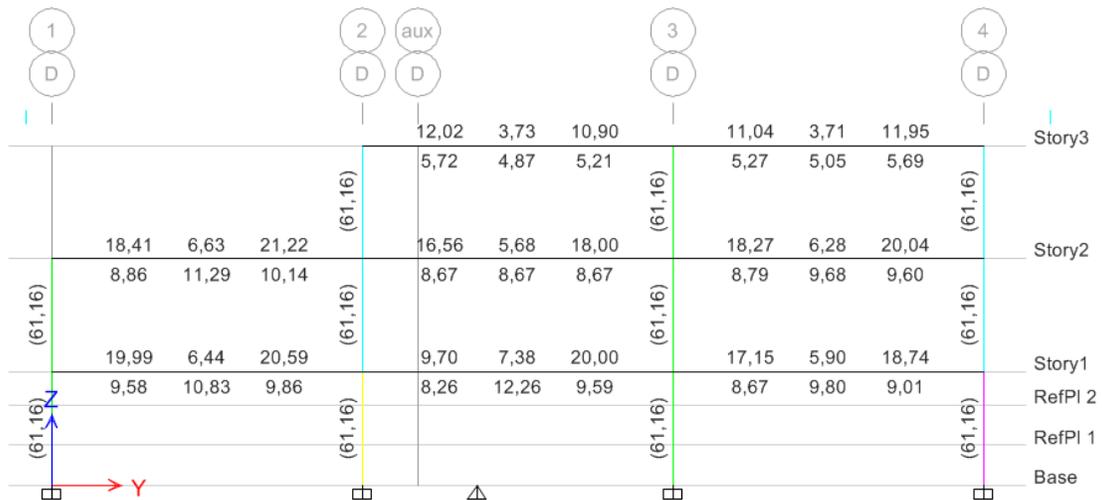


Figura N° 71 Acero de Refuerzo Pórtico D, Modelo S2

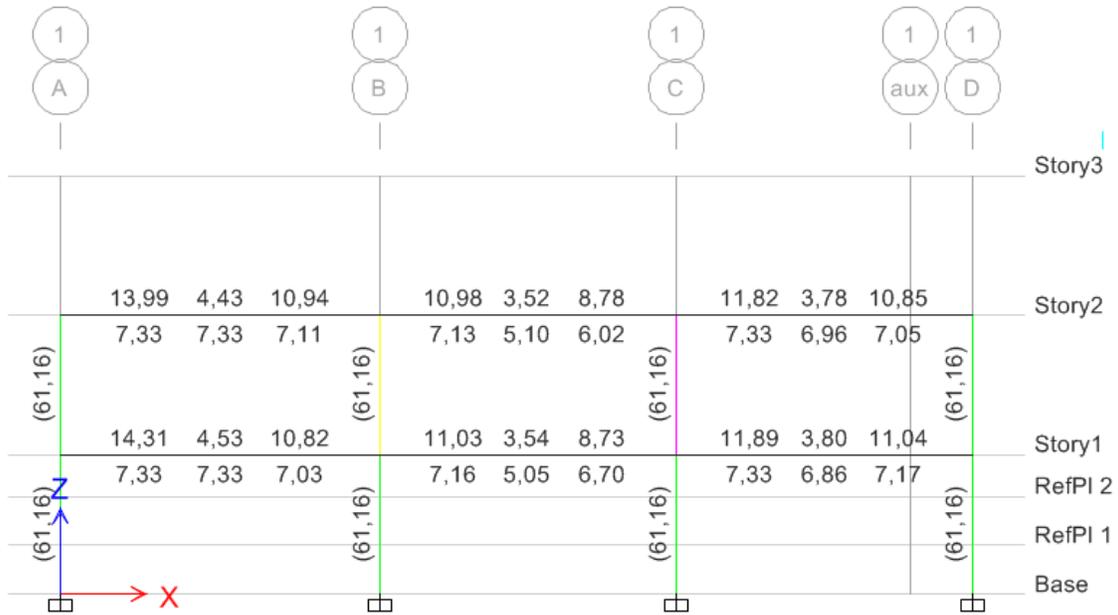


Figura N° 72 Acero de Refuerzo Pórtico 1, Modelo S2



Figura N° 73 Acero de Refuerzo Pórtico 2, Modelo S2

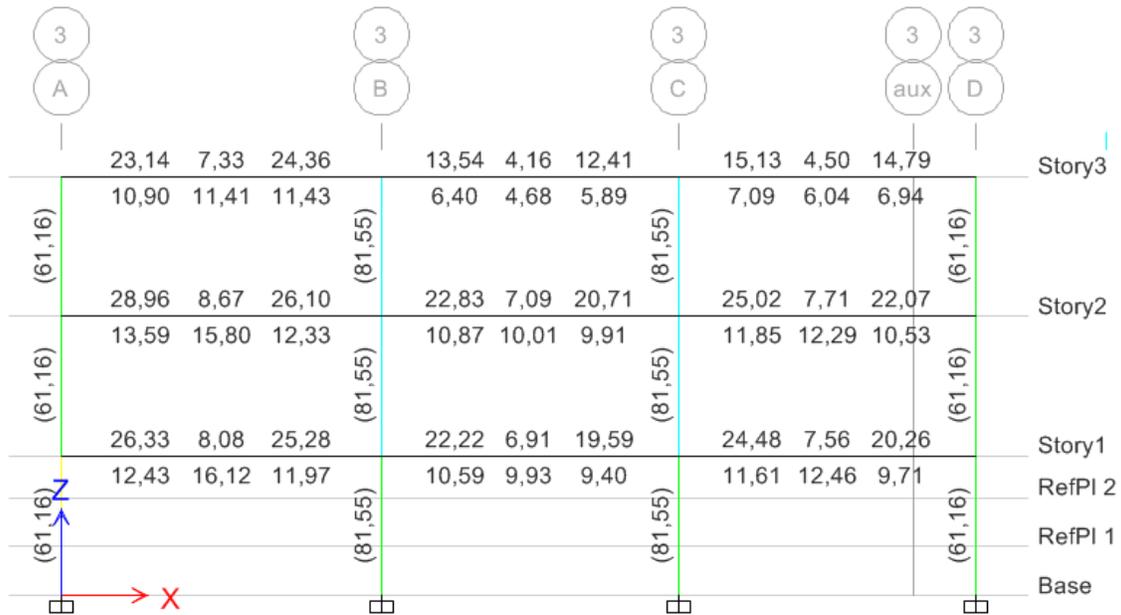


Figura N° 74 Acero de Refuerzo Pórtico 3, Modelo S2

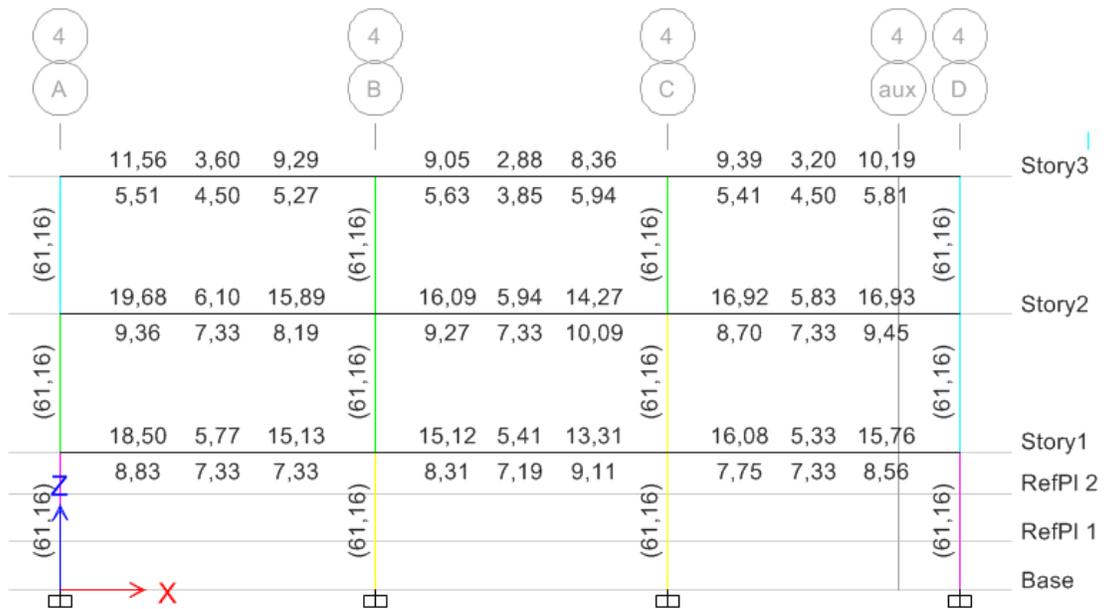


Figura N° 75 Acero de Refuerzo Pórtico 4, Modelo S2

A continuación, se presenta el chequeo de Columna Fuerte – Viga débil por pórticos de la estructura arrojado por el programa Etabs mediante el armado colocado en el modelo con forma espectral S1.

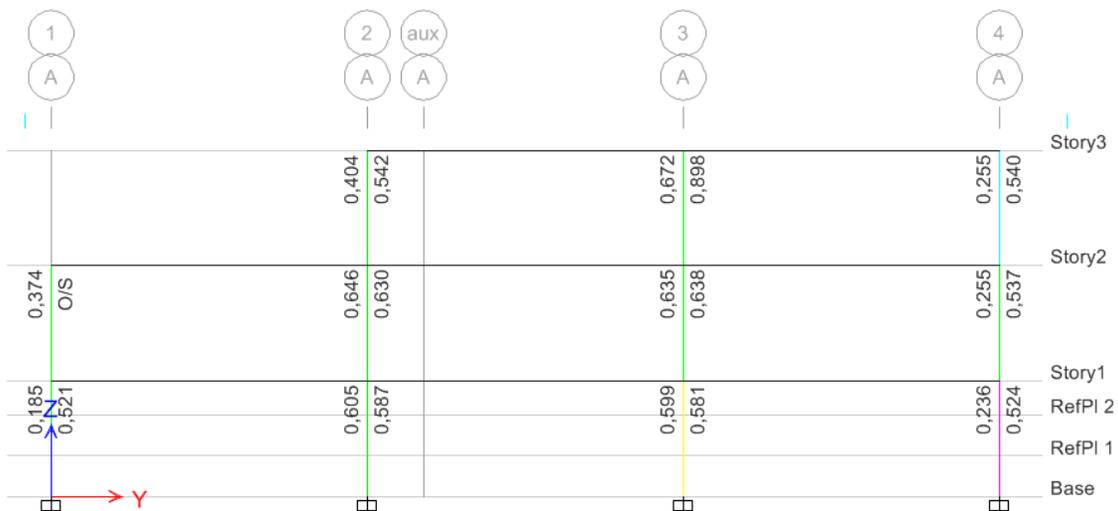


Figura N° 76 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico A, Modelo S2

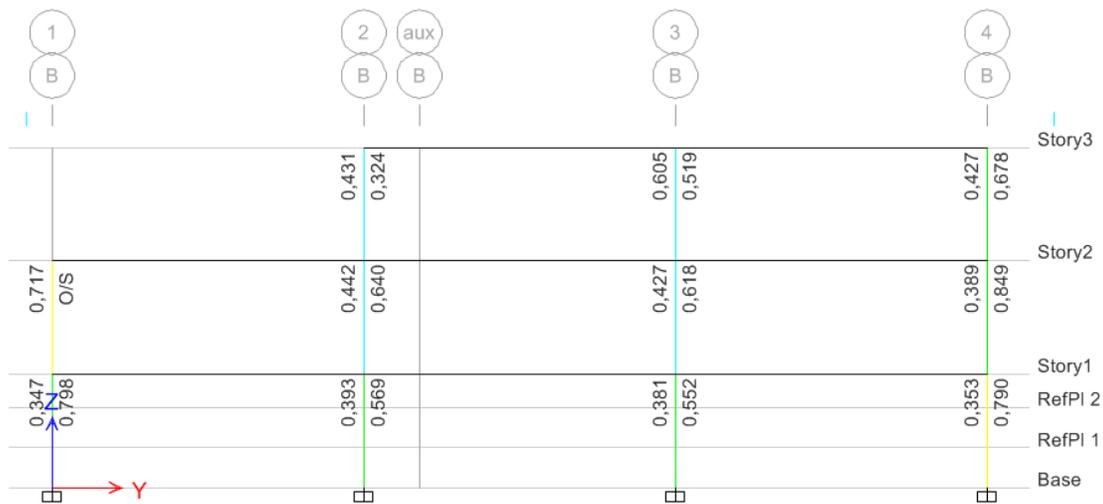


Figura N° 77 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico B, Modelo S2

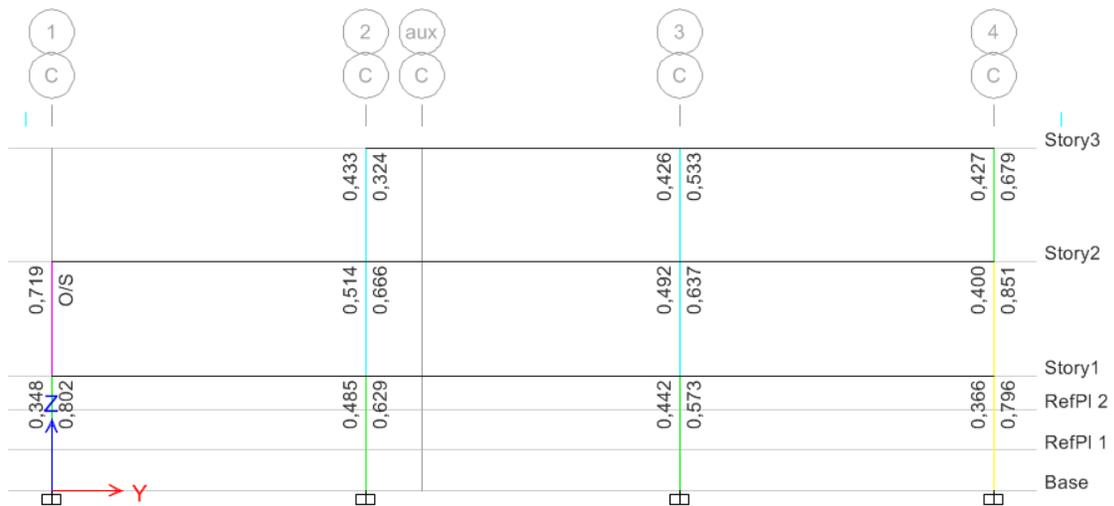


Figura N° 78 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico C, Modelo S2

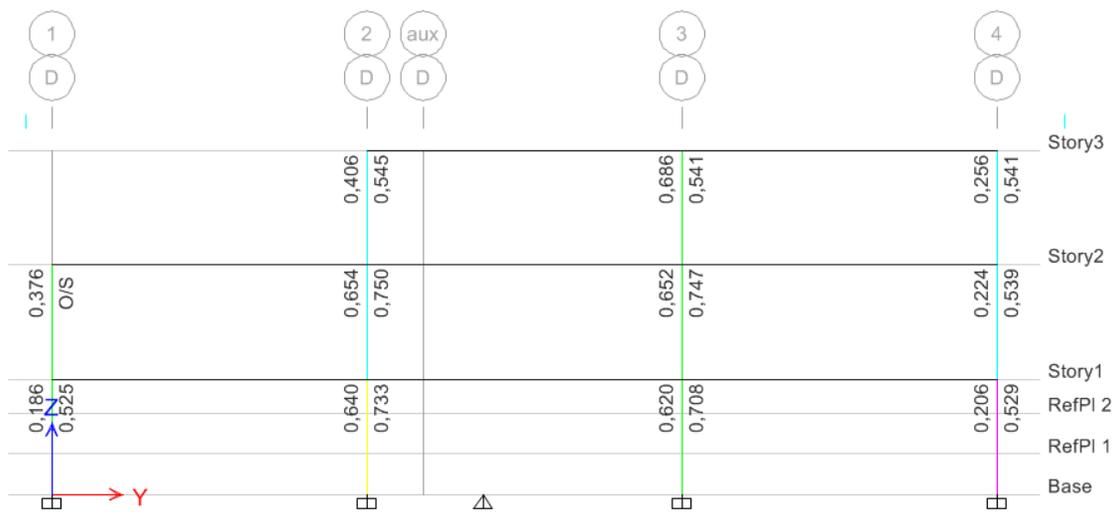


Figura N° 79 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico D, Modelo S2

A continuación, se presenta el diseño de nodos por pórticos de la estructura arrojado por el programa Etabs.

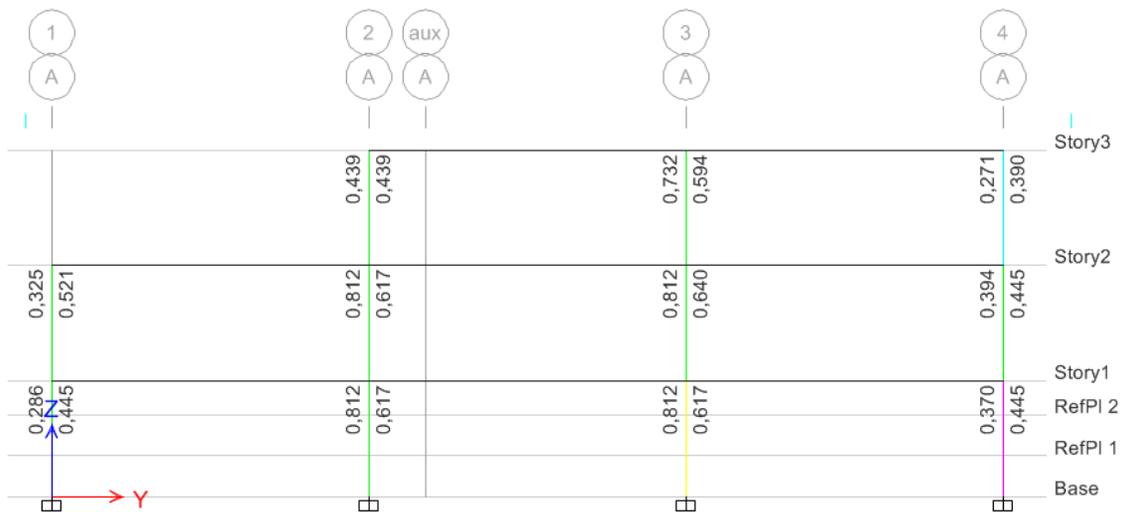


Figura N° 80 Diseño de Nodos Pórtico A, Modelo S2

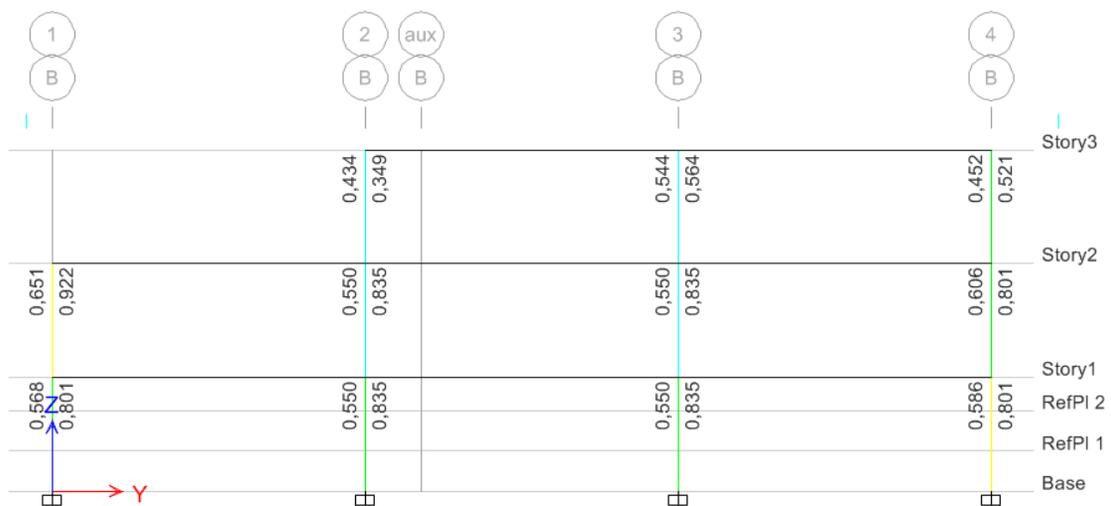


Figura N° 81 Diseño de Nodos Pórtico B, Modelo S2

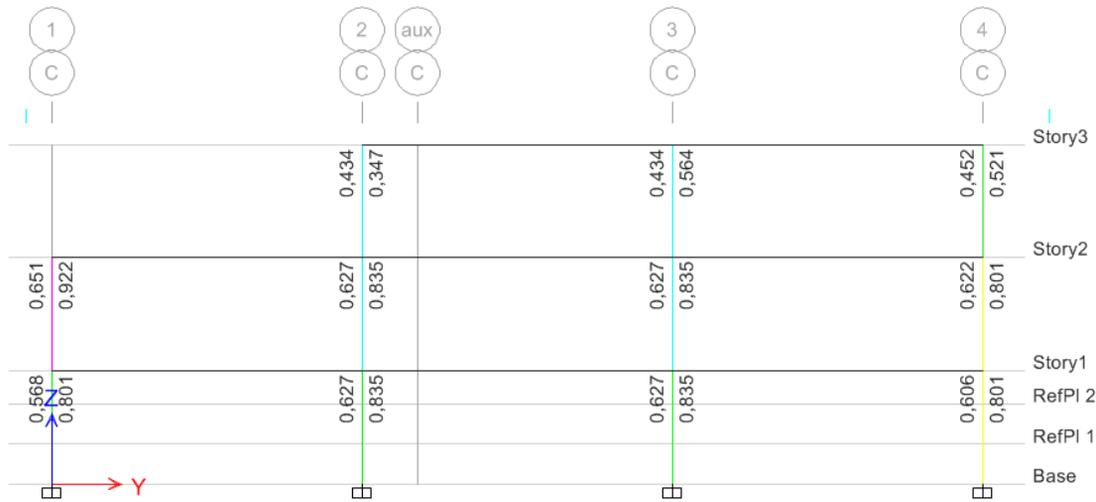


Figura N° 82 Diseño de Nodos Pórtico C, Modelo S2

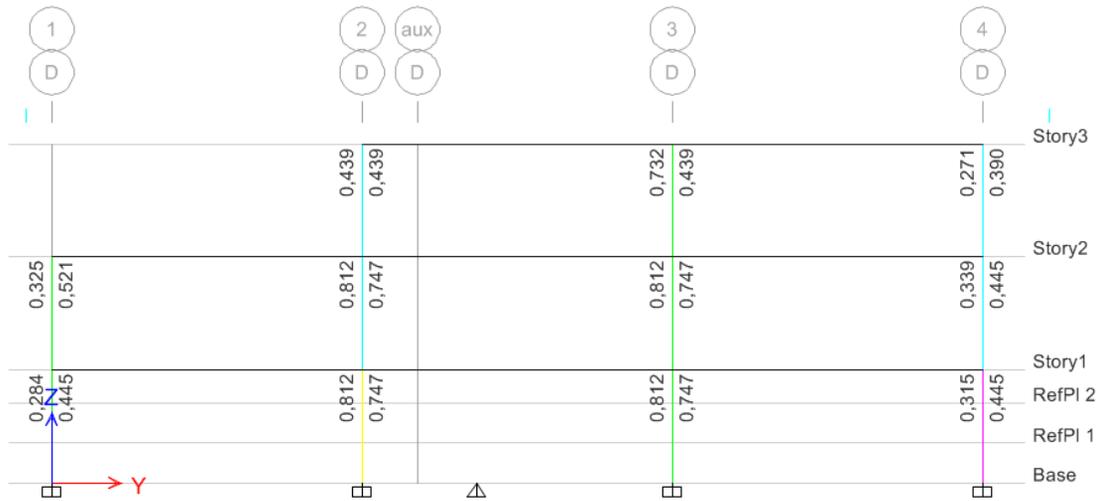


Figura N° 83 Diseño de Nodos Pórtico D, Modelo S2

**Diseño Modelo S3**

A continuación, se presenta el diseño de la estructura arrojado por el programa Etabs en los niveles.

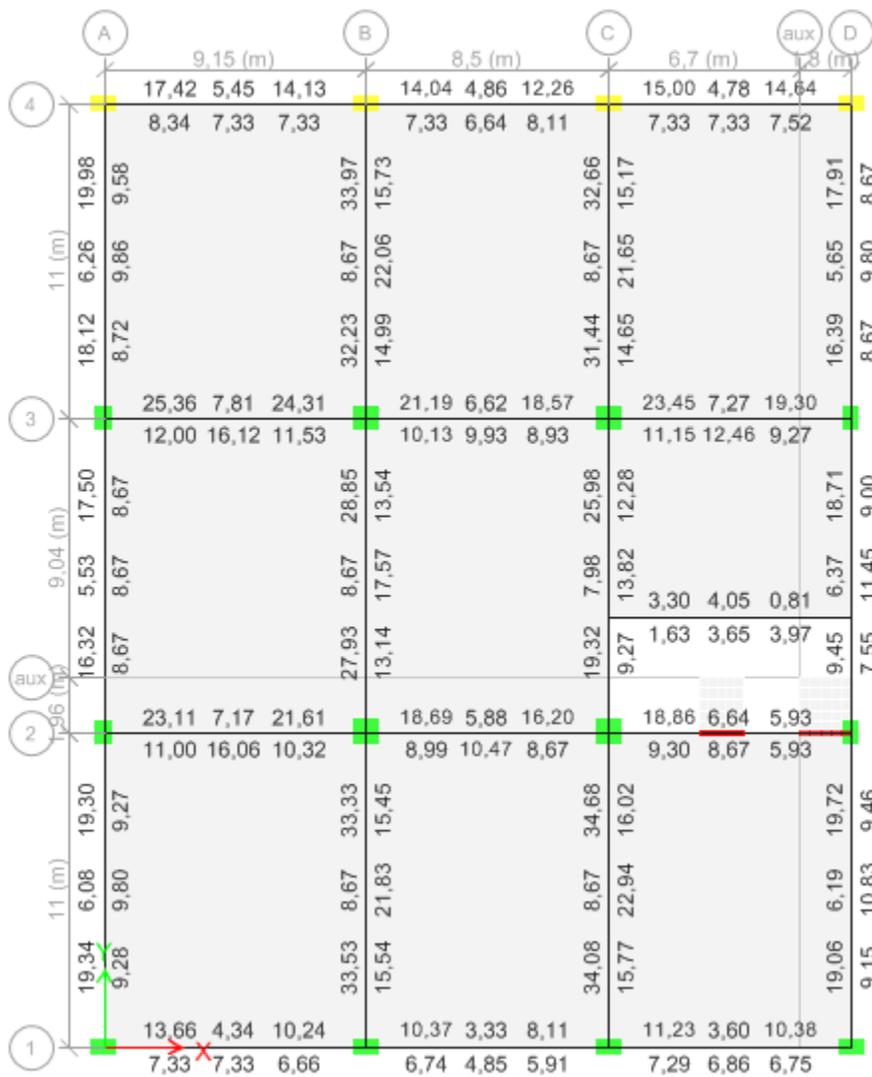


Figura N° 84 Acero de Refuerzo Nivel +4.00, Modelo S3

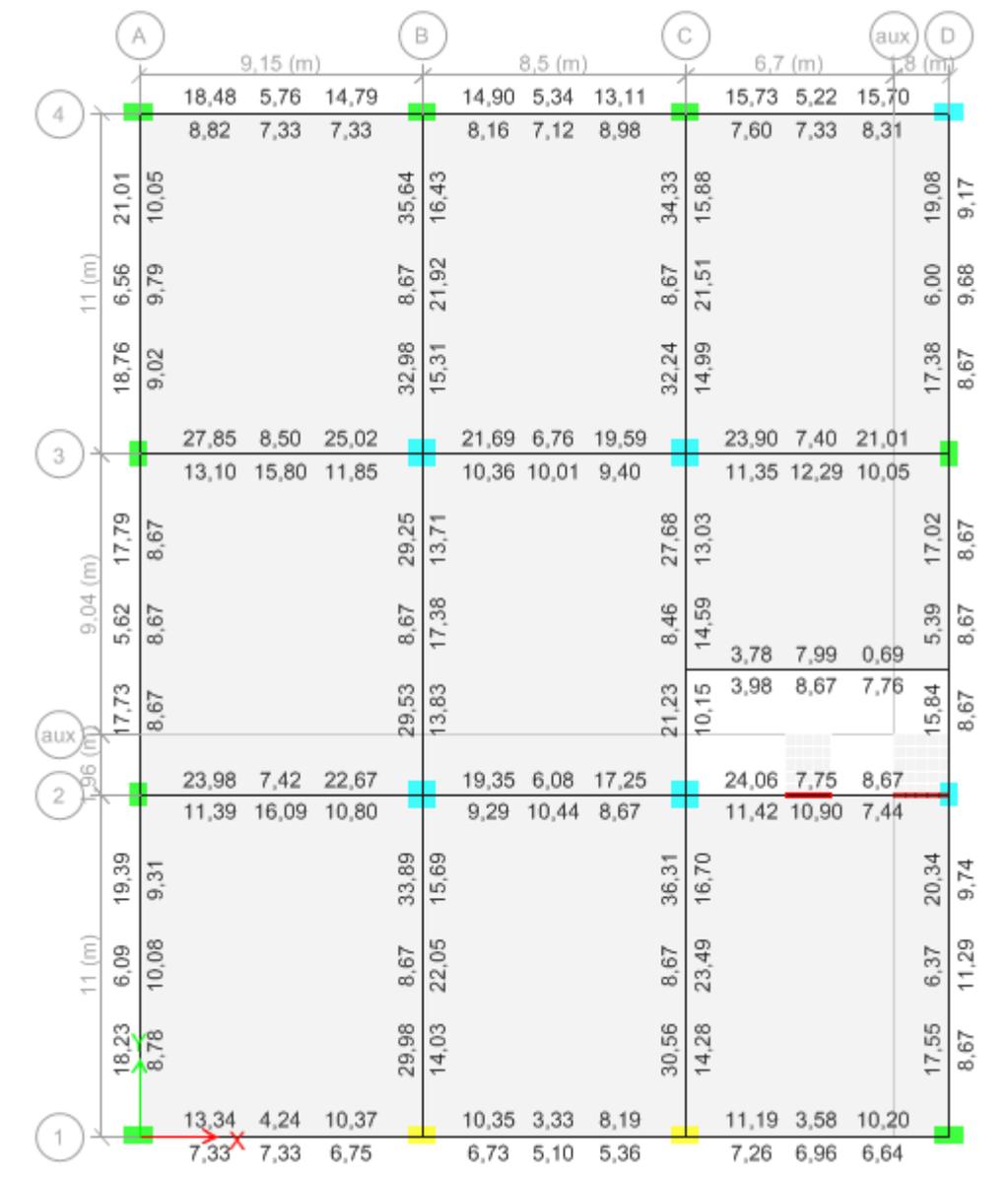


Figura N° 85 Acero de Refuerzo Nivel +8.00, Modelo S3

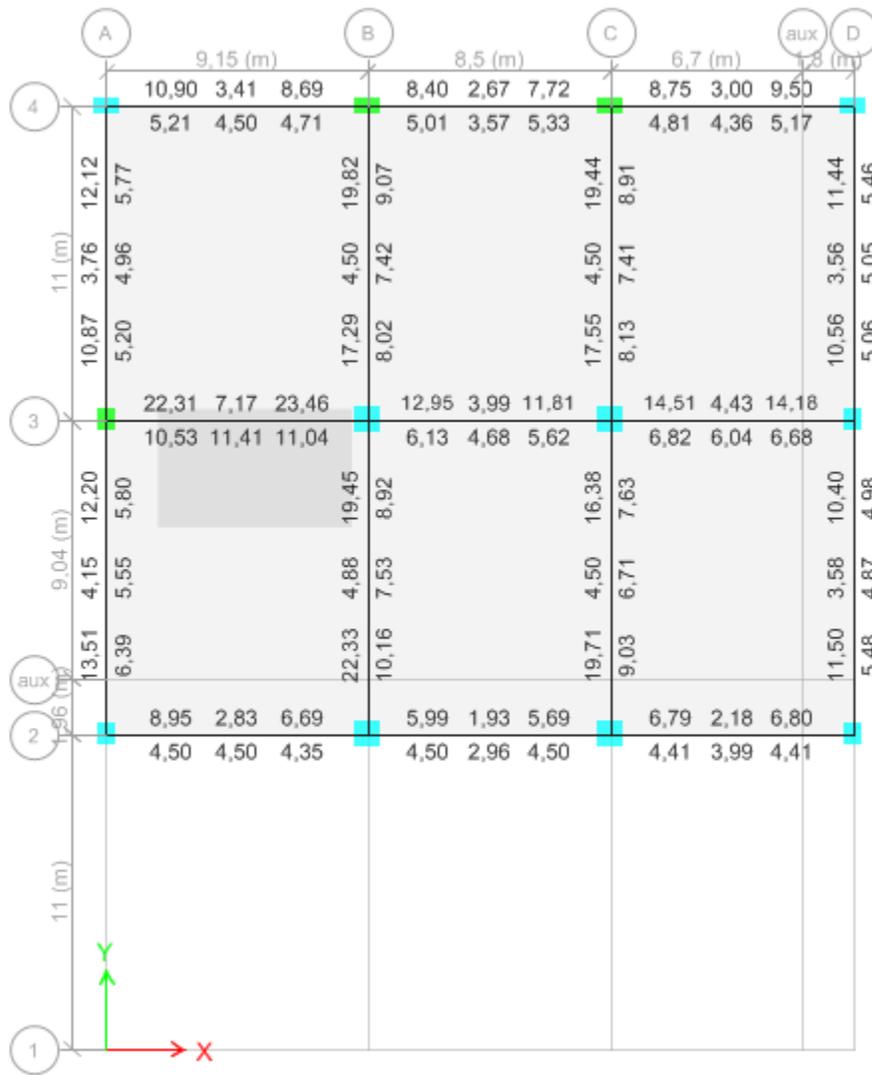


Figura N° 86 Acero de Refuerzo Nivel +12.00, Modelo S3

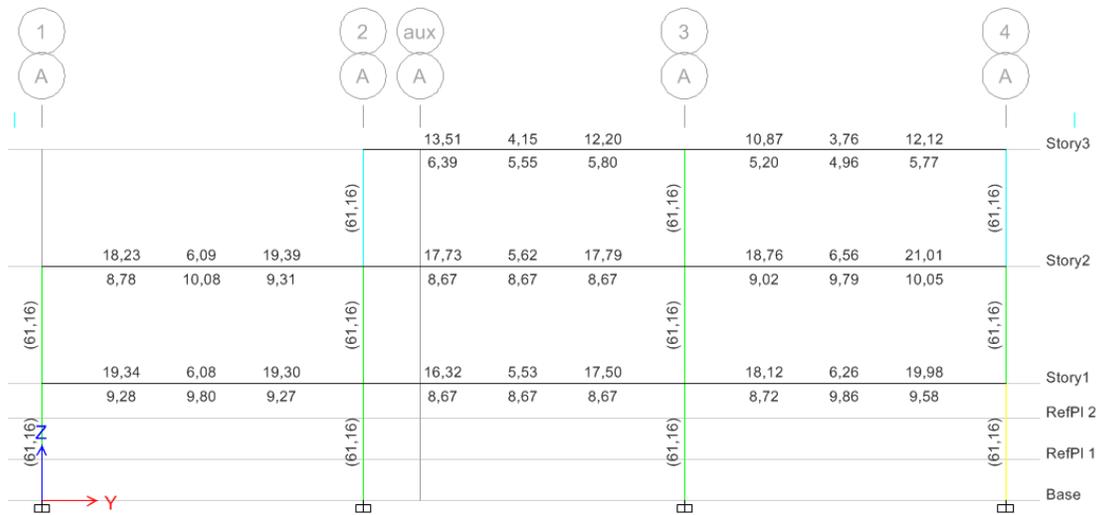


Figura N° 87 Acero de Refuerzo Pórtico A, Modelo S3

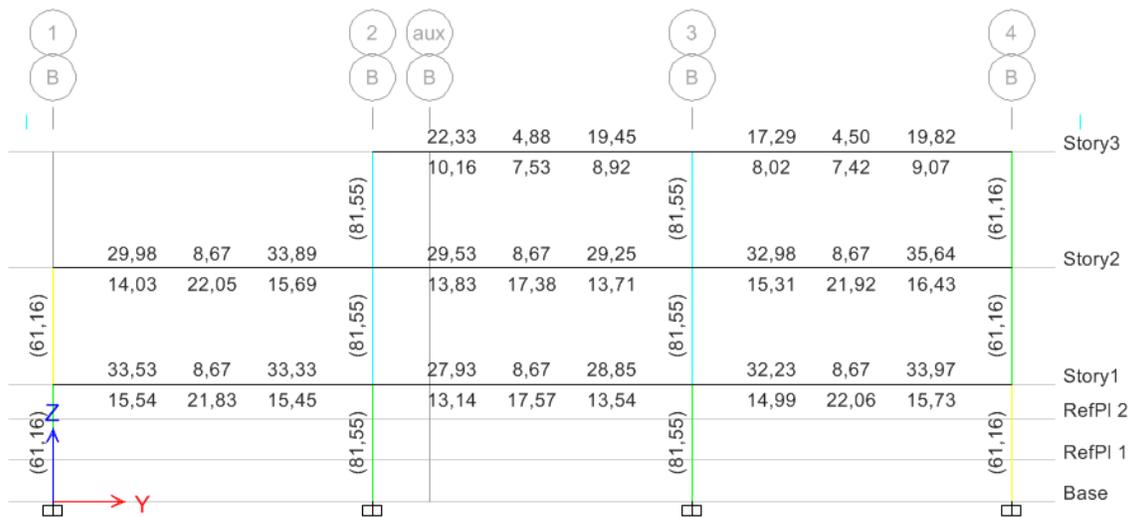


Figura N° 88 Acero de Refuerzo Pórtico B, Modelo S3

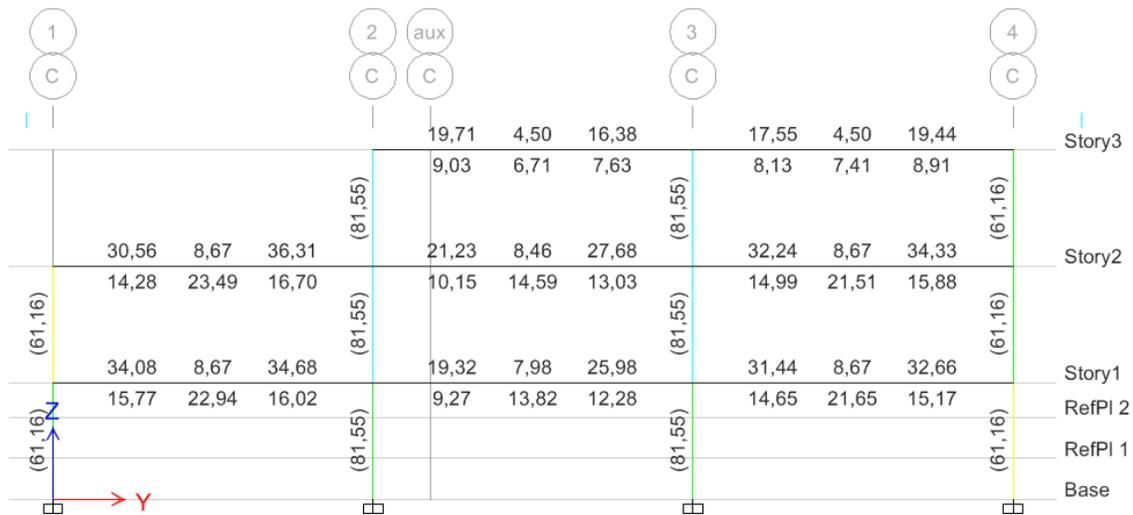


Figura N° 89 Acero de Refuerzo Pórtico C, Modelo S3

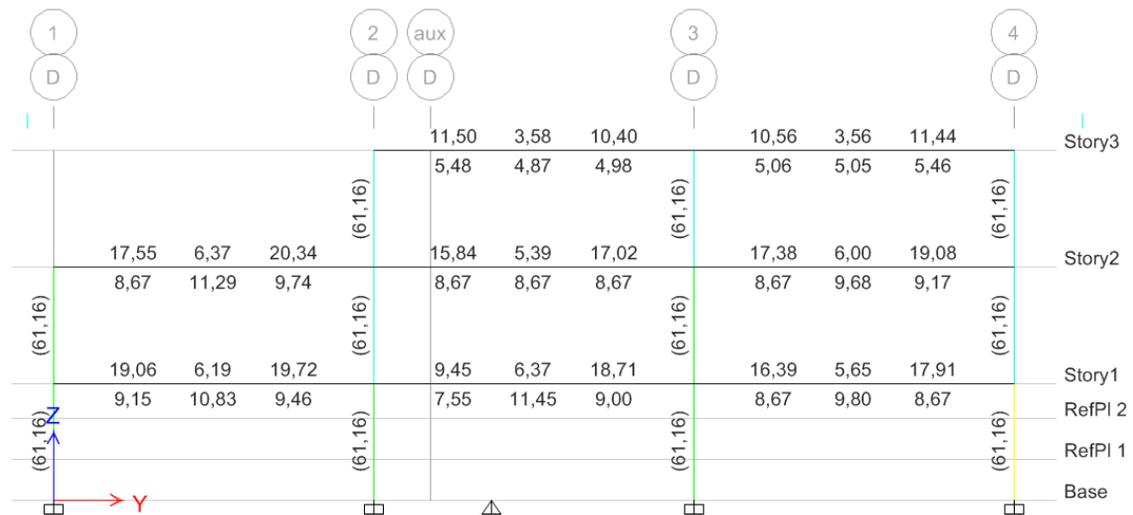


Figura N° 90 Acero de Refuerzo Pórtico D, Modulo S3

A continuación, se presenta el chequeo de Columna Fuerte – Viga débil por pórticos de la estructura arrojado por el programa Etabs mediante el armado colocado en el modelo con forma espectral S1.

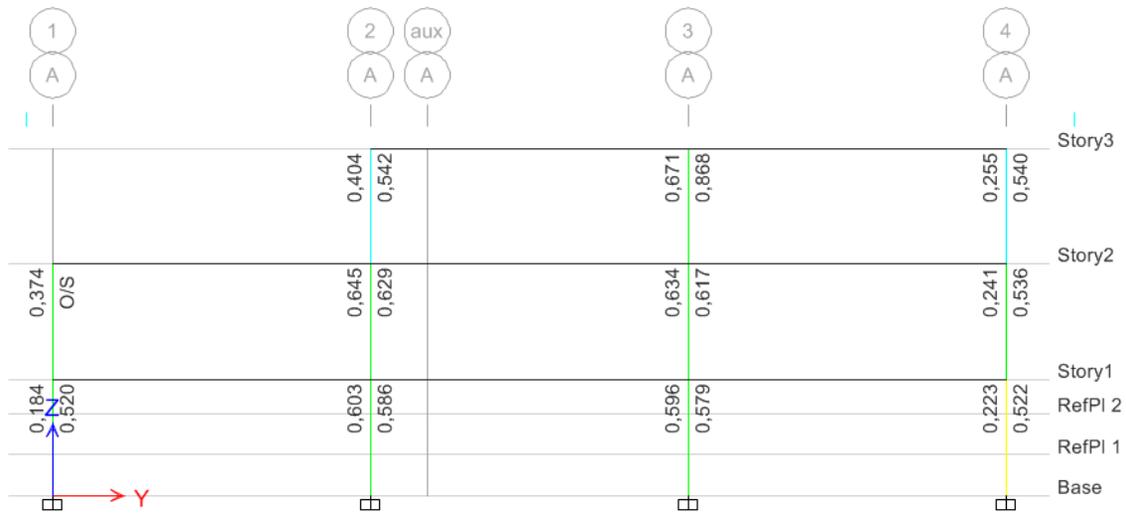


Figura N° 91 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico A, Modelo S3

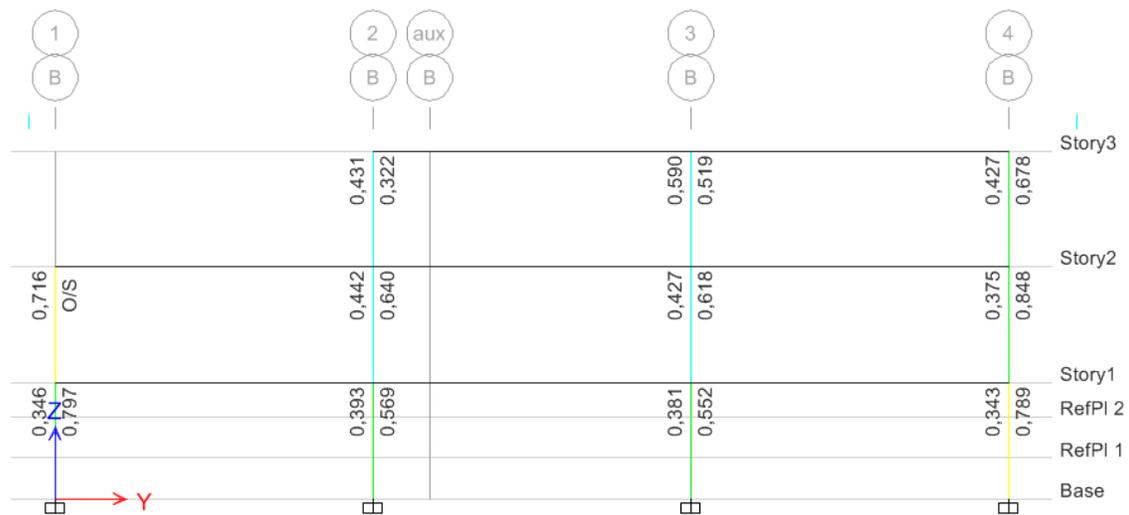


Figura N° 92 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico B , Modelo S3

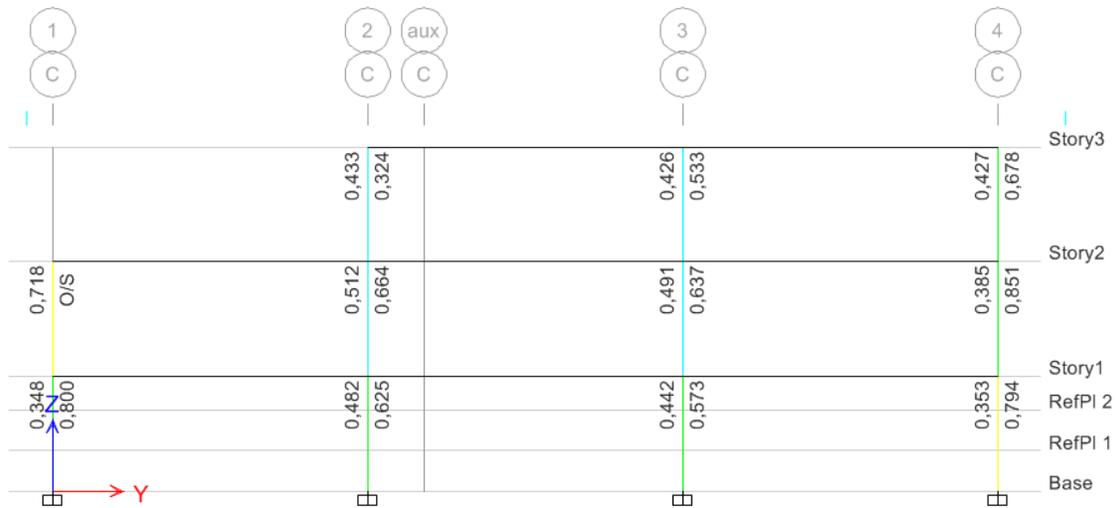


Figura N° 93 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico C, Modelo S3

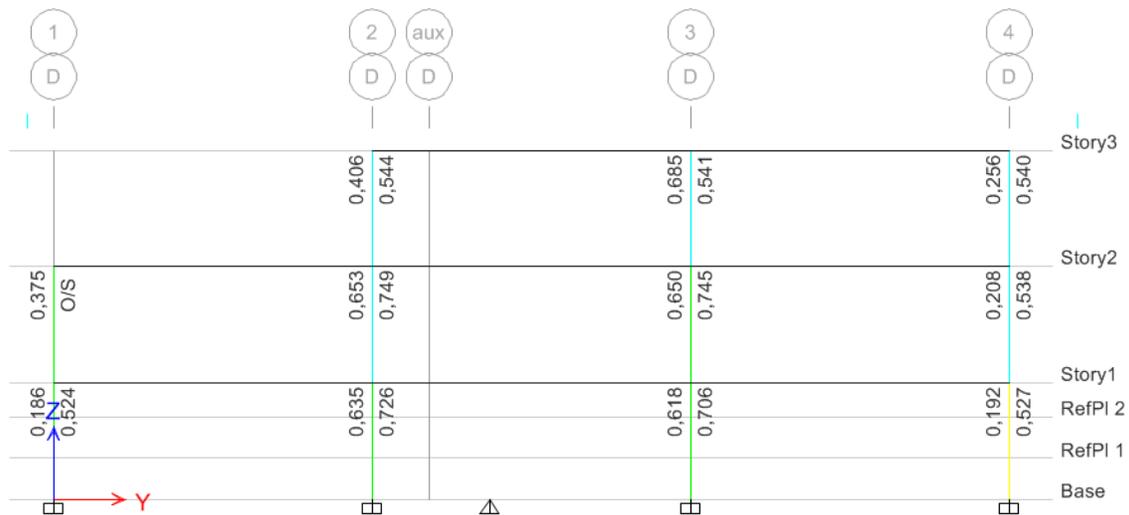


Figura N° 94 Columna Fuerte – Viga Débil Pórtico D, Modelo S3

A continuación, se presenta el diseño de nodos por pórticos de la estructura arrojado por el programa Etabs.

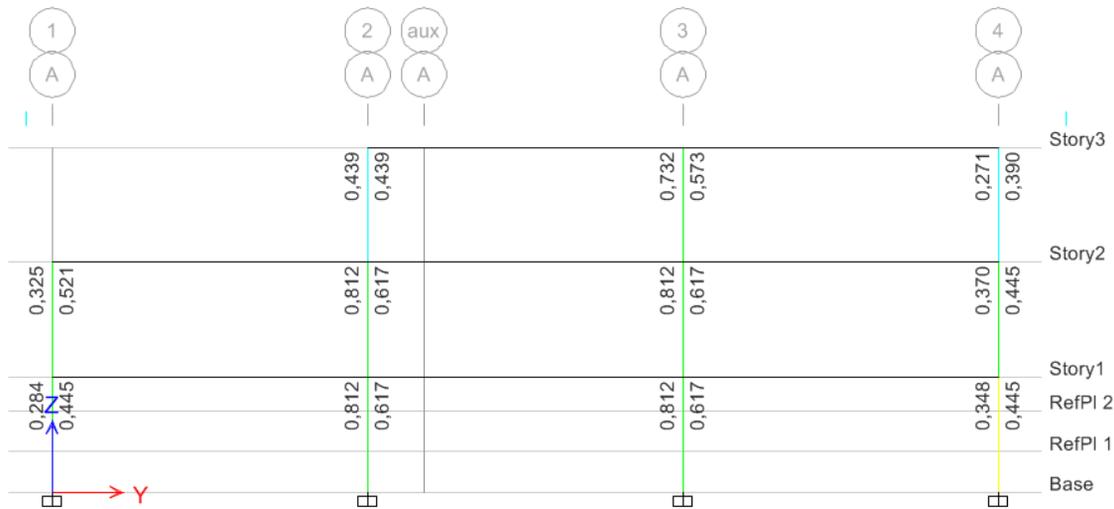


Figura N° 95 Diseño de Nodos Pórtico A, Modelo S3

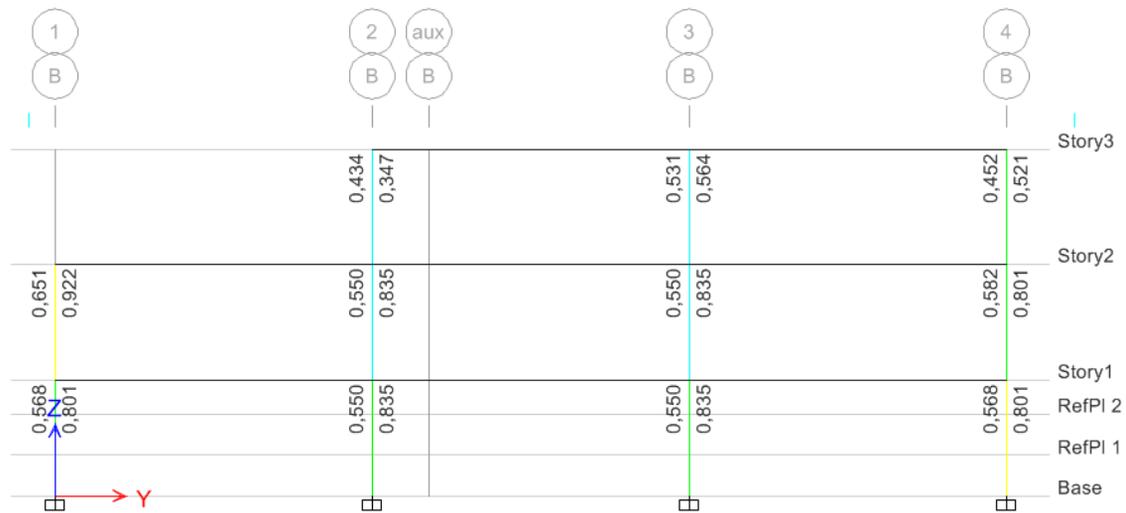


Figura N° 96 Diseño de Nodos Pórtico B, Modelo S3

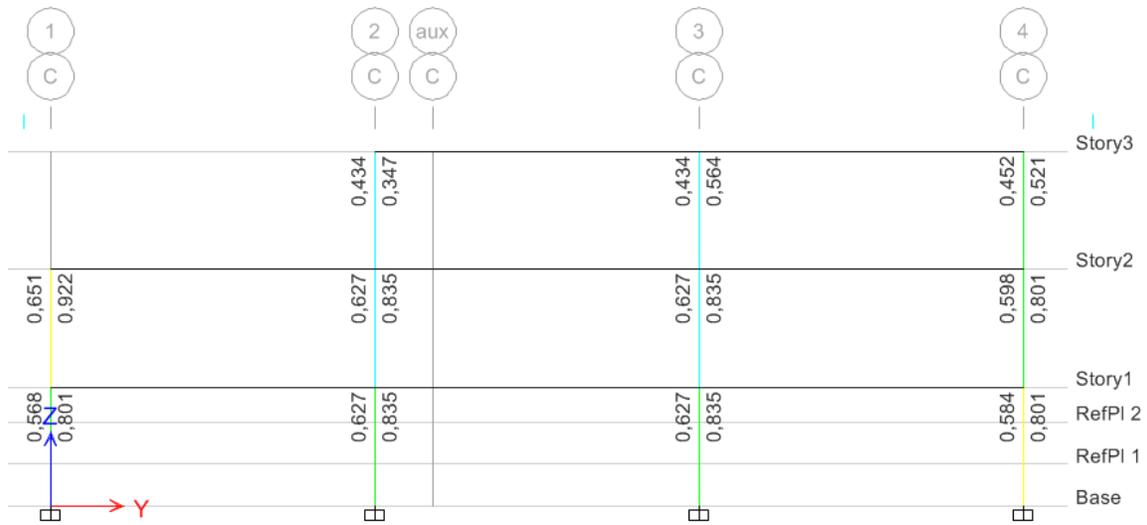


Figura N° 97 Diseño de Nodos Pórtico C, Modulo S3

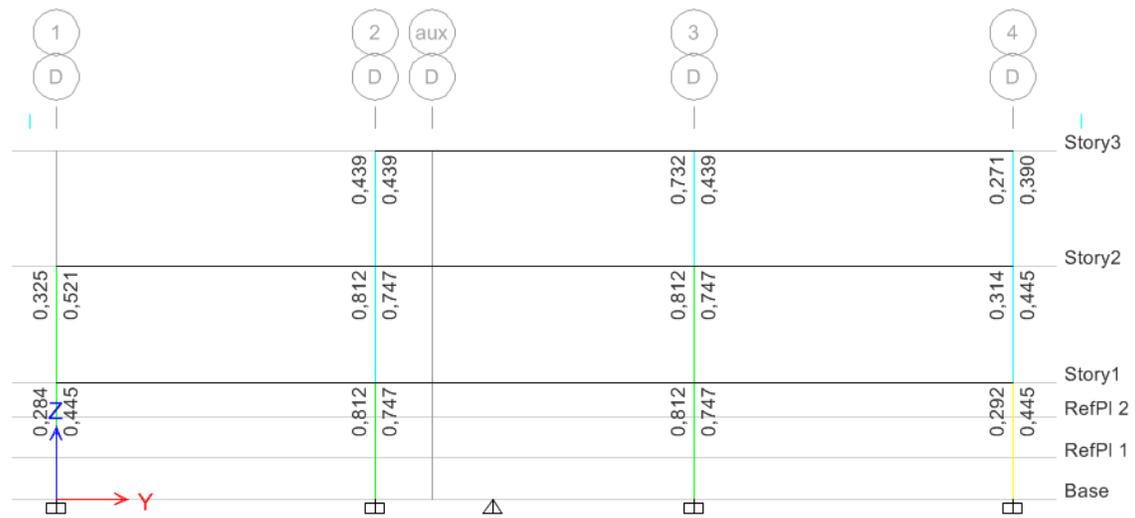
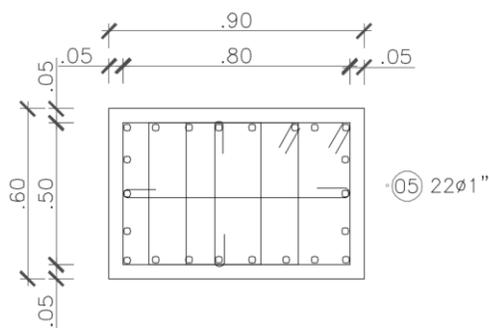


Figura N° 98 Diseño de Nodos Pórtico D, Modulo S3

Para todos los modelos estructurales las columnas en el Eje 1 fallan por el criterio de columna fuerte – viga débil entre el nivel +4.00 y nivel +8.00, esto debido a la poca demanda de acero de las columnas por ser el último nivel ya que superior a ella está la terraza que posee poca demanda de cargas gravitacionales, a pesar de ello las luces de gran tamaño obligan a tener un armado superior en las vigas, lo que conlleva aumentar la cuantía de acero de las columnas sin tener la necesidad modificando así el acero del mismo.

El Diseño de las columnas en el Eje 1 será de la siguiente manera:



El incremento de la cuantía de Acero fue de 1.13 % al 2.08 % para cumplir con el chequeo descrito.

Se tomó como base comparativa varias vigas por piso y se puede decir que el incremento por la demanda de solicitud de acero longitudinal en vigas, se incrementa de la siguiente manera por niveles:

## FASE IV

### Tablas de Indicadores

| Modelos Estructurales Nivel +4,00 |      |          |      |      |
|-----------------------------------|------|----------|------|------|
|                                   | S1   | S2(0,70) | S2   | S3   |
| S1                                | 1    | 0,9      | 0,78 | 0,83 |
| S2 (0,70)                         | 1,1  | 1        | 0,86 | 0,92 |
| S2                                | 1,27 | 1,14     | 1    | 1,06 |
| S3                                | 1,19 | 1,08     | 0,94 | 1    |

*Tabla N° 21 Indicadores entre Formas Espectrales Nivel +4.00*

| Modelos Estructurales Nivel +8,00 |      |          |      |      |
|-----------------------------------|------|----------|------|------|
|                                   | S1   | S2(0,70) | S2   | S3   |
| S1                                | 1    | 0,92     | 0,82 | 0,86 |
| S2 (0,70)                         | 1,08 | 1        | 0,88 | 0,93 |
| S2                                | 1,22 | 1,12     | 1    | 1,05 |
| S3                                | 1,16 | 1,06     | 0,95 | 1    |

*Tabla N° 22 Indicadores entre Formas Espectrales Nivel +8.00*

| Modelos Estructurales Nivel +12,00 |      |          |      |      |
|------------------------------------|------|----------|------|------|
|                                    | S1   | S2(0,70) | S2   | S3   |
| S1                                 | 1    | 0,93     | 0,85 | 0,88 |
| S2 (0,70)                          | 1,06 | 1        | 0,9  | 0,94 |
| S2                                 | 1,17 | 1,1      | 1    | 1,04 |
| S3                                 | 1,12 | 1,05     | 0,95 | 1    |

*Tabla N° 23 Indicadores entre Formas Espectrales Nivel +12.00*

**VOLUMEN DE CONCRETO (m<sup>3</sup>)**

| DESCRIPCION              | UNIDAD               | CANTIDAD      |
|--------------------------|----------------------|---------------|
| Columnas                 | m <sup>3</sup>       | 27,46         |
| Losa Reticular<br>e=0,30 | m <sup>3</sup>       | 158,68        |
| Vigas                    | m <sup>3</sup>       | 94,75         |
| <b>TOTAL</b>             | <b>m<sup>3</sup></b> | <b>280,89</b> |

**CANTIDAD DE ACERO (Kg)**

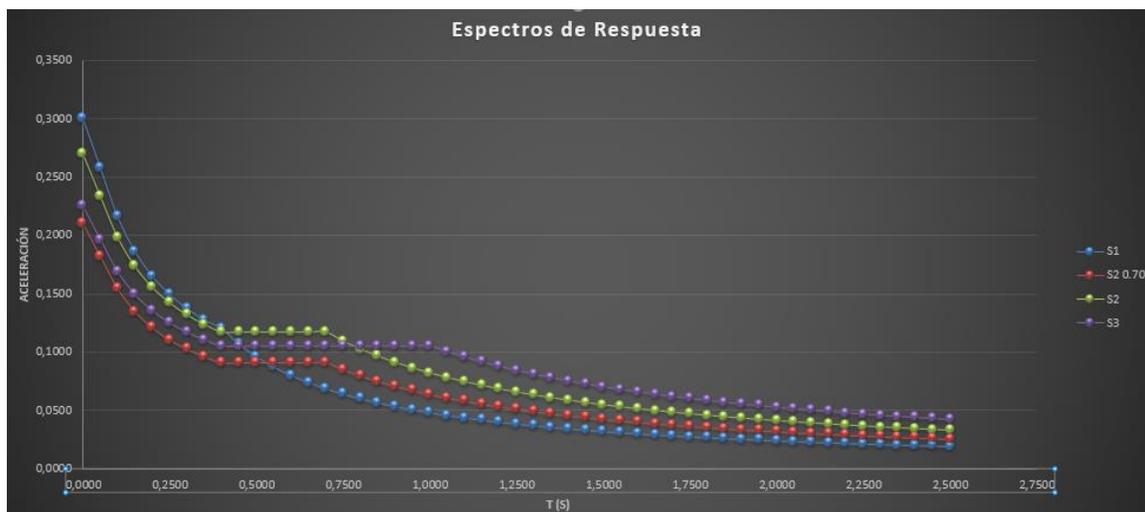
| DESCRIPCION  | UNIDAD    | CANTIDAD         |
|--------------|-----------|------------------|
| ARMADURAS    | Kg        | 41.466,81        |
| VIGAS        | Kg        | 33.147,05        |
| COLUMNAS     | Kg        | 11.511,45        |
| <b>TOTAL</b> | <b>Kg</b> | <b>86.125,31</b> |

Las cantidades de concreto presentadas fueron dadas del modelo S2.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de la investigación, permitió alcanzar los objetivos propuestos inicialmente, conllevando a concluir lo siguiente:

Comparando los espectros dados por los cambios de las formas espectrales, manteniendo los mismos factores de importancia, zona, y niveles de diseños los resultados fueron los siguientes:



*Figura N° 99 Espectros de Respuestas*

Se puede apreciar que, aunque el espectro S1 empieza con una mayor aceleración disminuye muy rápido en la medida que los períodos son mayores, el espectro S2 (0.70) tiene un comportamiento similar al S2 y S3, pero con aceleraciones menor, todo indica que los modelos estructurales con los espectros S2 y S3 pudieran tener una mayor demanda de acero con respecto a los demás siendo así los casos más desfavorables.

Para los chequeos Sismorresistente (chequeos de cortante basal y derivas), el modelo S1 fue el único de los modelos que no requirió la corrección debido a que las cortantes dinámicas fueron menores a cortantes dadas por el método estática equivalente, tanto S2

(0.70), S2, S3 se tuvo que mayorar la aceleración de diseño, por el método estático debió incrementarse en 1.40 en sismo en X y 1.17 en sismo Y.

Para el análisis comparativo, se descartó el diseño de losas debido a que estas son diseñadas en función a las cargas gravitacionales, por lo que el cambio de los espectros no afecta los mismos.

Se tomaron 3 tipos de columnas con una cuantía de acero entre 1% y 2%, columnas laterales (60x90) cm, columnas centrales (90x90) cm y columnas laterales (60x80) cm, el resultado obtenido fue que en todos los modelos las columnas chequearon tanto en demanda de acero como en el criterio de diseño de nodos perfectamente, para el chequeo del criterio Columna fuerte- Viga débil, en todos los modelos se tuvo que aumentar el porcentaje de cuantía de 1.13% a 2.08% en el eje 1, con el fin de cumplir dicho requisito.

Para el diseño de Vigas, se pudo apreciar en cuanto a demanda de acero longitudinal que el modelo S1 es menor que el modelo S2(0.70), que el modelo S2 es mayor al S2(0.70) y a su vez mayor que el modelo S3, también se puede apreciar que el diferencial entre ellos se hace menor a medida que se sube de niveles, concluyendo así que el Modelo con la forma espectral S2 requiere de mayor demanda de acero por lo que sería el caso más desfavorable.

Se puede apreciar que en los 4 modelos tenemos las mismas dimensiones de columnas, vigas y losas, obteniendo así la misma cantidad de volumen de concreto. Para el diseño de columnas, el análisis fue proponer un solo armado para todos los modelos que cumpliera con todos los requisitos descritos, es decir, del punto de vista económico los únicos que tienen efectos de mayor o menos demanda en función a los cambios del parámetro de formas espectrales son las vigas de las estructuras.

## RECOMENDACIONES

Para las edificaciones del tipo de estudio, con las propiedades dinámicas obtenidas y edificaciones destinadas a sobrecargas de vivienda, si no se cuenta con información del tipo de terreno, se recomienda emplear espectros para suelos de tipo S1 a S3, el que resulte más desfavorable en función del periodo de la estructura.

En el caso de tratarse de estructuras con fines industriales, con mayores periodos de vibración, lo más probable es que la selección de suelos S2 o S3 sea más desfavorable. La experiencia conseguida en sismos pasados, conduce a recomendar estudios de suelos en el sitio, esencialmente para descartar el riesgo de problemas de licuefacción del terreno bajo la acción sísmica. En caso que el terreno presente ese problema y no se pueda cambiar, es preciso ajustarse a las recomendaciones de un Profesional de Mecánica de Suelos competente, para el diseño de las fundaciones.

Igualmente, las edificaciones concebidas para ser empleadas con fines industriales son sobrecargas elevadas, requiere tomar medidas para evitar el punzonado de las losas de entrepiso. A los incrementos de fuerzas axiales por peso propio, deben sumarse los efectos de una componente vertical similar al máximo de la componente horizontal que establezca la Norma, más los efectos de las componentes del sismo horizontal.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Bazán, E., Meli, R. (2009). *Diseño sísmico de edificios*. México: LIMUSA.
- COVENIN-MINDUR 1756:2001-1. *Edificaciones sismorresistentes. Articulado* (1ra Revisión). Caracas: Fondo Norma.
- COVENIN-MINDUR 1756:2001-2. *Edificaciones sismorresistentes. Comentarios* (1ra Revisión). Caracas: Fondonorma.
- COVENIN-MINDUR 1753:2006 *Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural* (1ra Revisión) Caracas: Fondonorma.
- COVENIN-MINDUR 2002-88 *Criterio y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones*
- Fidias G. Arias (2006) Proyecto de Investigación, *Introducción a la Metodología Científica*
- NORMA AMERICANA ACI 318-14 “*Building Code Requirements for Structural Concrete*”.
- Valarino E., Yáber G. y Cemborain M. (2010). *Metodología de la investigación: paso a paso* (reimpresión 2011). México: Trillas.
- TRABAJO ESPECIAL DE GRADO “*Evaluación del Comportamiento de una Edificación de Acero con Aisladores Sísmicos tipo HDR Comparado con el Sistema Tradicional de Base Fija*” Irene Sáez.
- COMPARACIÓN DE LAS FORMAS ESPECTRALES ELÁSTICAS OBTENIDAS CON LAS NORMAS COVENIN SISMORRESISTENTES Y OTROS ESTUDIOS. Heriberto Echezuría. Marzo 2011*
- Kobori T. & Minai R. (1960). *Analytical study on active seismic response control*, Architectural Institute of Japan.



## ANEXO I

### ESPECTRO S1

**Factor de importancia (uso)**  
**GRUPO = b2**  
 Ver Norma pag. B2  
 $\alpha = 1,00$

TABLA 6.1

| GRUPO | $\alpha$ |
|-------|----------|
| A     | 1,30     |
| B1    | 1,15     |
| B2    | 1,00     |

**Aceleración de zona (COEFICIENTE DE ACCELERACION HORIZONTAL)**  
**Zona = 5**  
 $A_o = 0,30$

Para ZONA ver la Norma Pags. 15 a 20

TABLA 4.1

| zonas sismicas | $A_s$ | Peligro Sismico |
|----------------|-------|-----------------|
| 7              | 0,40  | Elevado         |
| 6              | 0,35  |                 |
| 5              | 0,30  |                 |
| 4              | 0,25  | Intermedio      |
| 3              | 0,20  |                 |
| 2              | 0,15  | Bajo            |
| 1              | 0,10  |                 |

**CORRELACION APROXIMADA ENTRE LAS VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE, VS, CON LA COMPACIDAD, LA RESISTENCIA A LA PENETRACION DEL ENSAYO SPT Y LA RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO DE ARCILLAS, Su.**

TABLA C - 5.1, Pag. C-22

| Descripción del Material                           | N1 (60)          | Velocidad Promedio de Ondas de Corte, Vs (m/s) | Resistencia al Corte No Drenada Su |          |
|--|------------------|--|------------------------------------|----------|
|  |                  |  | (kgf/cm <sup>2</sup> )             | (kPa)    |
| Roca Dura  | --               | Vs > 700                                       | --                                 | --       |
| Roca Blanda  | --               | Vs > 400                                       | --                                 | --       |
| Suelos Muy Duros o Muy Densos (Rígidos)            | N1(60) > 50      | Vs > 400                                       | >1.00                              | >1.00    |
| Suelos Duros o Densos (Medianamente Rígidos)       | 20 ≤ N1(60) ≤ 50 | 250 ≤ Vs ≤ 400                                 | 0.70 - 1.00                        | 70 - 100 |
| Suelos Firmes o Medianamente Densos (Baja Rigidez) | 10 ≤ N1(60) ≤ 20 | 170 ≤ Vs ≤ 250                                 | 0.40 - 0.70                        | 40 - 70  |
| Suelos Blandos o Suelos (Muy Baja Rigidez)         | N1(60) < 10      | Vs < 170                                       | < 0.40                             | < 40     |

**FORMA ESPECTRAL Y FACTOR DE CORRECCION j**

TABLA 5.1, Pag. 21

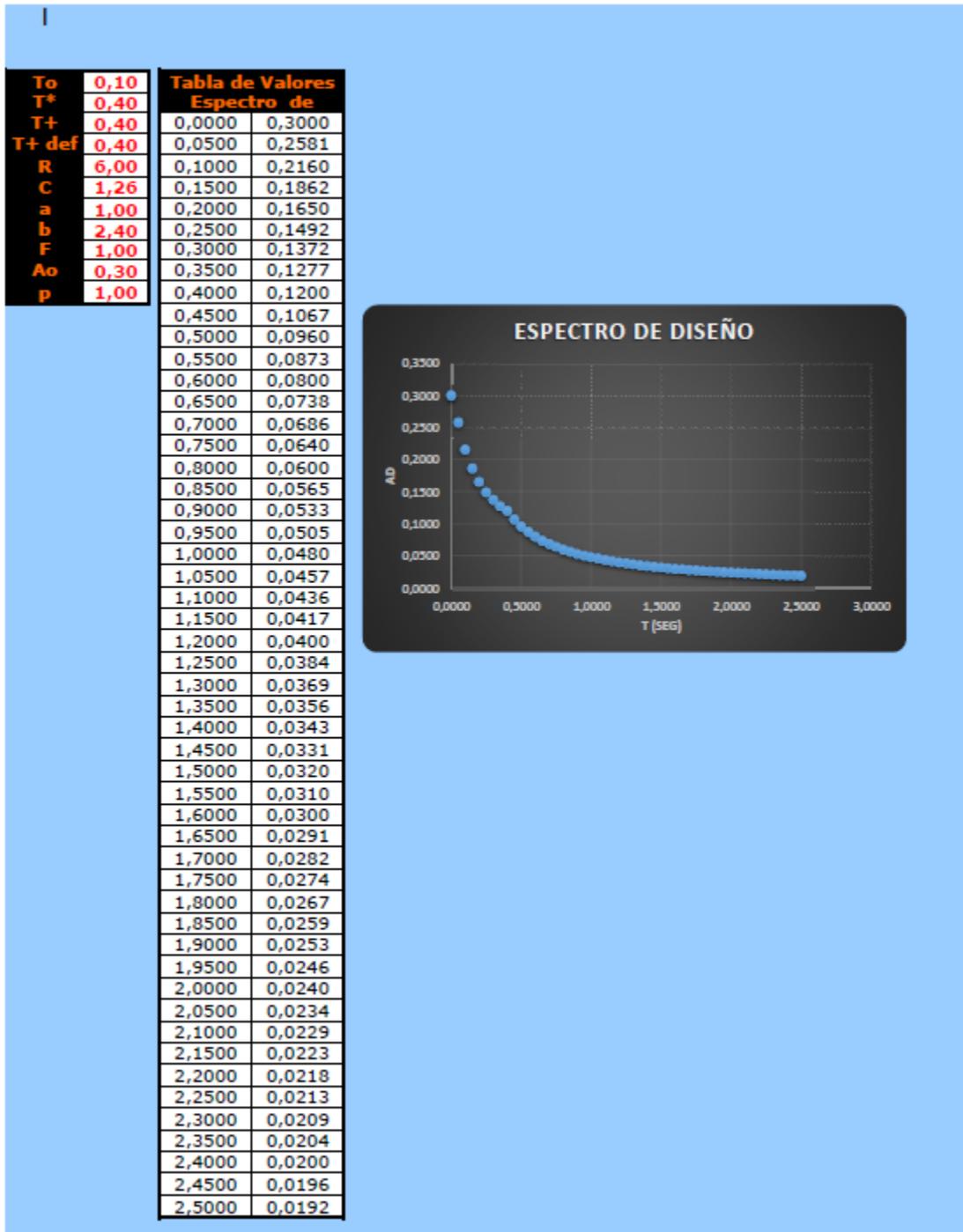
| F. Esp.   | Material                         | V <sub>sp</sub> (m/s) | H (m)   | Zona sísmica 1 y 4 |        | Zona sísmica 5 y 7 |        |
|---|----------------------------------|-----------------------|---------|--------------------|--------|--------------------|--------|
|   |                                  |                       |         | Forma espectral    | $\Phi$ | Forma espectral    | $\Phi$ |
| $\Phi = 1,00$   | Roca sana / fracturada           | > 500                 | -       | S1                 | 0,85   | S1                 | 1,00   |
|   |                                  |                       | < 30    | S1                 | 0,85   | S1                 | 1,00   |
|   | Estratificada y suelos muy duros | > 400                 | 30 - 50 | S2                 | 0,80   | S2                 | 0,90   |
|   |                                  |                       | > 50    | S3                 | 0,70   | S2                 | 0,90   |
|   | Suelos duros o densos            | 250 - 400             | < 15    | S1                 | 0,80   | S1                 | 1,00   |
|   |                                  |                       | 15 - 50 | S2                 | 0,80   | S2                 | 0,90   |
|   |                                  |                       | > 50    | S3                 | 0,75   | S2                 | 0,90   |
|   | Suelos firmes / medios densos    | 170 - 250             | ≤ 50    | S3                 | 0,70   | S2                 | 0,95   |
|   |                                  |                       | > 50    | S3 <sup>(a)</sup>  | 0,70   | S3                 | 0,75   |
|   |                                  |                       | ≤ 15    | S3                 | 0,70   | S2                 | 0,90   |
|   | Suelos blandos / sueltos         | < 170                 | > 15    | S3 <sup>(a)</sup>  | 0,70   | S3                 | 0,80   |
|   |                                  |                       | -       | S2 <sup>(c)</sup>  | 0,65   | S2                 | 0,70   |
| (a) Si $A_o \leq 0,15$ , úsese S4<br>(b) El espesor de los estratos blandos o sueltos ( $V_s < 170$ m/s) debe ser mayor que 0,1 H.<br>(c) Si $H_1 \geq 0,25 H$ y $A_o \leq 0,20$ úsese S3 |                                  |                       |         |                    |        |                    |        |

**NIVELES DE DISEÑO (ND)**

TABLA 6.2

| GRUPO        | ZONA SISMICA          |                |                 |
|--------------|-----------------------|----------------|-----------------|
|              | 1Y2                   | 3Y4            | 5,6Y7           |
| <b>A; B1</b> |                       | ND3            | ND3             |
| <b>B2</b>    | ND1 (*)<br>ND2<br>ND3 | ND2 (*)<br>ND3 | ND3<br>ND2 (**) |

Tabla 6.2 Ver Norma pag. 26



## ESPECTRO S2

Factor de importancia (uso)  
**GRUPO = b2**  
 Ver Norma p.B2  
 $\alpha = 1,00$

TABLA 6.1

| GRUPO | $\alpha$ |
|-------|----------|
| A     | 1,30     |
| B1    | 1,15     |
| B2    | 1,00     |

Aceleración de zona (COEFICIENTE DE ACELERACION HORIZONTAL)

Zona = **5**  
 $A_o = 0,30$

TABLA 4.1

| ZONAS SISMICAS | $A_o$ | Peligro Sismico |
|----------------|-------|-----------------|
| 7              | 0,40  | Elevado         |
| 6              | 0,35  |                 |
| 5              | 0,30  |                 |
| 4              | 0,25  | Intermedio      |
| 3              | 0,20  |                 |
| 2              | 0,15  | Bajo            |
| 1              | 0,10  |                 |

Para ZONA ver la Norma  
 Pags. 15 a 20

**CORRELACION APROXIMADA ENTRE LAS VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE, VS, CON LA COMPACIDAD, LA RESISTENCIA A LA PENETRACION DEL ENSAYO SPT Y LA RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO DE ARCILLAS, Su.**

TABLA C - 5.1, Pag. C-22

| Descripción del Material                           | N1 (60)          | Velocidad Promedio de Ondas de Corte, Vs (m/s) | Resistencia al Corte No Drenada Su |          |
|--|------------------|--|------------------------------------|----------|
|  |                  |  | (kgf/cm <sup>2</sup> )             | (kPa)    |
| Roca Dura  | ---              | Vs > 700                                       | ---                                | ---      |
| Roca Blanda  | ---              | Vs > 400                                       | ---                                | ---      |
| Suelos Muy Duros o Muy Densos (Rígidos)            | N1(60) > 50      | Vs > 400                                       | >1.00                              | >1.00    |
| Suelos Duros o Densos (Medianamente Rígidos)       | 20 ≤ N1(60) ≤ 50 | 250 ≤ Vs ≤ 400                                 | 0.70 - 1.00                        | 70 - 100 |
| Suelos Firmes o Medianamente Densos (Baja Rigidez) | 10 ≤ N1(60) ≤ 20 | 170 ≤ Vs ≤ 250                                 | 0.40 - 0.70                        | 40 - 70  |
| Suelos Blandos o Suelos (Muy Baja Rigidez)         | N1(60) < 10      | Vs < 170                                       | < 0.40                             | < 40     |

**FORMA ESPECTRAL Y FACTOR DE CORRECCION J**

TABLA 5.1, Pag. 21

| F. Esp.   | Material    | V <sub>av</sub> (m/s)   | H (m)     | Zona sísmica 1 y 4 |                   | Zona sísmica 5 y 7 |    |      |
|-----------|-------------|---|-----------|--------------------|-------------------|--------------------|----|------|
|           |             |   |           | Forma espectral    | Φ                 | Forma espectral    | Φ  |      |
| <b>S2</b> | <b>0,90</b> | Roca sana / fracturada  | > 500     | -                  | S1                | 0,85               | S1 | 1,00 |
|           |             |   |           | < 30               | S1                | 0,85               | S1 | 1,00 |
|           |             | Meteorizada y suelos muy duros  | > 400     | 30 - 50            | S2                | 0,80               | S2 | 0,90 |
|           |             |   |           | > 50               | S3                | 0,70               | S2 | 0,90 |
|           |             | Suelos duros o densos   | 250 - 400 | < 15               | S1                | 0,80               | S1 | 1,00 |
|           |             |   |           | 15 - 50            | S2                | 0,80               | S2 | 0,90 |
|           |             |   |           | > 50               | S3                | 0,75               | S2 | 0,90 |
|           |             | Suelos firmes / medios densos   | 170 - 250 | ≤ 50               | S3                | 0,70               | S2 | 0,95 |
|           |             |   |           | > 50               | S3 <sup>(a)</sup> | 0,70               | S3 | 0,75 |
|           |             | Suelos blandos / sueltos  | < 170     | ≤ 15               | S3                | 0,70               | S2 | 0,90 |
|           |             |   |           | > 15               | S3 <sup>(a)</sup> | 0,70               | S3 | 0,80 |
|           |             | Suelos blandos o sueltos <sup>(b)</sup> intercalados con suelos más rígidos | -         | H <sub>t</sub>     | S2 <sup>(c)</sup> | 0,65               | S2 | 0,70 |

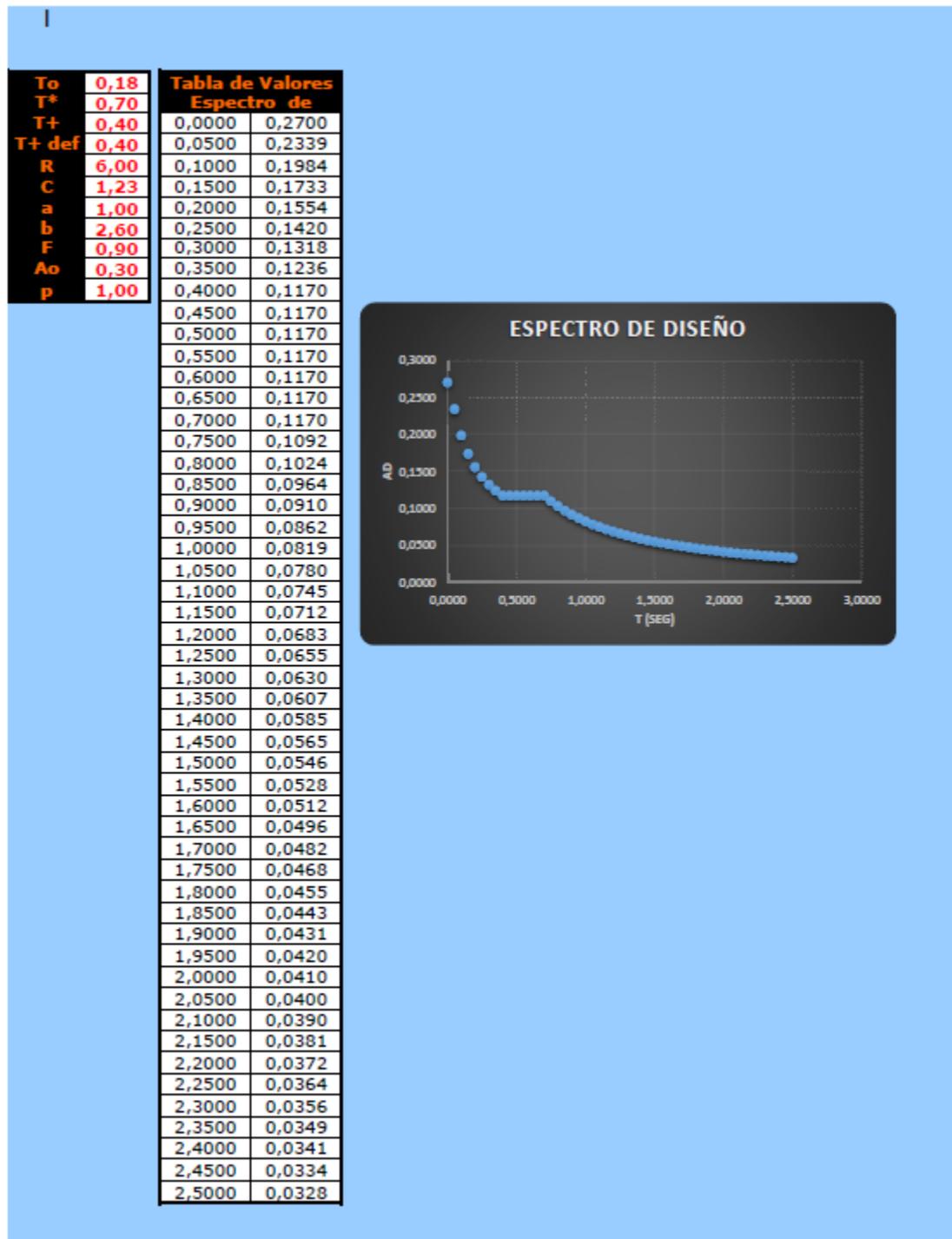
- (a) Si A<sub>o</sub> ≤ 0,15, úsese S4
- (b) El espesor de los estratos blandos o sueltos (Vs < 170 m/s) debe ser mayor que 0,1 H.
- (c) Si H<sub>t</sub> ≥ 0,25 H y A<sub>o</sub> ≤ 0,20 úsese S3

**NIVELES DE DISEÑO (ND)**

TABLA 6.2

| GRUPO =   | Zona =   | GRUPO        | ZONA SISMICA          |                |                 |  |
|-----------|----------|--------------|-----------------------|----------------|-----------------|--|
|           |          |              | 1Y2                   | 3Y4            | 5,6Y7           |  |
| <b>B2</b> | <b>5</b> | <b>A; B1</b> | ND2<br>ND3            | ND3            | ND3             |  |
| <b>B2</b> | <b>5</b> | <b>B2</b>    | ND1 (*)<br>ND2<br>ND3 | ND2 (*)<br>ND3 | ND3<br>ND2 (**) |  |

Tabla 6.2  
 ND = **ND3**  
 Ver Norma pag. 26



### ESPECTRO S2(0,70)

Factor de importancia (uso)

GRUPO = **b2**

Ver Norma B2

$\alpha =$  **1,00**

TABLA 6.1

| GRUPO | $\alpha$ |
|-------|----------|
| A     | 1,30     |
| B1    | 1,15     |
| B2    | 1,00     |

Aceleración de zona (COEFICIENTE DE ACCELERACION HORIZONTAL)

Zona = **5**  
 $A_0 =$  **0,30**

TABLA 4.1

| ZONA SISMICA | $A_0$ | Peligro Sismico |
|--------------|-------|-----------------|
| 7            | 0,40  | Elevado         |
| 6            | 0,35  |                 |
| 5            | 0,30  |                 |
| 4            | 0,25  | Intermedio      |
| 3            | 0,20  |                 |
| 2            | 0,15  |                 |
| 1            | 0,10  | Bajo            |

Para ZONA ver la Norma  
 Págs. 15 a 20

CORRELACION APROXIMADA ENTRE LAS VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE, VS, CON LA COMPACIDAD, LA RESISTENCIA A LA PENETRACION DEL ENSAYO SPT Y LA RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO DE ARCILLAS, Su.

TABLA C - 5.1, Pag. C-22

| Descripción del Material                           | N1 (60)          | Velocidad Promedio de Ondas de Corte, Vs (m/s) | Resistencia al Corte No Drenada Su |          |
|--|------------------|--|------------------------------------|----------|
|  |                  |  | (kgf/cm <sup>2</sup> )             | (kPa)    |
| Roca Dura  | --               | Vs > 700                                       | --                                 | --       |
| Roca Blanda  | --               | Vs > 400                                       | --                                 | --       |
| Suelos Muy Duros o Muy Densos (Rígidos)            | N1(60) > 50      | Vs > 400                                       | >1.00                              | >1.00    |
| Suelos Duros o Densos (Medianamente Rígidos)       | 20 ≤ N1(60) ≤ 50 | 250 ≤ Vs ≤ 400                                 | 0.70 - 1.00                        | 70 - 100 |
| Suelos Firmes o Medianamente Densos (Baja Rigidez) | 10 ≤ N1(60) ≤ 20 | 170 ≤ Vs ≤ 250                                 | 0.40 - 0.70                        | 40 - 70  |
| Suelos Blandos o Suelos (Muy Baja Rigidez)         | N1(60) < 10      | Vs < 170                                       | < 0.40                             | < 40     |

FORMA ESPECTRAL Y FACTOR DE CORRECCION j

TABLA 5.1, Pag. 21

| F. Esp.   | Material                     | V <sub>ap</sub> (m/s) | H (m)             | Zona sísmica 1 y 4 |      | Zona sísmica 5 y 7 |      |
|---|------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|------|--------------------|------|
|   |                              |                       |                   | Forma espectral    | Φ    | Forma espectral    | Φ    |
| φ = <b>0,70</b>   | Roca sana / fracturada       | > 500                 | -                 | S1                 | 0,85 | S1                 | 1,00 |
|   |                              |                       | < 30              | S1                 | 0,85 | S1                 | 1,00 |
|   | eteorizada y suelos muy dur  | > 400                 | 30 - 50           | S2                 | 0,80 | S2                 | 0,90 |
|   |                              |                       | > 50              | S3                 | 0,70 | S2                 | 0,90 |
|   |                              |                       | < 15              | S1                 | 0,80 | S1                 | 1,00 |
|   |                              |                       | 15 - 50           | S2                 | 0,80 | S2                 | 0,90 |
|   | Suelo duros o densos         | 250 - 400             | > 50              | S3                 | 0,75 | S2                 | 0,90 |
|   |                              |                       | ≤ 50              | S3                 | 0,70 | S2                 | 0,95 |
|   |                              |                       | > 50              | S3 <sup>(a)</sup>  | 0,70 | S3                 | 0,75 |
|   | Suelos firmes / medios denso | 170 - 250             | ≤ 15              | S3                 | 0,70 | S2                 | 0,90 |
|   |                              |                       | > 15              | S3 <sup>(a)</sup>  | 0,70 | S3                 | 0,80 |
|   | Suelos blandos / sueltos     | < 170                 | -                 | S2 <sup>(d)</sup>  | 0,65 | S2                 | 0,70 |
| > 15  |                              |                       | S3 <sup>(a)</sup> | 0,70               | S3   | 0,80               |      |
| Suelos blandos o sueltos <sup>(b)</sup> intercalados con suelos mas rígidos | -                            | H <sub>i</sub>        | S2 <sup>(d)</sup> | 0,65               | S2   | 0,70               |      |

(a) Si A<sub>0</sub> ≤ 0,15, úsese S4

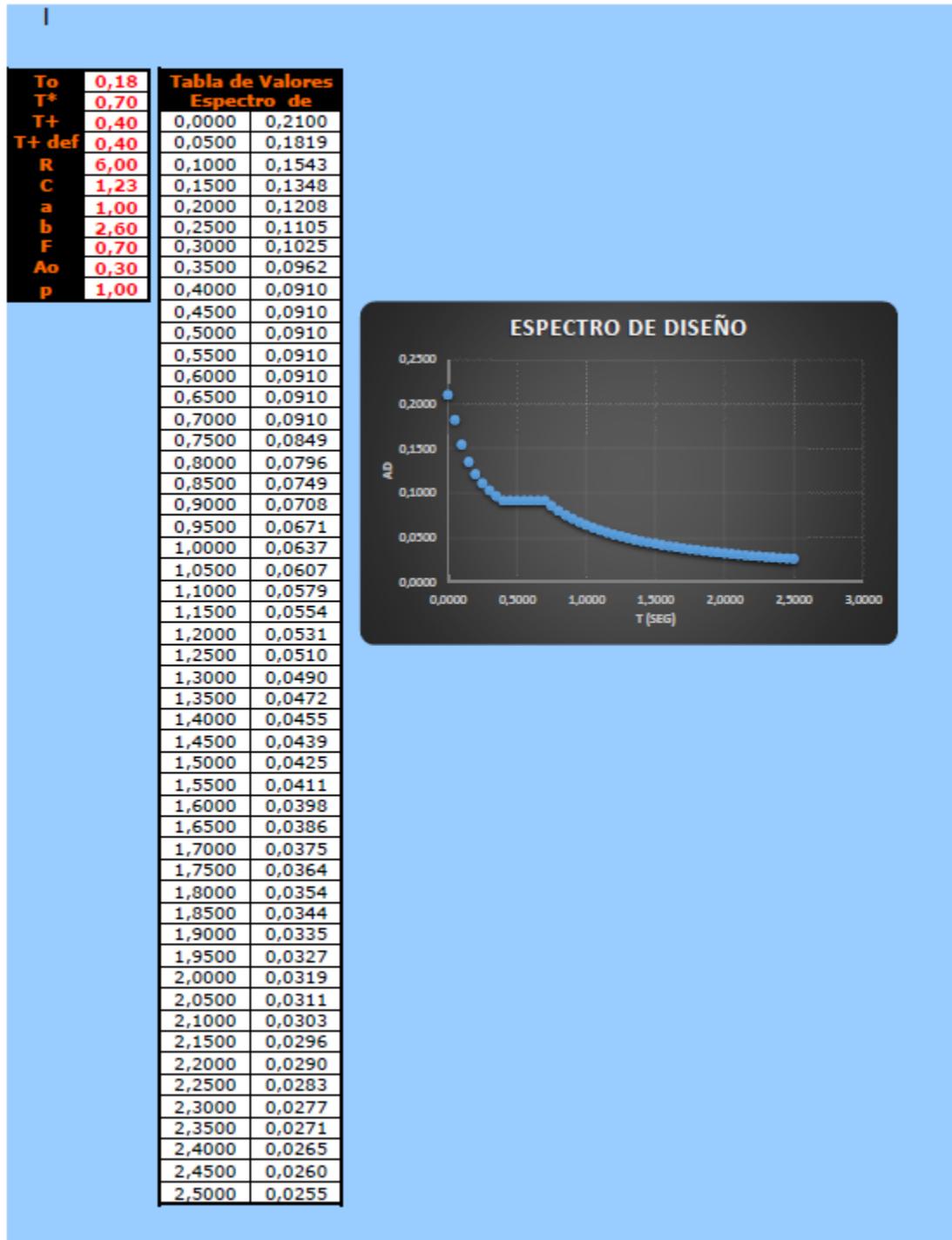
(b) El espesor de los estratos blandos o sueltos (Vs < 170 m/s) debe ser mayor que 0,1 H.

(c) Si H<sub>i</sub> ≥ 0,25 H y A<sub>0</sub> ≤ 0,20 úsese S3

NIVELES DE DISEÑO (ND)

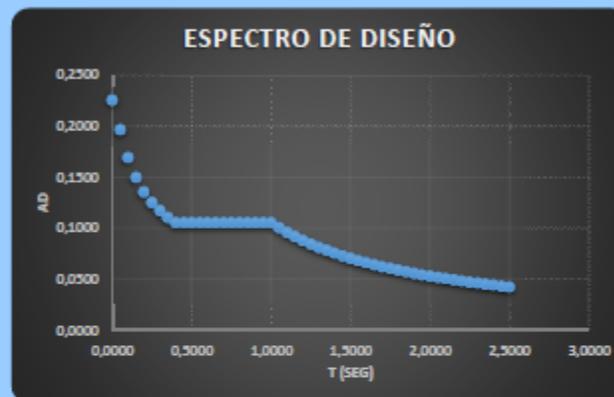
TABLA 6.2

| GRUPO =           | Zona =   | GRUPO        | ZONA SISMICA          |                |                 | Edificios de hasta 10 pisos o |
|-------------------|----------|--------------|-----------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
|                   |          |              | 1Y2                   | 3Y4            | 5,6Y7           |                               |
| <b>B2</b>         | <b>5</b> | <b>A; B1</b> | ND3                   | ND3            | ND3             | Edificios de hasta 10 pisos o |
| <b>ND = ND3</b>   |          |              | ND2<br>ND3            | ND3            | ND3             |                               |
| Ver Norma pag. 26 |          | <b>B2</b>    | ND1 (*)<br>ND2<br>ND3 | ND2 (*)<br>ND3 | ND3<br>ND2 (**) |                               |



| ESPECTRO S3   |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
|---|------|---|--|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------|
| Factor de importancia (uso)<br>GRUPO = <b>b2</b>  |      | TABLA 6.1   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| Ver Norma i B2<br>$\alpha =$ <b>1,00</b>  |      | TABLA 6.1   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | GRUPO   | $\alpha$                                       |                 |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | A   | 1,30   |                 |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | B1  | 1,15   |                 |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | B2  | 1,00   |                 |                                    |                                    |                    |        |
| Aceleración de zona (COEFICIENTE DE ACCELERACION HORIZONTAL)  |      | TABLA 4.1   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| Zona = <b>5</b><br>Ao = <b>0,30</b>   |      | TABLA 4.1   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| Para ZONA ver la Norma<br>Págs. 15 a 20   |      | ZONAS SISMICAS  | $A_o$  | Peligro Sismico |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | 7   | 0,40   | Elevado         |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | 6   | 0,35   |                 |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | 5   | 0,30   |                 |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | 4   | 0,25   | Intermedio      |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | 3   | 0,20   |                 |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | 2   | 0,15   | Bajo            |                                    |                                    |                    |        |
|   |      | 1   | 0,10   |                 |                                    |                                    |                    |        |
| CORRELACION APROXIMADA ENTRE LAS VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE, VS, CON LA COMPACIDAD, LA RESISTENCIA A LA PENETRACION DEL ENSAYO SPT Y LA RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO DE ARCILLAS, Su. |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| TABLA C - 5.1, Pág. C-22  |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| Descripción del Material  |      | N1 (60)   | Velocidad Promedio de Ondas de Corte, Vs (m/s) |                 | Resistencia al Corte No Drenada Su |                                    |                    |        |
|   |      |   |  |                 | (kgf/cm <sup>2</sup> )             | (kPa)                              |                    |        |
| Roca Dura   |      | --  | Vs > 700                                       |                 | --                                 | --                                 | --                 |        |
| Roca Blanda   |      | --  | Vs > 400                                       |                 | --                                 | --                                 | --                 |        |
| Suelos Muy Duros o Muy Densos (Rígidos)   |      | N1(60) > 50   | Vs > 400                                       |                 | >1.00                              | >1.00                              |                    |        |
| Suelos Duros o Densos (Medianamente Rígidos)  |      | 20 ≤ N1(60) ≤ 50  | 250 ≤ Vs ≤ 400                                 |                 | 0.70 - 1.00                        | 70 - 100                           |                    |        |
| Suelos Firmes o Medianamente Densos (Baja Rigidez)  |      | 10 ≤ N1(60) ≤ 20  | 170 ≤ Vs ≤ 250                                 |                 | 0.40 - 0.70                        | 40 - 70                            |                    |        |
| Suelos Blandos o Suelos (Muy Baja Rigidez)  |      | N1(60) < 10   | Vs < 170                                       |                 | < 0.40                             | < 40                               |                    |        |
| FORMA ESPECTRAL Y FACTOR DE CORRECCION j  |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| TABLA 5.1, Pág. 21  |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| F. Esp.   | S3   | Material  | V <sub>sp</sub> (m/s)                          | H (m)           | Zona sísmica 1 y 4                 |                                    | Zona sísmica 5 y 7 |        |
| $\varphi =$   | 0,75 |   |  |                 | Forma espectral                    | $\Phi$                             | Forma espectral    | $\Phi$ |
|   |      | Roca sana / fracturada  | > 500  | -               | S1                                 | 0,85                               | S1                 | 1,00   |
|   |      |   |  | < 30            | S1                                 | 0,85                               | S1                 | 1,00   |
|   |      | eteorizada y suelos muy dur   | > 400  | 30 - 50         | S2                                 | 0,80                               | S2                 | 0,90   |
|   |      |   |  | > 50            | S3                                 | 0,70                               | S2                 | 0,90   |
|   |      |   |  | < 15            | S1                                 | 0,80                               | S1                 | 1,00   |
|   |      | Suelo duros o densos  | 250 - 400                                      | 15 - 50         | S2                                 | 0,80                               | S2                 | 0,90   |
|   |      |   |  | > 50            | S3                                 | 0,75                               | S2                 | 0,90   |
|   |      | Suelos firmes / medios denso  | 170 - 250                                      | ≤ 50            | S3                                 | 0,70                               | S2                 | 0,95   |
|   |      |   |  | > 50            | S3 <sup>(a)</sup>                  | 0,70                               | S3                 | 0,75   |
|   |      | Suelos blandos / sueltos  | < 170  | ≤ 15            | S3                                 | 0,70                               | S2                 | 0,90   |
|   |      |   |  | > 15            | S3 <sup>(a)</sup>                  | 0,70                               | S3                 | 0,80   |
|   |      | Suelos blandos o sueltos <sup>(b)</sup> intercalados con suelos mas rígidos | -  | H <sub>1</sub>  | S2 <sup>(c)</sup>                  | 0,65                               | S2                 | 0,70   |
| (a) Si Ao ≤ 0.15, úsese S4  |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| (b) El espesor de los estratos blandos o sueltos (Vs < 170 m/s) debe ser mayor que 0,1 H.   |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| (c) Si H <sub>1</sub> ≥ 0,25 H y Ao ≤ 0,20 úsese S3   |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| NIVELES DE DISEÑO (ND)  |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| TABLA 6.2   |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |
| GRUPO =   | B2   | GRUPO   | ZONA SISMICA                                   |                 |                                    |                                    |                    |        |
| Zona =  | 5    |   | 1V2  | 3V4             | 5,6V7                              |                                    |                    |        |
|   |      | A; B1   |  | ND3             | ND3                                | Para edificios de hasta 10 pisos ó |                    |        |
|   |      |   | ND2<br>ND3                                     |                 |                                    |                                    |                    |        |
| Table 6.2<br>ND =   | ND3  | B2  | ND1 (*)<br>ND2<br>ND3                          | ND2 (*)<br>ND3  | ND3<br>ND2 (**)                    | Para edificios de hasta 2 pisos ó  |                    |        |
| Ver Norma pag. 26   |      |   |  |                 |                                    |                                    |                    |        |

|               |             | <b>Tabla de Valores</b> |        |
|---------------|-------------|-------------------------|--------|
|               |             | <b>Espectro de</b>      |        |
| <b>To</b>     | <b>0,25</b> | 0,0000                  | 0,2250 |
| <b>T*</b>     | <b>1,00</b> | 0,0500                  | 0,1963 |
| <b>T+</b>     | <b>0,40</b> | 0,1000                  | 0,1687 |
| <b>T+ def</b> | <b>0,40</b> | 0,1500                  | 0,1492 |
| <b>R</b>      | <b>6,00</b> | 0,2000                  | 0,1352 |
| <b>C</b>      | <b>1,21</b> | 0,2500                  | 0,1248 |
| <b>a</b>      | <b>1,00</b> | 0,3000                  | 0,1167 |
| <b>b</b>      | <b>2,80</b> | 0,3500                  | 0,1103 |
| <b>F</b>      | <b>0,75</b> | 0,4000                  | 0,1050 |
| <b>Ao</b>     | <b>0,30</b> | 0,4500                  | 0,1050 |
| <b>p</b>      | <b>1,00</b> | 0,5000                  | 0,1050 |
|               |             | 0,5500                  | 0,1050 |
|               |             | 0,6000                  | 0,1050 |
|               |             | 0,6500                  | 0,1050 |
|               |             | 0,7000                  | 0,1050 |
|               |             | 0,7500                  | 0,1050 |
|               |             | 0,8000                  | 0,1050 |
|               |             | 0,8500                  | 0,1050 |
|               |             | 0,9000                  | 0,1050 |
|               |             | 0,9500                  | 0,1050 |
|               |             | 1,0000                  | 0,1050 |
|               |             | 1,0500                  | 0,1000 |
|               |             | 1,1000                  | 0,0955 |
|               |             | 1,1500                  | 0,0913 |
|               |             | 1,2000                  | 0,0875 |
|               |             | 1,2500                  | 0,0840 |
|               |             | 1,3000                  | 0,0808 |
|               |             | 1,3500                  | 0,0778 |
|               |             | 1,4000                  | 0,0750 |
|               |             | 1,4500                  | 0,0724 |
|               |             | 1,5000                  | 0,0700 |
|               |             | 1,5500                  | 0,0677 |
|               |             | 1,6000                  | 0,0656 |
|               |             | 1,6500                  | 0,0636 |
|               |             | 1,7000                  | 0,0618 |
|               |             | 1,7500                  | 0,0600 |
|               |             | 1,8000                  | 0,0583 |
|               |             | 1,8500                  | 0,0568 |
|               |             | 1,9000                  | 0,0553 |
|               |             | 1,9500                  | 0,0538 |
|               |             | 2,0000                  | 0,0525 |
|               |             | 2,0500                  | 0,0512 |
|               |             | 2,1000                  | 0,0500 |
|               |             | 2,1500                  | 0,0488 |
|               |             | 2,2000                  | 0,0477 |
|               |             | 2,2500                  | 0,0467 |
|               |             | 2,3000                  | 0,0457 |
|               |             | 2,3500                  | 0,0447 |
|               |             | 2,4000                  | 0,0438 |
|               |             | 2,4500                  | 0,0429 |
|               |             | 2,5000                  | 0,0420 |



| S1                                  |        |
|-------------------------------------|--------|
| Tabla de Valores Espectro de Diseño |        |
| T                                   | Ad     |
| 0,0000                              | 0,3000 |
| 0,0500                              | 0,2581 |
| 0,1000                              | 0,2160 |
| 0,1500                              | 0,1862 |
| 0,2000                              | 0,1650 |
| 0,2500                              | 0,1492 |
| 0,3000                              | 0,1372 |
| 0,3500                              | 0,1277 |
| 0,4000                              | 0,1200 |
| 0,4500                              | 0,1067 |
| 0,5000                              | 0,0960 |
| 0,5500                              | 0,0873 |
| 0,6000                              | 0,0800 |
| 0,6500                              | 0,0738 |
| 0,7000                              | 0,0686 |
| 0,7500                              | 0,0640 |
| 0,8000                              | 0,0600 |
| 0,8500                              | 0,0565 |
| 0,9000                              | 0,0533 |
| 0,9500                              | 0,0505 |
| 1,0000                              | 0,0480 |
| 1,0500                              | 0,0457 |
| 1,1000                              | 0,0436 |
| 1,1500                              | 0,0417 |
| 1,2000                              | 0,0400 |
| 1,2500                              | 0,0384 |
| 1,3000                              | 0,0369 |
| 1,3500                              | 0,0356 |
| 1,4000                              | 0,0343 |
| 1,4500                              | 0,0331 |
| 1,5000                              | 0,0320 |
| 1,5500                              | 0,0310 |
| 1,6000                              | 0,0300 |
| 1,6500                              | 0,0291 |
| 1,7000                              | 0,0282 |
| 1,7500                              | 0,0274 |
| 1,8000                              | 0,0267 |
| 1,8500                              | 0,0259 |
| 1,9000                              | 0,0253 |
| 1,9500                              | 0,0246 |
| 2,0000                              | 0,0240 |
| 2,0500                              | 0,0234 |
| 2,1000                              | 0,0229 |
| 2,1500                              | 0,0223 |
| 2,2000                              | 0,0218 |
| 2,2500                              | 0,0213 |
| 2,3000                              | 0,0209 |
| 2,3500                              | 0,0204 |
| 2,4000                              | 0,0200 |
| 2,4500                              | 0,0196 |
| 2,5000                              | 0,0192 |

| S2 0.70                             |        |
|-------------------------------------|--------|
| Tabla de Valores Espectro de Diseño |        |
| T                                   | Ad     |
| 0,0000                              | 0,2100 |
| 0,0500                              | 0,1819 |
| 0,1000                              | 0,1543 |
| 0,1500                              | 0,1348 |
| 0,2000                              | 0,1208 |
| 0,2500                              | 0,1105 |
| 0,3000                              | 0,1025 |
| 0,3500                              | 0,0962 |
| 0,4000                              | 0,0910 |
| 0,4500                              | 0,0910 |
| 0,5000                              | 0,0910 |
| 0,5500                              | 0,0910 |
| 0,6000                              | 0,0910 |
| 0,6500                              | 0,0910 |
| 0,7000                              | 0,0910 |
| 0,7500                              | 0,0849 |
| 0,8000                              | 0,0796 |
| 0,8500                              | 0,0749 |
| 0,9000                              | 0,0708 |
| 0,9500                              | 0,0671 |
| 1,0000                              | 0,0637 |
| 1,0500                              | 0,0607 |
| 1,1000                              | 0,0579 |
| 1,1500                              | 0,0554 |
| 1,2000                              | 0,0531 |
| 1,2500                              | 0,0510 |
| 1,3000                              | 0,0490 |
| 1,3500                              | 0,0472 |
| 1,4000                              | 0,0455 |
| 1,4500                              | 0,0439 |
| 1,5000                              | 0,0425 |
| 1,5500                              | 0,0411 |
| 1,6000                              | 0,0398 |
| 1,6500                              | 0,0386 |
| 1,7000                              | 0,0375 |
| 1,7500                              | 0,0364 |
| 1,8000                              | 0,0354 |
| 1,8500                              | 0,0344 |
| 1,9000                              | 0,0335 |
| 1,9500                              | 0,0327 |
| 2,0000                              | 0,0319 |
| 2,0500                              | 0,0311 |
| 2,1000                              | 0,0303 |
| 2,1500                              | 0,0296 |
| 2,2000                              | 0,0290 |
| 2,2500                              | 0,0283 |
| 2,3000                              | 0,0277 |
| 2,3500                              | 0,0271 |
| 2,4000                              | 0,0265 |
| 2,4500                              | 0,0260 |
| 2,5000                              | 0,0255 |

| S2                                  |        |
|-------------------------------------|--------|
| Tabla de Valores Espectro de Diseño |        |
| T                                   | Ad     |
| 0,0000                              | 0,2700 |
| 0,0500                              | 0,2339 |
| 0,1000                              | 0,1984 |
| 0,1500                              | 0,1733 |
| 0,2000                              | 0,1554 |
| 0,2500                              | 0,1420 |
| 0,3000                              | 0,1318 |
| 0,3500                              | 0,1236 |
| 0,4000                              | 0,1170 |
| 0,4500                              | 0,1170 |
| 0,5000                              | 0,1170 |
| 0,5500                              | 0,1170 |
| 0,6000                              | 0,1170 |
| 0,6500                              | 0,1170 |
| 0,7000                              | 0,1170 |
| 0,7500                              | 0,1092 |
| 0,8000                              | 0,1024 |
| 0,8500                              | 0,0964 |
| 0,9000                              | 0,0910 |
| 0,9500                              | 0,0862 |
| 1,0000                              | 0,0819 |
| 1,0500                              | 0,0780 |
| 1,1000                              | 0,0745 |
| 1,1500                              | 0,0712 |
| 1,2000                              | 0,0683 |
| 1,2500                              | 0,0655 |
| 1,3000                              | 0,0630 |
| 1,3500                              | 0,0607 |
| 1,4000                              | 0,0585 |
| 1,4500                              | 0,0565 |
| 1,5000                              | 0,0546 |
| 1,5500                              | 0,0528 |
| 1,6000                              | 0,0512 |
| 1,6500                              | 0,0496 |
| 1,7000                              | 0,0482 |
| 1,7500                              | 0,0468 |
| 1,8000                              | 0,0455 |
| 1,8500                              | 0,0443 |
| 1,9000                              | 0,0431 |
| 1,9500                              | 0,0420 |
| 2,0000                              | 0,0410 |
| 2,0500                              | 0,0400 |
| 2,1000                              | 0,0390 |
| 2,1500                              | 0,0381 |
| 2,2000                              | 0,0372 |
| 2,2500                              | 0,0364 |
| 2,3000                              | 0,0356 |
| 2,3500                              | 0,0349 |
| 2,4000                              | 0,0341 |
| 2,4500                              | 0,0334 |
| 2,5000                              | 0,0328 |

| S3                                  |        |
|-------------------------------------|--------|
| Tabla de Valores Espectro de Diseño |        |
| T                                   | Ad     |
| 0,0000                              | 0,2250 |
| 0,0500                              | 0,1963 |
| 0,1000                              | 0,1687 |
| 0,1500                              | 0,1492 |
| 0,2000                              | 0,1352 |
| 0,2500                              | 0,1248 |
| 0,3000                              | 0,1167 |
| 0,3500                              | 0,1103 |
| 0,4000                              | 0,1050 |
| 0,4500                              | 0,1050 |
| 0,5000                              | 0,1050 |
| 0,5500                              | 0,1050 |
| 0,6000                              | 0,1050 |
| 0,6500                              | 0,1050 |
| 0,7000                              | 0,1050 |
| 0,7500                              | 0,1050 |
| 0,8000                              | 0,1050 |
| 0,8500                              | 0,1050 |
| 0,9000                              | 0,1050 |
| 0,9500                              | 0,1050 |
| 1,0000                              | 0,1050 |
| 1,0500                              | 0,1000 |
| 1,1000                              | 0,0955 |
| 1,1500                              | 0,0913 |
| 1,2000                              | 0,0875 |
| 1,2500                              | 0,0840 |
| 1,3000                              | 0,0808 |
| 1,3500                              | 0,0778 |
| 1,4000                              | 0,0750 |
| 1,4500                              | 0,0724 |
| 1,5000                              | 0,0700 |
| 1,5500                              | 0,0677 |
| 1,6000                              | 0,0656 |
| 1,6500                              | 0,0636 |
| 1,7000                              | 0,0618 |
| 1,7500                              | 0,0600 |
| 1,8000                              | 0,0583 |
| 1,8500                              | 0,0568 |
| 1,9000                              | 0,0553 |
| 1,9500                              | 0,0538 |
| 2,0000                              | 0,0525 |
| 2,0500                              | 0,0512 |
| 2,1000                              | 0,0500 |
| 2,1500                              | 0,0488 |
| 2,2000                              | 0,0477 |
| 2,2500                              | 0,0467 |
| 2,3000                              | 0,0457 |
| 2,3500                              | 0,0447 |
| 2,4000                              | 0,0438 |
| 2,4500                              | 0,0429 |
| 2,5000                              | 0,0420 |