

|                                                                                                                                                      |                                                                                 |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  <b>EDUCACIÓN</b><br><small>SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA</small> | <b>SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA</b><br><b>TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO</b> |  |
|                                                                                                                                                      | <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RIO</b>                                    |                                                                                     |
|                                                                                                                                                      | <b>Portada del Proyecto de Residencias Profesionales</b>                        |                                                                                     |

Nombre del Proyecto:

**“NAVES INDUSTRIALES”**

**Diseño Estructural de Nave Industrial con Mezzanine de 30 x 50 m en el Municipio de Oriental, Puebla México.**

Nombre los Alumnos

**Hernández Valerio Azalia Clarisa**  
**Murillo Balderas Andres**

Números de Control

**16990065**

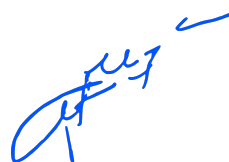
**16990070**

Nombre de la Carrera

**Ingeniería Civil**

Especialidad

**Obras Marítimas**



ING ALFREDO VAZQUEZ E  
Vo. Bo

## **PRELIMINARES**

### **Agradecimiento**

C. Hernandez Valerio Azalia Clarisa

En el caminar que he tenido por la vida, he pasado por diversas situaciones, buenas y malas en los que me he encontrado a mí misma, lo único que me a hecho sobreponerme de todo ello y me ha ayudado a tener un crecimiento y madures personal ha sido la compañía de ellos; mis padres, mi hermano y mis amigos, en este camino que se llama mi vida.

Gracias a mis padres Hilario Hernandez Sainz y Griselda Valerio Basurto, por todo el apoyo que me han brindado, por la paciencia, el amor, el cariño, la comprensión y la fe, por creer en mi en mis expectativas y en darme ánimos para seguir con mis sueños, y no darme por vencida a seguir luchando por mis metas y ser alguien en la vida.

Desde su nacimiento ha hecho mis días más felices, al motivarme para ser una mejor persona, un buen ejemplo, alguien de quien se sienta orgulloso, brindándome amor cariño, comprensión, paciencia; por esas y mil cosas más le quiero dar las gracias a mi hermano, Hilario Hernandez Valerio, que siempre está

ahí para mí, cuando lo he necesitado, alentándome a tener éxito en todo lo que me propongo.

La amistad es uno de los mayores tesoros que alguien puede tener, te permiten caminar con seguridad, recordándote cual la meta día con día; apoyarte en todos los momentos ya sean malos y buenos y también están contigo en los peores. Desvelarse contigo para estudiar, hacerte reír cuando ya no puedes más, existen, muchas palabras para agradecer por todo ese apoyo, pero si más preámbulo, agradezco a mi amiga Kassandra Méndez Ferrant y a mi amigo casi hermano Andres Murillo Balderas, por estar en todos estos momentos, por ayudarme a salir de la oscuridad cuando más lo necesitaba, por caminar de la mano conmigo en este proceso.

C. Murillo Balderas Andres

Cuando la vida se ensaña contigo y te apalea con fuerza no debes darte por vencido, debes ser más fuerte cada día y seguir adelante, si te tira una vez, levántate dos veces, en pocas palabras, en este camino hay que sufrir para poder merecer, si la vida fuera fácil no sería vida.

En muchas ocasiones pensé en tirar la tolla y que no podría cumplir esta meta, en este sendero que ha sido largo de muchas vivencias, experiencias y aprendizaje, me ha hecho ser más fuerte y ser la persona que ahora soy.

Agradezco principalmente a mis padres Flora Balderas Santos y Fermín Murillo Méndez por apoyarme siempre, por querer para mí un mejor futuro. Pero en especial a mi madre por nunca dejarme solo, y a pesar de haber cometido muchos errores nunca soltó mi mano. Siempre ha estado ahí para ayudarme a levantarme una y otra vez, en cada uno de los tropiezos en este camino.

Al día de hoy todo su esfuerzo y sacrificio de su parte llega a su fin, si no fuera por ustedes esto no sería posible, este logro no es mío, si no de ustedes.

¡Gracias!

Una de las más grandes satisfacciones que tiene el ser humano, es la seguridad de contar con grandes amigos. Con el paso del tiempo la amistad se fortalece sin darnos cuenta, la convivencia ha traído aficiones, gustos e intereses en común, compartiendo preocupaciones, alegrías, triunfos y la seguridad de contar con un apoyo incondicional. Todo pasa por algo, y le agradezco a la vida por haberte conocido mi gran amiga y hermana Clarisa Hernandez Valerio, como dijimos juntos iniciamos y juntos terminaremos esta meta, contigo conocí el verdadero significado de la palabra amistad.

Te agradezco por estar conmigo en todos los momentos ya fueran buenos o malos, yo sabía que siempre podría contar contigo y efectivamente no me equivoque, tú siempre al pie del cañón apoyándome, dándome palabras de aliento “Tu puedes” aunque las circunstancias se tornaran adversas.

Pasamos muchos días de estrés, noches de desvelos por estudiar, recuerdos, vivencias, errores, crecimos juntos como personas. Y si no fuera por ti y tu amistad esto que estamos logrando juntos no sería posible, ahora si podemos decir lo logramos.

¡Gracias

## Resumen

Se realizó el diseño estructural de una nave industrial con mezzanine situada en el Municipio de Oriental en el estado de Puebla, México. Utilizando el software ECOGcw 3 para diseño estructural basado en las Normativas Aplicadas en México señaladas en el manual IMCA (Manual de Construcción en Acero), bajo el aún vigente diseño por Esfuerzos Permisibles, por otra parte, mediante el uso de la aplicación Civil Zapata se realizó el diseño de cimentaciones basado en las Normas Técnicas Complementaria del Reglamento de Construcción del Distrito Federal vigente.

El proyecto estructural contempla una nave industrial de planta rectangular, que tiene 50 m de largo por 30 m de ancho, con mezzanine incluido, ocupando un área total de 1500 m<sup>2</sup>. Dicho inmueble está proyectado para funcionar como una bodega, principalmente alojará productos terminados.

Desde un punto de vista general, su estructuración está constituida por tres partes: la cimentación, la estructura principal y la cubierta.

La nave posee una cubierta a dos aguas de lámina Hiper Tec Roof Sunderland 2" de espesor calibre 24/26, color Arena Ral 9002 marca Grupo Matecno, que se apoya en la estructura principal. La armadura original está compuesta por 6

marcos rígidos de acero cubierta por muros de concreto reforzado de 12 cm de espesor con una altura de 3.66 m y 7.61 m de muro de lámina de la terminación del muro de concreto hasta la cumbrera de la estructura en fachada principal, que cubren la altura total del inmueble, alcanzando un nivel de lecho alto máximo de 11.27 m en zona y en el resto del perímetro de la nave una altura de 8.59 m, conformado por 3.66 m de muro de concreto reforzado y 4.93 m de muro de lámina, cubriendo el total de la altura de fachadas laterales.

Los marcos rígidos se encuentran apoyados sobre una cimentación hecha a base de zapatas. Y los muros se encuentran apoyados sobre trabes de liga que unen las cimentaciones. Para este proyecto se utilizaron zapatas aisladas de centro, esquina y borde.

Interiormente la nave cuenta con un mezzanine con una altura de 3.783 m con respecto al nivel de piso de la nave. El mezzanine tiene 14.03 m de largo por 9.66 m de ancho, por lo que posee un área de 135.53 m<sup>2</sup>.

Por último, cabe señalar que los muros tanto de concreto reforzado como de lámina Hiper Tec Roof Sunderland son especificaciones propias del cliente, ya que se sigue un estilo de naves tipo a edificaciones aledañas.

## Contenido

|                                                                                                  |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>PRELIMINARES.....</b>                                                                         | <b>i</b> |
| Agradecimiento.....                                                                              | i        |
| Resumen .....                                                                                    | v        |
| Contenido .....                                                                                  | vii      |
| Índice de tablas.....                                                                            | xii      |
| Índice de figuras .....                                                                          | xiv      |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                                                         | <b>1</b> |
| JUSTIFICACIÓN .....                                                                              | 4        |
| LIMITACIONES .....                                                                               | 5        |
| PROBLEMAS A RESOLVER .....                                                                       | 6        |
| ALCANCES .....                                                                                   | 7        |
| <b>1. EMPRESA.....</b>                                                                           | <b>8</b> |
| Misión .....                                                                                     | 8        |
| Visión .....                                                                                     | 9        |
| ¿Qué nos diferencia? .....                                                                       | 9        |
| Estructura organizacional.....                                                                   | 10       |
| Departamentos y funciones de puestos en el organigrama .....                                     | 11       |
| Gerente general y funcione .....                                                                 | 11       |
| Sub gerente y funciones .....                                                                    | 12       |
| Departamento de asesoría contable y funciones .....                                              | 12       |
| Departamento de asesoría legal y funciones .....                                                 | 13       |
| Departamento de supervisión interna y funciones .....                                            | 14       |
| Departamento de arquitectura y funciones .....                                                   | 15       |
| Departamento de Ingeniería estructural.....                                                      | 15       |
| Departamento de administración y funciones .....                                                 | 16       |
| Fases del proceso de producción de un proyecto estructural.....                                  | 17       |
| Departamento donde se llevó a cabo el proyecto de residencia “naves industriales” .....          | 19       |
| Etapas del proceso de elaboración de un proyecto del departamento de ingeniería estructural..... | 20       |
| Etapa de planeación.....                                                                         | 20       |

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Etapa de estructuración .....                                                          | 21        |
| Etapa de modelado.....                                                                 | 22        |
| Etapa de análisis estructural .....                                                    | 22        |
| Etapa de diseño estructural.....                                                       | 23        |
| Etapa de planos y memorias de cálculo .....                                            | 24        |
| <b>2. OBJETIVOS .....</b>                                                              | <b>25</b> |
| <b>OBJETIVO GENERAL .....</b>                                                          | <b>25</b> |
| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>                                                     | <b>25</b> |
| <b>3. FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>                                                     | <b>27</b> |
| El uso de naves industriales .....                                                     | 27        |
| Tipos de naves industriales .....                                                      | 28        |
| Tipo de método de diseño: AISC – LRFD .....                                            | 29        |
| Factores de carga y combinaciones de carga Bases: ASCE-7 (formalmente ANSI A58.1)..... | 32        |
| Análisis estructural .....                                                             | 34        |
| Sismo en dos direcciones ortogonales.....                                              | 35        |
| Diseño de viento .....                                                                 | 36        |
| Criterios para diseño por viento .....                                                 | 38        |
| Clasificación de estructura según su importancia o destino .....                       | 39        |
| Clasificación según su respuesta ante la acción del viento .....                       | 40        |
| Determinación de la velocidad de diseño .....                                          | 40        |
| Categorías de terrenos y clases de estructuras .....                                   | 41        |
| Velocidad regional.....                                                                | 42        |
| Factor de exposición.....                                                              | 42        |
| Factor de topografía.....                                                              | 44        |
| Presión dinámica de base.....                                                          | 44        |
| Presiones exteriores .....                                                             | 45        |
| Diseño de elementos estructurales .....                                                | 46        |
| Diseño de vigas.....                                                                   | 46        |
| Trabes de estructura.....                                                              | 47        |
| Diseño de columnas.....                                                                | 48        |
| Diseño de contraventeos .....                                                          | 48        |
| Diseño de largueros y contraflambeos .....                                             | 49        |
| Diseño de cubierta.....                                                                | 50        |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Análisis de muros de concreto reforzado .....                                        | 51 |
| Diseño de cimentaciones.....                                                         | 52 |
| El procedimiento para el cálculo y diseño de zapatas aisladas, es el siguiente:..... | 53 |
| Cálculo de la descarga total de la cimentación .....                                 | 53 |
| Dimensionamiento de la zapata .....                                                  | 54 |
| Cálculo de la presión de contacto.....                                               | 55 |
| Cálculo de la presión neta ultima .....                                              | 56 |
| Cálculo de peralte necesario para resistir cortante como viga ancha ....             | 56 |
| Cálculo del peralte necesario para resistir cortante por penetración .....           | 57 |
| Zapatas cuadradas de centro .....                                                    | 58 |
| Zapatas cuadradas de borde .....                                                     | 58 |
| Zapatas cuadradas de esquina .....                                                   | 58 |
| Diseño por Flexión.....                                                              | 62 |
| Cálculo del refuerzo por cambios volumétricos .....                                  | 63 |
| Bajada de cargas .....                                                               | 65 |
| Diseño de zapatas aisladas .....                                                     | 66 |
| Diseño de placas base y anclas .....                                                 | 66 |
| 4. ACTIVIDADES.....                                                                  | 68 |
| 5. RESULTADOS .....                                                                  | 72 |
| Análisis de viento .....                                                             | 72 |
| Clasificación estructural .....                                                      | 73 |
| Determinación de la velocidad básica de diseño (tabla 6.1 y 6.2). ....               | 73 |
| Velocidad Regional .....                                                             | 73 |
| Factor topográfico (tabla 6.6) .....                                                 | 73 |
| Factor de exposición.....                                                            | 73 |
| Velocidad básica del diseño.....                                                     | 74 |
| Presión dinámica de la base (tabla 7.1).....                                         | 74 |
| Método estático.....                                                                 | 75 |
| Precisiones exteriores .....                                                         | 75 |
| Análisis de diseño geotécnico de cimentación .....                                   | 77 |
| Resultados del software ECOGcw3 .....                                                | 78 |
| Plantas de la nave.....                                                              | 78 |
| Isométrico momento flexionante .....                                                 | 80 |

|                                                                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Isométrico deformación .....                                                                                                  | 80         |
| Isométrico de refuerzo. TL.....                                                                                               | 81         |
| Isométrico cortante .....                                                                                                     | 83         |
| Isométrico torsión .....                                                                                                      | 84         |
| Diseño placas base y anclas.....                                                                                              | 85         |
| Dimensiones de placa base.....                                                                                                | 86         |
| Revisión de aplastamiento.....                                                                                                | 87         |
| Cálculo de espesor de placa .....                                                                                             | 87         |
| Anclas para placas base .....                                                                                                 | 88         |
| Resultados de Diseño.....                                                                                                     | 90         |
| <b>PLANOS ESTRUCTURALES.....</b>                                                                                              | <b>91</b>  |
| Cim-01.....                                                                                                                   | 91         |
| Est-01 .....                                                                                                                  | 92         |
| Est-02 .....                                                                                                                  | 93         |
| Est-03 .....                                                                                                                  | 94         |
| Est - mezzanine .....                                                                                                         | 95         |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                                                                                                      | <b>96</b>  |
| <b>FUENTES DE INFORMACIÓN.....</b>                                                                                            | <b>99</b>  |
| <b>ANEXO A: DISEÑO DE VIENTO SEGÚN MANUAL DE COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (C.F.E).....</b>                                | <b>101</b> |
| Clasificación de estructura según su importancia o destino .....                                                              | 101        |
| Clasificación de estructura según su respuesta ante la acción del viento...                                                   | 103        |
| Categorías de terrenos y clases de estructuras.....                                                                           | 106        |
| Velocidad regional.....                                                                                                       | 107        |
| Factor de tamaño, FC .....                                                                                                    | 108        |
| Factor topográfico, FT .....                                                                                                  | 108        |
| Presión barométrica, en mm de hg, $\Omega$ .....                                                                              | 109        |
| Coeficientes de presiones exteriores Cpe para muros y techos barlovento y sotavento.....                                      | 109        |
| Factor de reducción KA .....                                                                                                  | 110        |
| Comportamiento de los coeficientes de presión Cpe para muros y techos según dirección del viento .....                        | 111        |
| <b>ANEXO B: PROPIEDADES GEOMETRICAS Y MECANICAS DE PERFILES UTILIZADOS EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL (MANUAL IMCA 5TA EDICION)</b> | <b>112</b> |

|                                                                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Perfiles de trabes en la estructura .....                                                                                                       | 112        |
| Perfiles de trabes en el mezzanine.....                                                                                                         | 114        |
| Perfiles de columnas en la estructura.....                                                                                                      | 114        |
| Perfiles de columnas en el mezzanine .....                                                                                                      | 116        |
| Perfiles de contraventeos .....                                                                                                                 | 117        |
| Perfiles de largueros y contraflambeos .....                                                                                                    | 117        |
| <b>ANEXO C: FICHA TECNICA DE LAMINA HIPER TEC ROOF SUNDERLAND 2" DE<br/>ESPESOR CALIBRE 24/26 .....</b>                                         | <b>119</b> |
| <b>CARACTERÍSTICAS: .....</b>                                                                                                                   | <b>119</b> |
| <b>ESPECIFICACIONES: .....</b>                                                                                                                  | <b>120</b> |
| <b>ANEXO D: PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE CIMENTACIONES,<br/>PROPIEDADES MECÁNICAS DE MATERIALES Y VARILLAS UTILIZADAS PARA<br/>SU ARMADO.....</b> | <b>122</b> |
| Zapata 1 .....                                                                                                                                  | 122        |
| Zapata 2 .....                                                                                                                                  | 123        |
| Zapata 3 .....                                                                                                                                  | 123        |
| Zapata 4 para mezzanine con dado de 83.3x50 cm. ....                                                                                            | 124        |
| Zapata 5 para mezzanine con dado de 83.3x50 cm. ....                                                                                            | 124        |
| <b>Anexo E: corrida de cálculo estructural, resultados de software ECOGcw3...</b>                                                               | <b>127</b> |

## Índice de tablas

|                                                                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1: Cargas y combinaciones de carga .....                                                                                                                                                    | 33  |
| Tabla 2: Diversos factores de reducción de la resistencia.....                                                                                                                                    | 33  |
| Tabla 3: Especificaciones de varillas de refuerzo.....                                                                                                                                            | 64  |
| Tabla 4: capacidad de carga del suelo a diferentes profundidades .....                                                                                                                            | 77  |
| Tabla 5: Dimensiones de placa base .....                                                                                                                                                          | 85  |
| Tabla 6: Dimensiones de dado .....                                                                                                                                                                | 85  |
| Tabla 7: Dimensiones de anclas .....                                                                                                                                                              | 85  |
| Tabla 8: Materiales de placa base .....                                                                                                                                                           | 85  |
| Tabla 9: Materiales de anclas .....                                                                                                                                                               | 86  |
| Tabla 10: Dimensiones de perfil metálico para diseño de placas base.....                                                                                                                          | 86  |
| Tabla 11: Resultados de diseño .....                                                                                                                                                              | 90  |
| Tabla 12: Clase de estructura según su tamaño.....                                                                                                                                                | 106 |
| TABLA 13: Categoría del terreno según su rugosidad.....                                                                                                                                           | 106 |
| Tabla 14: Velocidades regionales de las ciudades más importantes de la<br>República Mexicana correspondientes a periodos de recurrencia de 10, 50, 100,<br>200 y 2000 años, respectivamente. .... | 107 |
| Tabla 15: Factor de tamaño, FC .....                                                                                                                                                              | 108 |
| Tabla 16: Factor de topografía local, FT. ....                                                                                                                                                    | 108 |
| Tabla 17: Relación entre la altitud y la presión barométrica. ....                                                                                                                                | 109 |
| Tabla 18: Coeficiente de presión exterior, Cpe, Para muros en barlovento y<br>sotavento de construcciones con planta rectangular cerrada. ....                                                    | 108 |
| Tabla 19: Coeficiente de presión exterior, Cpe, Para zonas de muros laterales<br>de construcciones con planta rectangular cerrada. ....                                                           | 110 |
| Tabla 20: Factor de reducción, KA Para techos y muros laterales.....                                                                                                                              | 110 |
| Tabla 21: Características de los perfiles utilizados .....                                                                                                                                        | 112 |
| Tabla 22: Propiedades Geométricas de las trabes de marco TM - 1.....                                                                                                                              | 112 |
| Tabla 23: Propiedades Mecánicas de las trabe de marco TM - 1.....                                                                                                                                 | 112 |
| Tabla 24: Propiedades Geométricas de las trabes de TM – 2 .....                                                                                                                                   | 113 |
| Tabla 25: Propiedades Mecánicas de las trabe de ejes TM – 2.....                                                                                                                                  | 113 |
| Tabla 26: Propiedades Geométricas de las trabes V – 1 .....                                                                                                                                       | 113 |
| Tabla 27: Propiedades Mecánicas de las trabes V – 1.....                                                                                                                                          | 113 |
| Tabla 28: Propiedades Geométricas de la trabe Mezzanine.....                                                                                                                                      | 114 |
| Tabla 29: Propiedades Mecánicas de la trabe Mezzanine .....                                                                                                                                       | 114 |
| Tabla 30: Propiedades Geométricas de las columnas de la estructura.....                                                                                                                           | 114 |

|                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Tabla 31: Propiedades Mecánicas de las columnas de la estructura ....</b>                  | <b>115</b> |
| <b>Tabla 32: Propiedades Geométricas de las columnas de la estructura ejes Mezzanine.....</b> | <b>115</b> |
| <b>Tabla 33: Propiedades Mecánicas de las columnas de la estructura ejes Mezzanine.....</b>   | <b>115</b> |
| <b>Tabla 34: Propiedades Geométricas de las columnas Mezzanine C2 ..</b>                      | <b>116</b> |
| <b>Tabla 35: Propiedades Mecánicas de las columnas Mezzanine C2 .....</b>                     | <b>116</b> |
| <b>Tabla 36: Propiedades Geométricas de las columnas Mezzanine CMZ</b>                        | <b>116</b> |
| <b>Tabla 37: Propiedades Mecánicas de las columnas Mezzanine CMZ ..</b>                       | <b>117</b> |
| <b>Tabla 38: Propiedades geométricas y mecánicas contraventeos .....</b>                      | <b>117</b> |
| <b>Tabla 39: Propiedades geométricas y mecánicas de Largueros.....</b>                        | <b>117</b> |
| <b>Tabla 40: Propiedades geométricas y mecánicas de Contraflambeos ..</b>                     | <b>118</b> |
| <b>Tabla 41: Especificaciones de lamina HIPERTEC ROOF .....</b>                               | <b>120</b> |
| <b>Tabla 42: Materiales de cimentaciones.....</b>                                             | <b>122</b> |
| <b>Tabla 43: Acero utilizado para armados de cimentaciones .....</b>                          | <b>122</b> |
| <b>Tabla 44: Zapata 1 con dado de 113.9x61.4cm.....</b>                                       | <b>122</b> |
| <b>Tabla 45: Zapata z con dado de 83.3x50cm.....</b>                                          | <b>123</b> |
| <b>Tabla 46: Zapata 3 candado 113.9x61.4cm.....</b>                                           | <b>123</b> |
| <b>Tabla 47: Zapata 3 113.9x61.4 cm.....</b>                                                  | <b>124</b> |
| <b>Tabla 48: Zapata 83.3X50 cm. ....</b>                                                      | <b>124</b> |

## Índice de figuras

|                                                                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Figura 1: Estructura organizacional de empresa DISEÑO ESTRUCTURAL<br/>Despacho de Ingeniería. ....</b>                                   | <b>11</b>  |
| <b>Figura 2: Diagrama de flujo general de realización de un proyecto<br/>estructural. ....</b>                                              | <b>19</b>  |
| <b>Figura 3: Diagrama de flujo general de etapas del proceso de diseño<br/>estructural del departamento de ingeniería estructural. ....</b> | <b>24</b>  |
| <b>Figura 4: Transmisión de momentos y cargas .....</b>                                                                                     | <b>60</b>  |
| <b>Figura 5: Transmisión de momentos y cargas en columna interior.....</b>                                                                  | <b>61</b>  |
| <b>Figura 6: Transmisión de momentos y cargas en columna de borde.....</b>                                                                  | <b>61</b>  |
| <b>Figura 7: Especificaciones de zapatas.....</b>                                                                                           | <b>65</b>  |
| <b>Figura 8: Diagrama general de dimensiones de nave industrial.....</b>                                                                    | <b>72</b>  |
| <b>Figura 9: Comportamiento de los coeficientes de presión Cpe para muros<br/>y techos según dirección del viento .....</b>                 | <b>75</b>  |
| <b>Figura 10: Comportamiento de los coeficientes de presión Cpe para muros<br/>.....</b>                                                    | <b>76</b>  |
| <b>Figura 11: Isométrico de la nave.....</b>                                                                                                | <b>78</b>  |
| <b>Figura 12: Planta de la nave .....</b>                                                                                                   | <b>78</b>  |
| <b>Figura 13: Planta de mezzanine .....</b>                                                                                                 | <b>79</b>  |
| <b>Figura 14: Planta de techumbre de la nave .....</b>                                                                                      | <b>79</b>  |
| <b>Figura 15: Isométrico momento flexionante.....</b>                                                                                       | <b>80</b>  |
| <b>Figura 16: Isométrico deformación .....</b>                                                                                              | <b>80</b>  |
| <b>Figura 17: Isométrico fuerza axial .....</b>                                                                                             | <b>81</b>  |
| <b>Figura 18: Isométrico refuerzo de TL. 1 .....</b>                                                                                        | <b>81</b>  |
| <b>Figura 19: Isométrico refuerzo de TL. 2 .....</b>                                                                                        | <b>82</b>  |
| <b>Figura 20: Isométrico refuerzo de TL. 3 .....</b>                                                                                        | <b>82</b>  |
| <b>Figura 21: Isométrico refuerzo de TL. 4 .....</b>                                                                                        | <b>83</b>  |
| <b>Figura 22: Isométrico cortante .....</b>                                                                                                 | <b>83</b>  |
| <b>Figura 23: Isométrico torsión .....</b>                                                                                                  | <b>84</b>  |
| <b>Figura 24: Categorías de rugosidad.....</b>                                                                                              | <b>107</b> |
| <b>Figura 25: Formas topográficas locales.....</b>                                                                                          | <b>108</b> |

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Figura 26: Definición de parámetros de construcciones con planta cerrada.</b> |            |
| .....                                                                            | <b>111</b> |
| <b>Figura 27: Definición de zonas en muros laterales para aplicar los</b>        |            |
| <b>coeficientes de presión. ....</b>                                             | <b>111</b> |
| <b>Figura 28: Detalle de zapatas y dados.....</b>                                | <b>125</b> |
| <b>Figura 29: Detalle dado D1 en Z-1, Z-2, Y Z-3.....</b>                        | <b>125</b> |
| <b>Figura 30: Detalle dado D2 en Z-4 y Z-5.....</b>                              | <b>126</b> |

## INTRODUCCIÓN

Las naves industriales nacieron durante el siglo XVIII, con el inicio de la Revolución Industrial. Las ciudades se transformaron sustancialmente, aparecieron las grandes chimeneas, los obreros y las fábricas. La sociedad se industrializó y, con ella, el paisaje urbano de las ciudades, estas fueron gobernadas por fábricas y naves industriales.

Los gremios fueron desapareciendo lentamente, sustituidos por las grandes fábricas, en las que el trabajo a mano se complementaba con sofisticada maquinaria que un siglo atrás era una cosa inimaginable. Las fábricas se impusieron a la economía y con ellas aparecieron las naves industriales, un apoyo para la producción en serie que había nacido con el estallido de la Revolución Industrial.

Las primeras naves industriales eran espacios con una iluminación y una ventilación muy pobre. Las estructuras de estas naves industriales solían ser de madera y se apoyaban en muros de carga, coronadas por bóvedas cuyo peso se distribuía en vigas de maderas, que al principio no podían estar a más de seis metros entre ellas.

La arquitectura fue evolucionando a medida que lo hacían las necesidades de una economía industrializada, y se aprovechó de los desarrollos de la industria siderúrgica para mejorar las estructuras de los nuevos edificios, incluidas fábricas y naves industriales. Gracias a estos avances en el sector del acero, se pudieron construir naves industriales más luminosas y ventiladas.

Actualmente la mayoría de las naves industriales están construidas con metal, y están situadas en los parques industriales. Su proliferación a partir de los años noventa, hizo necesaria una legislación para regular dónde se construían las naves industriales y qué tipo de actividades podían albergar, que, a día de hoy, tanto pueden ser naves industriales como comerciales (supermercados).

Tradicionalmente en la literatura se trata por separado el análisis y el diseño de cada uno de los componentes. Aquí se intenta ordenada y progresivamente cubrir los aspectos prácticos que permitan la concepción global del análisis y diseño de un edificio industrial.

La función de un edificio industrial es proporcionar soporte y alojamiento a un proceso de manufactura y almacenar las materias primas (o el producto terminado) del mismo proceso. Muchas plantas industriales se están instalando en pequeños centros de población debido al costo más bajo del terreno, la disponibilidad de espacios adecuados para estacionamiento y las futuras

ampliaciones, así como la oportunidad de contar con un medio ambiente agradable y alejado del congestionamiento de las grandes ciudades. Otros factores que se deben tomar en cuenta para la elección del sitio son la topografía, las condiciones del subsuelo, las facilidades de transportación y los servicios públicos existentes.

Una vez seleccionado el sitio, se puede proceder a realizar la planeación del proceso de producción y de las estructuras que le servirán de alojamiento. Las dimensiones externas se pueden desarrollar a partir de los requisitos de área y volumen totales establecidos en el anteproyecto preliminar. Las áreas de sección cuadrada o casi cuadrada son por lo común las más económicas, ya que requieren una longitud menor de muros exteriores.

## **JUSTIFICACIÓN**

El análisis estructural se realizó con modelando en 3D con el software ECOGcw3 mismo que trabaja por el método de elemento finito barra. El diseño de la cimentación se elaboró con el programa Civil Zapata basado en las Normas Técnicas Complementaria del Reglamento de Construcción del Distrito Federal vigente. El diseño de los elementos de acero se realizó bajo las normativas aplicadas en México señalada en el IMCA (Manual de Construcción en Acero) bajo el aún vigente diseño por Esfuerzos Permisibles.

## **LIMITACIONES**

Dentro de las limitantes de este proyecto podemos mencionar limitaciones con el espacio de construcción, ya que el terreno ya cuenta con naves industriales aledañas, por otro lado, la orientación de la estructura modificando su diseño de viento por la posición y las velocidades regionales acorde a la tipología del terreno, otro factor importante modificaciones de perfiles acorde el uso de la estructura y su mezzanine, de igual forma cambios en los materiales tanto de muros y cimentaciones, ya que estos dos últimos son estipulaciones ya establecidas por el cliente. Si se realiza alguna modificación influiría en el diseño estructural.

## **PROBLEMAS A RESOLVER**

Cuando se ingresó a la empresa se pretendía realizar el diseño de viento mediante el software sistema de viento 1.0 referenciado acorde al manual de diseño de viento de comisión federal de electricidad (CFE), pero este programa manejaba otros factores y coeficientes que al buscarlos en el manual de referencia con el que estaba diseñado no los manejaba o se representaba de otra manera, por lo cual había discrepancia entre el software y el diagrama de flujo de diseño de dicho manual mencionado anteriormente para el diseño de cualquier estructura. De modo que ponía en duda el alcance principal que era garantizar la seguridad y funcionamiento de la estructura por futuros embates del viento.

En consecuencia, a las discrepancias que había sobre el diseño y a los conocimientos obtenidos en la materia de elementos de diseño de acero se decidió realizar el diseño de viento acorde al manual de comisión federal de electricidad (CFE) y no al software sistema de viento 1.0, ya que hacerlo de esta manera garantiza la manera correcta de realizar este diseño

## **ALCANCES**

El principal alcance del diseño estructural es que la construcción permanezca intacta con el paso del tiempo, y a futuros embates de eventos externos como lo son sismos y empujes del viento garantizando la seguridad y funcionamiento de la estructura, cumpliendo con el Reglamento Vigente de Construcción del Distrito Federal y demás normativas para su diseño. Por otra parte la correcta planeación y optimización del resultado final de diseño, la correcta elección de materiales, modelado estructural en el software ECOGcw 3 para poder obtener las fuerzas, momentos, desplazamientos y esfuerzos actuantes para cumplir con los requisitos de resistencia, estabilidad, rigidez y deflexión de los elementos que conforman la estructura y así poder obtener los diagramas correspondientes para ser plasmados en planos estructurales y memoria de calculo que certifican el diseño estructural.

## **1. EMPRESA**

DISEÑO ESTRUCTURAL Despacho de Ingeniería es una empresa de ingeniería estructural con una visión vanguardista, que ha conjugado juventud, capacidad y una fuerte tendencia innovadora; generando proyectos estructurales seguros y eficientes, edificados en toda la República Mexicana.

DISEÑO ESTRUCTURAL Despacho de Ingeniería tiene sus orígenes hace más de 2 décadas con la idea de generar un despacho dinámico y fresco, sin miedo a las nuevas tendencias y dispuesto a romper los paradigmas de los despachos que llevan más de 25 años haciendo las cosas de una manera muy establecida, utilizando los nuevos avances tecnológicos para diseños estructurales, innovando con el uso de nuevos softwares de diseño.

### **Misión**

Garantizar con excelente servicio la mejor solución estructural a cada proyecto.

## **Visión**

Técnica:

Ser la mejor firma de Diseño Estructural de México impulsada por la innovación y el desarrollo de ingeniería.

Humana:

Fomentar el crecimiento integral de nuestro equipo de trabajo.

## **¿Qué nos diferencia?**

Aportamos un gran valor agregado gracias a la visión con que generamos cada proyecto estructural, siempre sobre cuatro ejes principales:

**Seguridad Estructural:** Todo proyecto cumple con los más elevados estándares de seguridad estructural (nacional y/o internacional), en cuanto a capacidad de esfuerzos y control de deformaciones.

**Acoplamiento Arquitectónico:** Estamos conscientes que un gran proyecto depende de una correcta simbiosis entre estas dos disciplinas. Así hemos logrado desarrollar proyectos de estructura arquitectónica, en donde la estructura se convierte en la arquitectura.

**Viabilidad Económica:** Tenemos claro que lo más importante de un proyecto es su construcción, por lo que utilizamos herramientas y tecnología de punta (de conocimientos y computacional) para buscar eficiencia en la estructura, que genere proyectos más viables económicamente hablando.

**Información Constructiva:** Generamos planos precisos con la información y detalles necesarios, garantizando minimizar errores constructivos y/o de interpretación.

### **Estructura organizacional**

Somos un grupo de personas con una gran pasión por las estructuras, con un excelente nivel técnico y fuerte tendencia a la innovación. Todo el equipo estamos en un proceso de capacitación y mejora constante, que garantiza la gran calidad del proyecto estructural en todas sus etapas (criterios de estructuración, análisis estructural, diseño estructural y graficación de planos estructurales).

Adicionalmente, somos un grupo bien consolidado de trabajo que presenta siempre una franca actitud de atención al cliente y con la alta capacidad de interacción multidisciplinaria necesaria para hacer de cada proyecto ejecutivo un éxito. (ver Figura 1: Estructura organizacional de empresa DISEÑO ESTRUCTURAL Despacho de Ingeniería.).

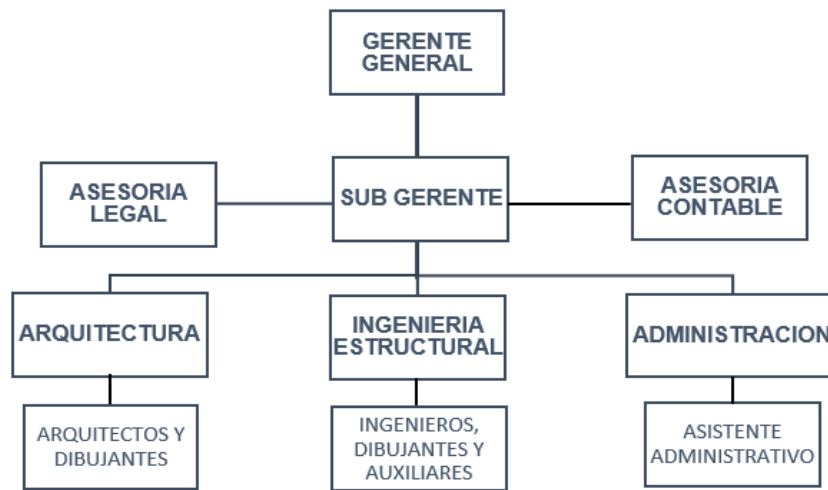


Figura 1: Estructura organizacional de empresa DISEÑO ESTRUCTURAL Despacho de Ingeniería.

## Departamentos y funciones de puestos en el organigrama

### Gerente general y funcione

Representa la punta de la pirámide empresarial, sobre quien recae la mayor cuota de responsabilidades y es, además, el portavoz máximo de la empresa. Es una figura de autoridad en el campo empresarial; de él se espera la conducción estratégica y la toma de decisiones de altura, para lograr el cumplimiento de objetivos organizacionales.

1. Planificación, organización y supervisión
2. Administración de los recursos
3. Conducción estratégica

4. Tomar decisiones
5. Motivar, supervisar y mediar

### **Sub gerente y funciones**

Segundo al mando después del gerente general, es el encargado del manejo del personal y hacen que todo funcione en las organizaciones gracias a su rapidez de respuesta ante situaciones impredecibles.

1. Representar al Gerente General durante su ausencia, teniendo control, conocimiento y coordinación con las Gerencias de los avances de las áreas (Logística, Producción, etc.).
2. Velar y garantizar el cumplimiento de las normas y políticas de la empresa.
3. Controlar el buen uso de los recursos de la empresa.
4. Coordinar el cumplimiento de los reportes de desempeño de cada área.

### **Departamento de asesoría contable y funciones**

Se encarga de registrar, clasificar y resumir las operaciones mercantiles de una empresa o negocio con el objeto de conocer el estado de entrada y salida de capital, por otro lado, recauda la información de la empresa mediante un informe financiero.

1. Controlar el plan general contable para la una correcta gestión.
2. Conocer de las obligaciones legales relativas a la contabilidad de la empresa y de los empresarios.
3. Realizar cierres contables, así como sus ajustes contables de acuerdo a la normativa legal que se encuentre vigente.
4. Manejar las cuentas anuales de la empresa y los plazos de entrega de los estados contables ante el registro mercantil.
5. Llevar el control de los libros contables y realizar los trámites de legalización de los mismos.
6. Administrar los bienes de la empresa.

### **Departamento de asesoría legal y funciones**

El departamento de asesoría legal es el encargada de acordar con el titular de la empresa, todo lo referente a la normatividad interna de la empresa, así mismo, será representante legal de la empresa ante los juzgados y tribunales en todo juicio que este inmerso esta empresa, tendrá los controles de normativas junto con la dirección administrativa para el buen funcionamiento de la empresa, será la encargada de resolver los problemas internos y aplicar las sanciones administrativas correspondientes por faltas al interior de la empresa.

1. Producir la normatividad interna de la empresa

2. Representar legalmente a la empresa en juzgados y tribunales
3. Controlar las normativas generales, junto con la dirección administrativa, para el buen funcionamiento de la empresa
4. Resolver los problemas internos y aplicar sanciones administrativas correspondientes por faltas al interior de la empresa.
5. Proveer soporte a las áreas de la empresa que realicen contratos con proveedores, clientes y empleados (negociación, elaboración y revisión de contratos, y solución de disputas).

### **Departamento de supervisión interna y funciones**

Supervisa desde arriba las operaciones de la empresa, el supervisor debe estar en constante comunicación con las personas que realizan el trabajo (los operadores de los demás departamentos). También verifica las funciones que desempeñan los colaboradores para su correcto cumplimiento en tiempos estipulados de entrega.

1. Es el responsable de resolver conflictos al momento, antes de que estos se vuelvan más grandes.
2. De primera mano, debe asegurar la calidad en los trabajos, de acuerdo con los estándares de la compañía
3. Verificar el cumplimiento de los tiempos establecidos de los proyectos.

4. Es el canal de comunicación para proyectos de mejora dentro de la organización.

### **Departamento de arquitectura y funciones**

Este departamento es el responsable de la realización de planos arquitectónicos de los diferentes proyectos en ejecución y la supervisión de los mismos, está conformado por arquitectos y dibujantes encargados de realizar diferentes funciones.

1. Planifica y coordina la elaboración de proyectos arquitectónicos y de ingeniería: estructura hidráulica, electricidad, aire acondicionado, etc.
2. Inspecciona la ejecución de obras internas o contratadas por la institución.
3. Planifica los programas a desarrollar.
4. Evalúa y hace seguimiento a los proyectos.
5. Dibujo arquitectónico de los diferentes proyectos.
6. Revisa y verifica presupuestos presentados por los contratistas.

### **Departamento de Ingeniería estructural**

Se ocupa de la investigación, planificación, análisis, diseño, construcción, inspección, evaluación, monitoreo, mantenimiento, rehabilitación y demolición de estructuras permanentes y temporales. Adicionalmente, considera los aspectos

técnicos, económicos, ambientales, estéticos y sociales de las estructuras. Es decir se encarga de diseñar económicamente edificios, puentes, bodegas, tanque de almacenamiento y otras estructuras con la resistencia suficiente para evitar su colapso cuando están cargadas y protegerlas de fenómenos naturales extremos como son el viento, la nieve, el fuego y los terremotos. Este departamento está compuesto por ingenieros civiles especializados en diseño estructural, peritos de obra, dibujantes de planos estructurales y auxiliares.

1. Evaluar el efecto de las cargas sobre la estructura a lo largo de su vida útil.
2. Establecer cómo la estructura va a soportar las cargas.
3. Seleccionar los materiales, componentes y conexiones de la estructura que soportarán las cargas de forma segura y sin deformación excesiva.
4. Planificar una secuencia de construcción segura.
5. Preparar dibujos y especificaciones de la estructura completa.
6. Supervisar la construcción para verificar que los planos constructivos son seguidos al detalle.

### **Departamento de administración y funciones**

Como su propio nombre indica, el departamento de administración tiene unas funciones de carácter administrativo dentro de la empresa. Por eso, es el departamento que se encarga de recibir las facturas de los proveedores y emitir

las facturas a los clientes. Así, cuando un departamento como el de compras solicita la adquisición de materias primas, tecnología o incluso capital humano, administración tiene que dar el visto bueno y es el encargado de recibir la factura y pagarla.

1. control de ingreso y egreso de recursos
2. emisión de facturas a clientes
3. recepción de facturas de proveedores
4. pago de nominas
5. todo el control administrativo de los bienes de la empresa

### **Fases del proceso de producción de un proyecto estructural**

**Encargo del proyecto:** acuerdo entre empresa con el cliente después de una previa cotización del diseño estructural.

**Datos de entrada:** requerimientos del cliente, de acuerdo al tipo de proyecto, todos los datos necesarios para su correcto diseño estructural.

**Básico geotécnico:** datos del comportamiento del suelo donde se realizara la estructura, para el correcto diseño de cimentaciones.

**Entrega previa:** después de la realización de todo el proceso estructural se entrega un borrador al cliente para correcciones o cambios requeridos en la estructura.

**Cambios y modificaciones:** nuevos requerimientos o cambios al proyecto de acuerdo al cliente.

**Elaboración de planos y memorias de cálculo:** si el cliente está conforme con los materiales y diseño se procede a la realización de planos estructurales y su correspondiente memoria de cálculo, donde se especifica todo el análisis estructural del proyecto.

**Entrega del proyecto:** entrega de planos estructurales y memorias de cálculo, firmadas por el perito responsable de obra.

(Ver figura 2: diagrama de flujo general de realización de un proyecto estructural.).

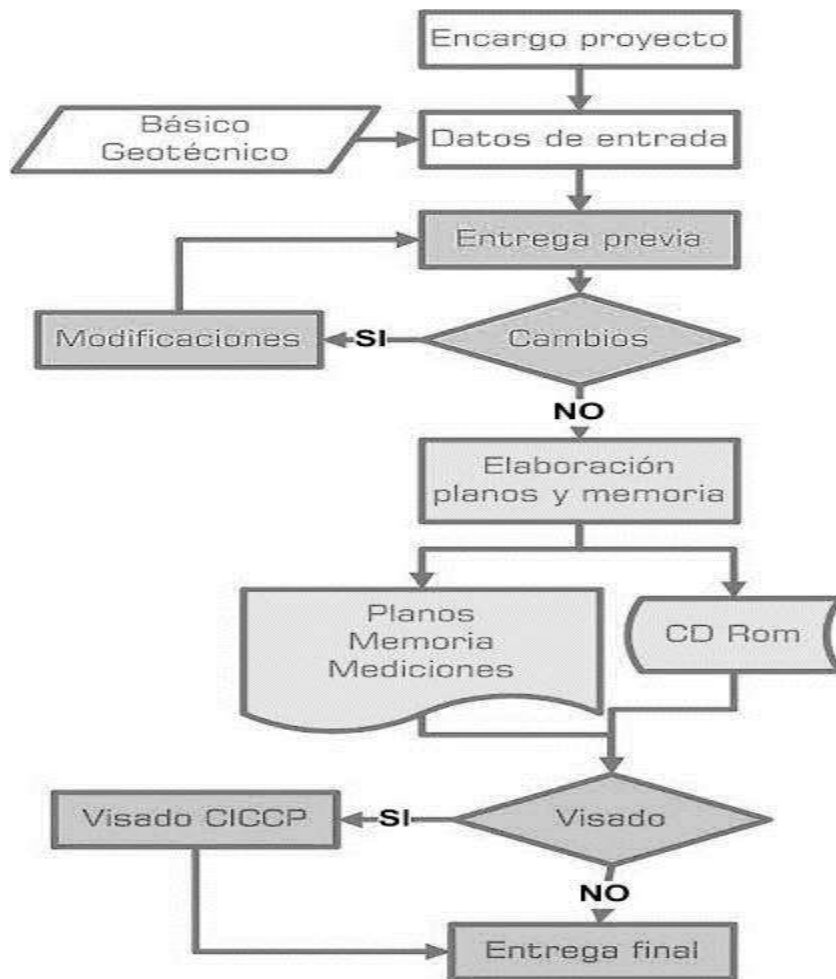


Figura 2: diagrama de flujo general de realización de un proyecto estructural.

### Departamento donde se llevó a cabo el proyecto de residencia “naves industriales”

El proyecto “naves industriales” estuvo bajo la supervisión del departamento de ingeniería estructural, encargado del diseño de una nave industrial con mezzanie en oriental, puebla México.

Donde se llevaron a cabo las siguientes actividades de acuerdo al diagrama de flujo general del departamento de ingeniería estructural:

1. planeación
2. estructuración
3. modelo
4. análisis estructural
5. diseño estructural
6. planos y memoria de cálculo.

### **Etapas del proceso de elaboración de un proyecto del departamento de ingeniería estructural**

#### **Etapas de planeación**

Un proyecto se inicia por la necesidad de una comunidad, una persona o un cliente, la cual se le transmite a una empresa de ingenierías o arquitectura para que desarrolle los planos, especificaciones, cálculos, presupuestos, licencias, permisos y todos los estudios necesarios para la ejecución del proyecto.

En esta etapa el ingeniero estructural en conjunto con los otros profesionales, puede proponer sistemas estructurales, materiales, sistemas constructivos, así, plasmar bosquejos que sean entendibles al cliente y la comunidad con el objeto de que puedan hacer sus análisis y expresar sus comentarios; los planos del sistema estructural son generalmente esquemáticos

### **Etapas de estructuración**

Es probable que sea la etapa más importante del diseño estructural. Esto se da porque la optimización del resultado final del diseño depende en gran medida de la destreza obtenida en adoptar la estructura más adecuada para una edificación en concreto.

En esta fase se da selección de los materiales que van a conformar la estructura, se define el sistema estructural principal y el arreglo y las dimensiones preliminares de los elementos estructurales más comunes. El objetivo será la adopción de la solución óptima dentro de un conjunto de opciones de estructuración.

## **Etapas de modelado**

En esta etapa con el uso del software ECOGcw 3, nos permite implementar un solo modelo, además de la estructura, (bien sea de acero o de hormigón), todos los elementos que interactúan en el proyecto, de tal forma que podemos detectar errores, llevar a cabo la correcta selección de materiales y verificar si cumplen o no con los requerimientos estructurales.

Además, en el modelo, permanece toda la información de la estructura para futuras ampliaciones, mantenimientos, cambios, etc.... durante todo el ciclo vital de la estructura. En definitiva, integramos el modelado con la documentación y el análisis estructural.

## **Etapas de análisis estructural**

Proceso que lleva la determinación de la respuesta del sistema estructural ante la sollicitación de las acciones externas que puedan incidir sobre dicho sistema. La respuesta de una estructura es su comportamiento bajo una acción determinada. Para dar con esa respuesta tenemos que considerar los siguientes aspectos:

1. idealización de la estructura.
2. determinar las acciones de diseño.
3. determinar la respuesta de las acciones de diseño en el modelo elegido para la estructura.
4. dimensionamiento.

### **Etapas de diseño estructural**

Con base en los resultados del análisis estructural como son fuerzas y momentos internos, desplazamientos y esfuerzos se procede con el diseño estructural, el cual consiste en satisfacer los requisitos de resistencia, estabilidad, rigidez y deflexión de cada uno de los elementos que conforman la estructura, con ello la obtención de diagramas correspondientes, por otra parte, la corrida de calculo que refleja los resultados obtenidos.

## **Etapas de planos y memorias de cálculo**

Los resultados del diseño obtenidos en las etapas anteriores se plasman en los planos estructurales con detalles de cada uno de los elementos estructurales, conexiones, plantas, procesos constructivos, detalles del sistema, especificaciones técnicas que definen los materiales a usar, la calidad de la mano de obra, los reglamentos y muchos otros conceptos relevantes para la construcción de la estructura, simultáneamente se realiza una memoria de cálculo donde se muestran todos los resultados obtenidos, que confirman todo el proceso estructural de diseño hasta la elaboración final de los planos estructurales, firmado y sellado por el perito responsable de obra. (Ver figura 3: diagrama de flujo general de etapas del proceso de diseño estructural del departamento de ingeniería estructural.).

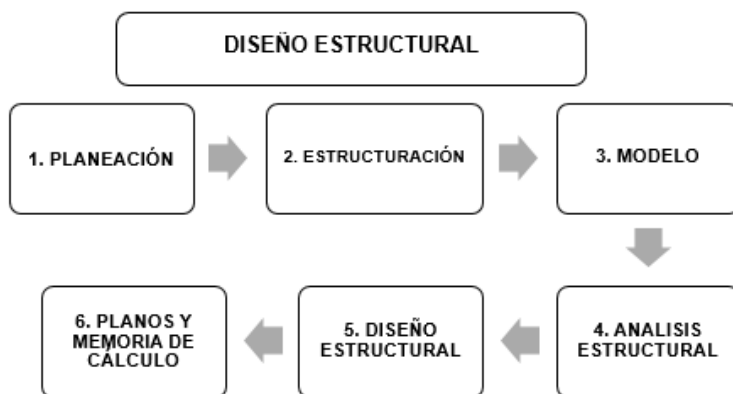


Figura 3: diagrama de flujo general de etapas del proceso de diseño estructural del departamento de ingeniería estructural.

## **2. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar el diseño estructural de una nave industrial con mezzanine de 30 x 50 m, con un área de 1,500 m<sup>2</sup> utilizando el software ECOGcw 3 considerando las normas técnicas actuales vigentes.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1.- Análisis de viento

2.- Análisis de diseño Geotécnico de la cimentación

3.- Modelado en software ECOGcw3

- Isométrico de la Nave
- Plantas de la Nave
- Isométrico de Momento Flexionante
- Isométrico Deformaciones

- Isométrico Fuerza Axial
- Isométrico de Refuerzo de Trabes de Liga
- Isométrico de Cortante
- Isométrico de Reacciones
- Isométrico de Torsión

4.- Corrida de Cálculo Estructural

5.- Análisis de Muros de Concreto Reforzado

6.- Diseño de Zapatas

7.- Planos Estructura

### **3. FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### **El uso de naves industriales**

Los seres humanos siempre han tenido la necesidad de tener y contar con espacios de grandes áreas protegidos de la intemperie y de las inclemencias del tiempo para poder llevar a cabo diferentes tipos de actividades. Es por ésta razón que el hombre ha recurrido a la creación de edificios industriales, denominadas particularmente naves industriales.

Nave industrial se puede definir como la instalación física o edificación diseñada y construida para realizar actividades industriales de producción, transformación, manufactura, ensamble, procesos industriales, almacenaje y distribución.

En la actualidad las naves industriales se utilizan para diversas actividades, entre las que podemos destacar las siguientes: culturales, religiosas, deportivas, comerciales, entre otras más.

## **Tipos de naves industriales**

Existen diversos tipos de naves industriales que dependen de un sistema estructural que sea económico y principalmente seguro. En cuanto a la parte económica en ingeniería estructural resulta complicado y al mismo tiempo la más importante. Ya que, en algunas ocasiones para poder definir el diseño más óptimo de la nave industrial se requieren varios estudios independientes de las diferentes soluciones posibles.

El marco rígido, se puede usar como elemento principal soportante en la estructuración de edificios industriales como auditorios, gimnasios, iglesias y otras estructuras que requieren grandes áreas sin obstrucción de columnas. La estructura en sí, es de fácil montaje y de apariencia agradable. Con respecto al diseño definitivo de naves industriales, de acuerdo a su geometría podemos clasificarlas como:

- a) Rectas o de cubierta plana
- b) Inclınadas o con cubiertas a dos aguas
- c) Curvas, también conocidas como arcos tecos

**Tipo de método de diseño: AISC – LRFD**

La especificación AISC proporciona dos métodos aceptables para diseñar miembros de acero estructural y sus conectores. Éstos son el Diseño con Factores de Carga y Resistencia (LRFD) y el Diseño por Esfuerzos Permisibles (ASD). Ambos procedimientos se basan en los principios del diseño de estados límite, el cual proporciona las fronteras de la utilidad estructural.

Solamente se explicará el método ASD, ya que el diseño de la nave industrial a desarrollarse más adelante se realizó mediante el empleo del método ASD.

El término estado límite se usa para describir una condición en la que la estructura o parte de ella deja de cumplir su función prescrita. Existen dos tipos de estados límite: los de resistencia y los de servicio.

Los estados límite de resistencia definen la capacidad de sustentar una carga, incluyendo la fluencia excesiva, la fractura, el pandeo, la fatiga y el movimiento bruto de cuerpo rígido. Los estados límite de servicio definen el comportamiento, incluyendo la deflexión, el agrietamiento, los deslizamientos, la vibración y el deterioro. Todos los estados límite deben evitarse.

**ASD (diseño elástico o diseño por esfuerzos permisibles, Allowable Stress Design, DEP).** Este método de diseño denominado también diseño elástico, consiste en determinar, en primer término, los esfuerzos que se presentan en las secciones críticas de un miembro estructural bajo la acción de las cargas de servicio o de trabajo, considerando un comportamiento elástico del material. Se considera que un miembro está diseñado correctamente cuando los esfuerzos de trabajo, ocasionados por las cargas de servicio que obran en el miembro no exceden los esfuerzos permisibles.

Los esfuerzos permisibles se estipulan en las especificaciones de diseño de acuerdo con el tipo de elemento estructural, tipo de acero y solicitaciones que obran en la estructura. En general, los esfuerzos permisibles se obtienen dividiendo los esfuerzos de falla del material y tipo de solicitación entre un factor de seguridad.

En general, los esfuerzos permisibles son una fracción del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia (esfuerzo de fluencia,  $F_y$ ), o del esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión,  $F_u$ , del acero utilizado en el diseño de la estructura o del esfuerzo crítico de un elemento.

Ecuación básica de diseño:

$$F_{calc.} \leq F_{perm.}$$

Donde:

$F_{calc.}$  = esfuerzo calculado en un componente estructural bajo las cargas de servicio o de trabajo, en kg/cm<sup>2</sup>.

$F_{perm.}$  = esfuerzo permisible, en kg/cm<sup>2</sup>.

$$F_{perm} = \frac{F_n}{F_s} = \frac{\text{Esfuerzo de falla}}{\text{Factor de seguridad}}$$

Comentarios:

El margen de seguridad se representa mediante el factor de seguridad (F.S.) y se aplica en el mismo lado de la resistencia de la ecuación básica de diseño. Típicamente, FS = 1.67 para diseño de miembros estructurales en tensión y FS = 2.0 para diseño de conexiones estructurales trabe-columna.

El factor de seguridad no refleja las diferencias de niveles de las incertidumbres asociadas con las diferentes combinaciones de carga. Por ejemplo, se usa el mismo factor de seguridad para las cargas muertas y vivas.

## **Factores de carga y combinaciones de carga Bases: ASCE-7 (formalmente ANSI A58.1)**

Las cargas nominales que deben considerarse en el diseño de estructuras de acero son las siguientes:

D: Carga muerta debida al peso propio de los miembros estructurales y acciones permanentes en la estructura.

L: Carga viva debida a la ocupación y equipo

Lr: Carga viva de techo

W: Carga de viento

S: Carga de nieve

E: Carga sísmica determinada de acuerdo con la parte 1 del Seismic Provisions for Structural Steel Buildings.

R: Carga debida al agua pluvial o hielo, exclusiva de la contribución del encharcamiento.

De acuerdo con la Sección de las especificaciones AISC-LRFD las combinaciones de carga y cargas factorizadas son las indicadas en la siguiente tabla. El diseño de un miembro estructural o conexión, se efectuará con la combinación de carga crítica.

| Combinación de carga | Acciones de diseño (cargas factorizadas) |
|----------------------|------------------------------------------|
| (CC-1)               | 1.4D                                     |
| (CC-2)               | 1.2D + 1.6L + 0.5(Lr o S o R)            |
| (CC-3)               | 1.2D + 1.6L (Lr o S o R) + (0.5L o 0.8W) |
| (CC-4)               | 1.2D + 1.6W + 0.5L + 0.5(Lr o S o R)     |
| (CC-5)               | 1.2D + 1.0E + 0.5L + 0.25                |
| (CC-6)               | 0.9 + 1.6W                               |
| (CC-7)               | 0.9D + 1.0E                              |

Tabla 1: Cargas y combinaciones de carga

| Factor de resistencia $\Phi$ | Estado limite                                                                                                                |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.90                         | Flujo plástico en la sección total.                                                                                          |
| 0.75                         | Fractura (fractura en la sección neta, ruptura por cortante y tensión, fractura de tornillos, fractura de soldaduras, etc.). |
| 0.85                         | Pandeo de columnas aisladas.                                                                                                 |
| 0.90                         | Flexión y cortante (vigas).                                                                                                  |
| 0.90                         | Miembros sujetos a compresión axial y flexión (miembros flexocomprimidos o columnas).                                        |

Tabla 2: Diversos factores de reducción de la resistencia.

## **Análisis estructural**

El análisis estructural tiene como objetivo principal conjugar geometría, materiales y cargas de una estructura, posteriormente mediante un modelo matemático obtenemos elementos mecánicos, deformaciones, reacciones horizontales, reacciones verticales, periodos y frecuencias.

Para el análisis de éste proyecto se utilizó el software ECOgcw3 modelando en 3D que trabaja por el método de elemento finito barra.

Las cargas seleccionadas dependen del tipo de edificación, uso y ubicación geográfica, condiciones que se reflejan en la magnitud y posición de las cargas. Al modelo se le aplicaron cargas de dos tipos, cargas permanentes y cargas variables.

En cuanto a las cargas permanentes aplicadas, se emplearon los estados de carga: peso propio (POPO) y sobre carga muerta (SCM).

Mientras que para las cargas de tipo variable, se utilizaron las cargas vivas con intensidad máxima ( $CV_{\text{máx}}$ ), carga viva instantánea ( $CV_{\text{inst}}$ ) y carga viva media ( $CVM$ ).

### **Sismo en dos direcciones ortogonales**

La acción sísmica de diseño para una estructura dada, dependerá del peligro sísmico del lugar donde ésta se va a construir. Los estudios de peligro sísmico para el sitio específico se justifican sólo para obras de excepcional importancia. Para las obras comunes solo puede recurrirse a estudios de carácter mucho más general que dan lugar a la regionalización sísmica de un país.

Un acelerograma es un registro de la historia de aceleraciones que provoca el sismo en una dirección determinada y constituye la acción más útil del movimiento del suelo en un lugar. Los acelerogramas se registran en aparatos llamados acelerógrafos que, colocados en un sitio, arrancan automáticamente al ser excitados por el movimiento del terreno y registran simultáneamente la aceleración en dos direcciones horizontales ortogonales y en una vertical.

Un espectro sísmico es una representación gráfica de aceleraciones y periodos. En el eje de las abscisas se representa el periodo del sistema y en el eje de las

ordenadas una medida de su respuesta máxima, sea ésta la aceleración, velocidad o desplazamiento máximo.

Desde el punto de vista del diseño estructural, interesa esencialmente la máxima sollicitación a la que se verá sujeta la estructura por efecto del sismo, por tanto, es necesario utilizar el valor máximo del espectro de diseño.

Las fuerzas de diseño por sismo se obtuvieron con base a las recomendaciones del manual de la CFE. El cálculo de dichas fuerzas sísmicas se ejecutó por medio del método estático y en base a los datos arrojados por el software ECOGcw 3.

## **Diseño de viento**

El viento es un fenómeno meteorológico que puede alcanzar velocidades muy grandes, las cuales pueden ocasionar consecuencias desastrosas para todo objeto que lo obstaculice. A raíz de varios años de estudio, se puede definir al viento como movimientos horizontales de masas de aire debidos a diferencias de presión, altura y temperatura en las distintas zonas de la atmosfera.

Para el adecuado estudio del viento, se supondrá al aire como un fluido, el cual tendrá una presión y una velocidad de interés.

La determinación de las velocidades del viento se medirá por medio de instrumentos específicos, comúnmente se emplea el uso del anemómetro, la veleta y el anemocinemógrafo, los cuales se colocarán en lugares específicos.

Los reglamentos especifican una velocidad de diseño básica a nivel regional, esta velocidad es la que corresponde a una altura de 10m sobre el nivel del terreno. Se hacen varios registros de las velocidades del viento en un tiempo de exposición  $t = 10s$ , de las velocidades registradas solamente se toman las  $V_{máximas}$ , a estas  $V_{máximas}$  se les aplica la Función de probabilidad de Gumbel, de manera que se obtienen Velocidades regionales (VR) para determinados periodos de retorno ( $T_r$ ). Y con base en estas velocidades se lleva a cabo la regionalización eólica por medio de isotacas.

Para fines de diseño estructural es fundamental determinar la VD, ya que es la velocidad a partir de la cual se calculan los efectos del viento sobre una estructura o sobre un componente de la misma.

Una vez determinada la velocidad de diseño se calcula la presión de diseño  $P_d$ . La presión de diseño, es aquella presión que ejerce el flujo del viento sobre una construcción determinada.

Para poder realizar un cálculo adecuado es importante entender que cuando el libre flujo del viento se ve obstaculizado por un objeto fijo, tiene que desviarse para rodearlo, por lo cual produce presiones sobre el objeto. Las partículas de aire golpean la cara expuesta directamente al efecto del viento, cara de barlovento, ejerciendo sobre ella un empuje. En la cara opuesta, de sotavento, las estelas de flujo se separan del objeto provocando una succión.

### **Criterios para diseño por viento**

De acuerdo con las recomendaciones de la CFE, las fuerzas producidas por el viento se obtuvieron empleando el método estático en dos direcciones horizontales y perpendiculares entre sí.

Resultó conveniente emplear el método estático en nuestro diseño, tomando como base los argumentos proporcionados por la CFE, dado que ésta clasifica a

las naves industriales dentro del tipo I según su respuesta ante la acción del viento.

Para el análisis y diseño estructural de la nave, el método estático consiste básicamente en obtener la fuerza actuante total sobre la estructura, también denominada presión de diseño por efecto de viento y dividirla entre el número de nodos que componen la estructura analizada. Obteniendo de esta forma una fuerza en cada nodo.

Una vez clasificada la estructura y definido el método de análisis y diseño por efectos eólicos, se obtiene la presión de diseño a la cual estará sometida la estructura.

### **Clasificación de estructura según su importancia o destino**

La seguridad necesaria para que una construcción dada cumpla adecuadamente con las funciones para las que se haya destinado puede establecerse a partir de niveles de importancia o de seguridad. En la práctica, dichos niveles se asocian con velocidades del viento que tengan una probabilidad de ser excedidas y a

partir de esta se evalúa la magnitud de las solicitaciones de diseño debidas al viento. (Ver Anexo A para su clasificación).

### **Clasificación según su respuesta ante la acción del viento**

De acuerdo con su sensibilidad ante los efectos de ráfagas del viento y a su correspondiente respuesta dinámica, las construcciones se clasifican en cuatro tipos. Con base en esta clasificación podrá seleccionarse el método para obtener las cargas de diseño por viento sobre las estructuras y la determinación de efectos dinámicos suplementarios si es el caso, corresponde al Análisis Estático. (Ver Anexo A para su clasificación).

### **Determinación de la velocidad de diseño**

La velocidad de diseño,  $V_D$  es la velocidad a partir de la cual se calculan los efectos del viento sobre la estructura o sobre un componente de la misma. La velocidad de diseño, en km/h, se obtendrá de acuerdo con la ecuación:

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$

Donde:

FT: Es un factor correctivo que toma en cuenta las condiciones locales relativas a la topografía y a la rugosidad del terreno en los alrededores del sitio de desplante, adimensional.

F $\alpha$ : El factor que toma en cuenta el efecto combinado de las características de exposición locales, del tamaño de la construcción y de la variación de la velocidad con la altura adimensional.

VR: La velocidad regional que le corresponde al sitio en donde se construirá la estructura, en km/h.

### **Categorías de terrenos y clases de estructuras**

Tanto en el procedimiento de análisis estático como en el dinámico intervienen factores que dependen de las condiciones topográficas y de exposición locales del sitio en donde se desplantará la construcción, así como del tamaño de ésta. Por lo tanto, a fin de evaluar correctamente dichos factores, es necesario establecer clasificaciones de carácter práctico. (ver anexo A tabla 12 y tabla 13).

## **Velocidad regional**

La velocidad regional, VR, es la máxima velocidad media probable de presentarse con un cierto periodo de recurrencia en una zona o región determinada del territorio. (Ver Anexo A para tabla 14).

## **Factor de exposición**

El coeficiente  $F_\alpha$  refleja la variación de la velocidad del viento con respecto a la altura Z. El factor de exposición se calcula con la siguiente expresión:

$$F_\alpha = F_c F_{rz}$$

Donde:

FC: Es el factor que determina la influencia del tamaño de la construcción, adimensional.

Frz: El factor que establece la variación de la velocidad del viento con la altura Z.

El Factor de Tamaño, FC es el que toma en cuenta el tiempo en el que la ráfaga del viento actúa de manera efectiva sobre una construcción de dimensiones dadas. (Ver anexo A tabla 15 factor de tamaño FC).

El factor de rugosidad y altura, Frz, establece la variación de la velocidad del viento con la altura Z. Dicha variación está en función de la categoría del terreno y del tamaño de la construcción. Se obtiene de acuerdo con las expresiones siguientes:

$$F_{RZ} = 1.56 \left[ Z / \delta \right]^2 \text{ si } 10 < Z < \delta$$

Donde:

$\delta$  : Es la altura, medida a partir del nivel del terreno de desplante, por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante; a esta altura se le conoce como altura gradiente;

$\delta$  y Z: Están dadas en metros

$\alpha$ : Exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura y es adimensional.

## Factor de topografía

El factor de topografía, FT, toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplantará la estructura. **(Ver anexo A tabla 16).**

## Presión dinámica de base

Cuando el viento actúa sobre un obstáculo, genera presiones sobre su superficie que varían según la intensidad de la velocidad y la dirección del viento. La presión que ejerce el flujo del viento sobre una superficie plana perpendicular a él se denomina comúnmente presión dinámica de base y se determina con la siguiente ecuación:

$$q_z = 0.0048 G V_D^2$$

Donde:

G: Es el factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar

VD: La velocidad de diseño, en km/h, definida en el capítulo

qz: La presión dinámica de base a una altura Z sobre el nivel del terreno, en kg/m<sup>2</sup>.

El factor de 0.0048 corresponde a un medio de la densidad del aire y el valor de G se obtiene de la expresión:

$$G = \frac{0.392\Omega}{273 + t}$$

Donde:

$\Omega$  Es la presión barométrica, en mm de Hg.

Hg, y  $t$  La temperatura ambiental promedio en °C.

(Ver Anexo A tabla 17 para obtención de presión barométrica  $\Omega$ ).

### **Presiones exteriores**

La presión exterior  $p_e$ , sobre una de las superficies de una construcción cerrada se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$P_e = C_{Pe} K_A K_L q_z$$

Donde:

$p_e$  Es la presión exterior en  $\text{kg/m}^2$ ,

$C_{pe}$  Es el coeficiente de presión exterior, adimensional.

$K_A$  Es el factor de reducción de presión por tamaño de área, adimensional.

$K_L$  Es el factor de presión local, adimensional.

$q_Z$  Es la presión dinámica de base del viento, en  $\text{kg/m}^2$ .

(Ver anexo A tablas 18,19 y 20 para obtención de coeficiente de factor de reducción  $K_A$  y presiones exteriores  $C_{pe}$  para muros y techos)

### **Diseño de elementos estructurales**

El diseño estructural se realizó mediante la envolvente máxima. Esta metodología consiste en determinar el efecto máximo en cualquier sección de cualquier elemento, derivado de la combinación de las acciones permanentes y variables. Este proceso lo realiza automáticamente el programa.

### **Diseño de vigas**

El comportamiento de un elemento constructivo no depende solamente de las leyes fundamentales de la estática, tales como el equilibrio de fuerzas, sino

también de las propiedades mecánicas que caracterizan a las secciones y los materiales. Estas propiedades recogen la manera con la que los materiales resisten y se deforman ante diversas solicitaciones, como son: cortante, flexión, compresión, flexo compresión y torsión. Las propiedades físicas de los materiales, cuyos conocimientos detallados y con fundamento experimental, son objeto de la mecánica de los materiales, de donde se desprenden las componentes esenciales de la mecánica estructural. Y que sirven para determinar las propiedades mecánicas de las secciones.

### **Trabes de estructura**

Las trabes son elementos de madera, cemento, acero u otro material que sirve para reforzar y darle firmeza a una construcción; regularmente sirve para sostener techos, muros o la parte superior de las ventanas. Existen dos definiciones:

- 1) Una trabe es un elemento de soporte principal que a su vez recibe elementos secundarios como vigas, nervaduras, polineria, etc.
- 2) Una trabe es un elemento de concreto o vigas de acero.

(Ver anexo B tablas 21, 22, 23, 24, 25, 26 ,27, 28 y 29 de perfiles utilizados para trabes de la estructura y mezzanine).

## **Diseño de columnas**

A continuación, se expone el diseño de las columnas metálicas. Se han diseñado las columnas, tomando en consideración la longitud libre de pandeo, la longitud efectiva,  $kl/r$ , el pandeo por flexión, pandeo local, carga axial, flexocompresión, así como la deformación de pandeo elástico y plástico.

En el caso de la columna de marco principal para su diseño por flexocompresión es importante tomar en consideración los momentos actuantes en ambas direcciones y las fuerzas axiales actuantes, tanto en la parte superior como en la parte inferior de la columna. Un factor importante que debe de considerarse es el coeficiente de flexión ( $C_b$ ), coeficiente que depende de los momentos actuantes.

(Ver anexo B tablas 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37 de perfiles utilizados para columnas de la estructura y mezzanine)

## **Diseño de contraventeos**

En el techo de la nave se han colocado contravientos, dichos sistemas de contraventeo están colocados en diagonales en cruz con la misma inclinación que la cubierta, sobre las secciones de los ejes (A1, F1, A2, F2), (A3, F3, A4, F4) y (A5, F5, A6, F6), trabajando exclusivamente a tensión. Éste tipo de contravientos en el techo sirven para rigidizar la estructura, en este caso la

cubierta, por lo tanto ayudan a que la cubierta no sea tan flexible y la deformación no sea tan grande. De igual forma se colocaron contravientos sobre las fachadas laterales correspondiente a los ejes (1, 2), (3, 4) y (5, 6).

El sistema de contravientos está compuesto por tubos lisos redondos OR 254 mm x 4.8 mm, los cuales van a trabajar a tensión. Tanto en la zona de techo como en las fachadas laterales. Para su diseño se ha empleado el método de diseño plástico (Ver anexo B tabla 38 perfiles utilizados para contravientos).

### **Diseño de largueros y contraflambeos**

Fundamentalmente existen tres tipos de largueros: perfiles laminados (IPC, CPS, IPR), perfiles laminados formados en frío llamados comúnmente Mon-Ten, y armaduras.

El larguero está ligado a la cubierta de lámina, la cual le proporciona cierta restricción a la flexión lateral del patín superior. Es aceptable considerar que esta restricción es suficiente para evitar problemas de pandeo lateral del perfil, pero no contribuye a resistir la flexión en el sentido del eje de menor momento de inercia de la sección, por lo que ésta deberá de revisarse por flexión biaxial, lo que obliga a colocar contraflambeos

La revisión de los esfuerzos se hace con la fórmula de la escuadría para flexión biaxial:

$$\frac{M_y}{S_y} + \frac{M_x}{S_x} \leq f_p$$

En el actual proyecto, para los largueros se han empleado perfiles laminados en frío de sección CF 10 X CAL. 12 (10" X 3 ½"), por otro lado, para los contraflambeos Perfil OS 3/8" medida estándar (9.52 mm x 0.559 kg/m2). (Ver anexo B tablas 39 y 40 perfiles utilizados para largueros y contraflambeos).

### **Diseño de cubierta**

Una cubierta es el techo de un edificio, su misión, al igual que la de las paredes exteriores, es la de suministrar protección contra todos los agentes externos. Por su exposición directa a la intemperie necesita estar formada por materiales de gran resistencia a las variaciones térmicas y agentes hidráulicos de la atmósfera.

Los tipos de cubierta para la construcción de techos, comúnmente utilizados en los edificios con estructura de acero, incluyen techos de cubierta de acero y diversos tipos de losas de concreto. Para los edificios industriales, el tipo de cubierta que predominan actualmente es el sistema a base de tableros de acero rolados en frío.

Para la cubierta de la nave se utilizó lamina Hiper Tec Roof Sunderland de 2" de espesor, calibre 24/26 color Arena Ral 9002, Marca Grupo Mactecno y/o similar.

(Ver anexo C Ficha técnica tipo de lámina y tabla 41).

## **Análisis de muros de concreto reforzado**

Otro tipo de muro que contribuye notablemente a darle fortaleza a la estructura de una edificación y que se está utilizando frecuentemente en nuestro medio, es el denominado muro de concreto armado, más conocido como "placa".

Al igual que los muros portantes de albañilería, las placas soportan las cargas sísmicas. Sin embargo, a diferencia de otros muros estructurales, son más resistentes y más durables en el tiempo, si están bien diseñadas y bien construidas.

Las placas de concreto armado son consideradas como elementos estructurales bidimensionales planos, es decir, su espesor es pequeño en comparación a sus otras dos dimensiones (largo, alto).

Para este proyecto los muros por decisión del cliente se utilizaron muros de concreto reforzado de 12 cm de espesor, y muros de lámina Hiper Tec Roof Sunderland para el análisis estructural se tomaron como carga muerta, ya que los muros perimetrales descansan sobre las trabes de liga de la estructura.

## Diseño de cimentaciones

### Criterios generales para el diseño de Zapatas aisladas

- a) Los esfuerzos se transmitirán al suelo, a través de la cimentación, no deben rebasar los esfuerzos que el suelo es capaz de soportar.
- b) Cuando las combinaciones de carga, incluyan, solicitaciones accidentales, como sismo o viento, los esfuerzos que son capaces de resistir el suelo, pueden incrementarse a un 33.33%.
- c) Las zapatas se diseñan para resistir fuerza cortante en ambas direcciones independientemente, tomando secciones críticas a una distancia  $d$  (peralte efectivo) desde la cara de la columna, el dado o el elemento vertical que transmite la carga.
- d) Las zapatas se diseñan para resistir fuerzas cortantes de punzonamiento o penetración, tomando como sección crítica, aquella que se ubica hasta una distancia de  $d/2$  (medio peralte efectivo) alrededor de las cargas del elemento que transmitirá la carga.
- e) La sección de flexión en una dirección se ubica en las caras de los elementos verticales de carga.
- f) En cimentación de muros de mampostería la sección crítica a la flexión se considera ubicada a la mitad, entre el eje medio y el paño del muro.

**El procedimiento para el cálculo y diseño de zapatas aisladas, es el siguiente:**

### **Cálculo de la descarga total de la cimentación**

a) C.M. + C.V.

$$P_T = P_E + W_S + P_{equiv}$$

Donde;

$$P_T = \text{carga total o de trabajo para diseñar la zapata}$$

$$P_E$$

= carga axial estatica (se obtiene del analisis y baja de cargas de la estructura)

$W_S$  = peso supuesto de la cimentacion, inicialmente se puede suponer que es

*igual al 25% de la carga accial estatica ( $P_E$ )*

b) C.M. + C.V. + SISMO X

$$P_T = P + W_S + P_{equiv}$$

Donde;

$$P = P_E + P_{SX} + 0.3P_{SY}$$

$$P_{equiv} = 1.5(M_{EX} + M_{EY} + M_{SY} + 0.30M_{SY})$$

$W_S$  = peso supuesto de la cimentación, inicialmente se puede poner que es igual al 25% de la carga axial estática ( $P_E$ )

c) C.M. +C.V. SISMO Y

$$P_T = P + W_S + P_{equiv}$$

Donde;

$$P = P_E + P_{SX} + 0.3P_{SY}$$

$$P_{equiv} = 1.5(M_{EX} + M_{EY} + M_{SY} + 0.30M_{SY})$$

$W_S$  = peso supuesto de la cimentación, inicialmente se puede poner que es igual al 25% de la carga axial estática ( $P_E$ )

### Dimensionamiento de la zapata

$$A_Z = \frac{P_T}{q_{rs}} =$$

Proponiendo una zapata de forma cuadrada

$$B = L = \sqrt{A_z}$$

### **Cálculo de la presión de contacto**

$$M_X = M_{EX} + (F.R^*M_{SX})$$

$$M_Y = M_{EY} + (F.R^*M_{SY})$$

El F.R., será de 0.30 y solo afecta, al Ms que no rigió en el calculo

(1.4.2.2. método de amplificación de momentos flexionantes, NTCDCEC, del ECDF-04).

$$e_x = \frac{M_X}{p+W_s}$$

$$e_y = \frac{M_Y}{p+W_s}$$

$$L' = L - 2e_x$$

$$B' = B - 2e_y$$

$$q = \frac{p+W_s}{L'B'}$$

Luego, se verifica que el esfuerzo que se transmite al suelo, debido a las cargas de la estructura, no rebasen el esfuerzo que el suelo es capaz de soportar.

$$q < q_{rs}$$

### **Cálculo de la presión neta ultima**

$$q_n = \frac{p}{L \cdot B}$$

$$q_{nu} = F.C. (q_n)$$

Donde F.C. será 1.4 para combinaciones de C.V. + C.M. o 1.1 para combinaciones de C.V. + C.M. + SISMO.

### **Cálculo de peralte necesario para resistir contante como viga ancha**

Zapatas cuadradas

$$l_1 = \frac{L - C_x}{2}$$

$$l_2 = \frac{L - C_y}{2}$$

zapatas de borde

$$l_1 = L - C_x$$

$$l_2 = L - C_y$$

zapatas de esquina.

$$l_1 = L - C_x$$

$$l_2 = \frac{L - C_y}{2}$$

### **Cálculo del peralte necesario para resistir cortante por penetración**

F.C. será 1.4 para combinaciones de C.V. + C.M. o 1.1 para combinaciones de C.V. + C.M. + SISMO.

$$V_{CR} = F.R. \sqrt{f^*c}$$

(2.5.1.1. vigas sin presfuerzo, NTCDCEC, del RCDF-04)

$$V_{CR} = F.R. \left(0.5 + \frac{c_1}{c_2}\right) \sqrt{f^*c}$$

(2.5.9.3. Resistencia de diseño de concreto, NTCDCEC, del RCDF-04)

F.R. será 0.8 para combinaciones de C.V. + C.M. o 1.1 para combinaciones de C.V. + C.M. + SISMO.

$f^*c = 0.8\hat{f}^c$  (1.5.1.2. Resistencia a compresión, NTCDCEC, del RCDF-04).

Una vez calculado el  $V_{CR}$  de las dos formas antes mostradas, se elige la de menor valor para calcular el peralte más idóneo a través de la ecuación siguiente:

### **Zapatas cuadradas de centro**

$$[q_{nu} + 4V_{CR}]d^2 + [q_{nu} + 2V_{CR}][C_x + C_y]d + q_{nu}C_xC_y - Pu = 0$$

### **Zapatas cuadradas de borde**

$$\left[\frac{q_{nu}}{2} + 4V_{CR}\right]d^2 + \left[\frac{q_{nu}}{2} + V_{CR}\right][2C_x + C_y]d + q_{nu}C_xC_y - Pu = 0$$

### **Zapatas cuadradas de esquina**

$$\left[\frac{q_{nu}}{4} + 4V_{CR}\right]d^2 + \left[\frac{q_{nu}}{4} + V_{CR}\right][C_x + C_y]d + q_{nu}C_xC_y - Pu = 0$$

Se procede a comprar el peralte (d) obtenido en el paso5 (cálculo del peralte necesario para resistir contante como viga ancha) con el obtenido en este paso, para tomar la mayor, que sería la mínima necesaria, posterior a eso se calcula el espesor total de la zapata (h), bajo el siguiente criterio.

H = d +5 cm; si hay momento en un sentido C.V. + C.M.

H = d +10 cm; si hay momento en un sentido C.V. + C.M. + C.A.

$H = d + 10 \text{ cm}$ ; si hay momento en un sentido C.M. + C.V.

$H = d + 15 \text{ cm}$ ; si hay momento en un sentido C.V. + C.M. + C.A.

Según la sección 6.4.5 de NTCDCEC, del RCDF-04 el espesor mínimo de una zapata reforzada será de 15 cm.

**Verificación del peralte obtenido  $V_u \leq V_{CR}$**

Zapatas cuadradas

$$M_{ux} = F.C. \times M_x$$

$$M_{uy} = F.C. \times M_y$$

$$Af = (C_x + d)(C_y + d)$$

$$V_u = Pu - (q_{nu} * Af) =$$

Zapatas de borde

$$M_{ux} = F.C. \times M_x$$

$$M_{uy} = F.C. \times M_y$$

$$Af = (C_x + d/2)(C_y + d)$$

$$V_u = Pu - (q_{nu} * Af) =$$

Zapatas de esquina

$$M_{ux} = F.C. \times M_x$$

$$M_{uy} = F.C. \times M_y$$

$$Af = (C_x + d/2)(C_y + d/2)$$

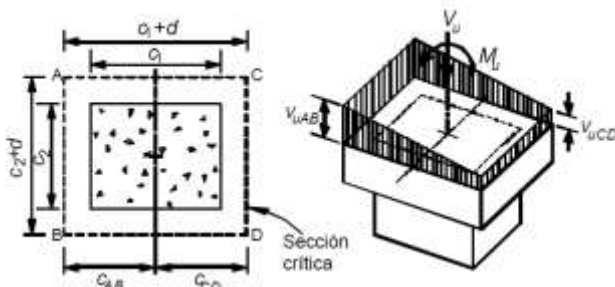
$$V_u = Pu - (q_{nu} * Af) =$$

F.C. será 1.4 para combinaciones de C.V. + C.M. o 1.1 para combinaciones de C.V. + C.M. + SISMO.

**Verificación de la existencia de la transmisión de momento (2.5.9.2. Esfuerzo cortante de Diseño, NTCDEEC, del RCDF-04)**

$$M_{ux} > 0.2V_u d \text{ hay transmisión de momento en } x$$

$$M_{uy} > 0.2V_u d \text{ hay transmisión de momento en } y$$



$$V_{uAB} \leq \frac{V_u}{A_{CR}} \leq \frac{M_u C_{AB}}{J_C}$$

$$V_{uCD} \leq \frac{V_u}{A_{CR}} \leq \frac{M_u C_{CD}}{J_C}$$

$$A_{CR} \leq 2d(C_1 + C_2 + 2d)$$

$$J_C \leq \frac{d(C_1 + d)^3}{6} + \frac{d(C_1 + d)^3}{6} + \frac{d(C_2 + d)(C_1 + d)^2}{2}$$

Figura 4: Transmisión de momentos y cargas



$$g_X = \frac{(C_X d)}{2} C_{AB}; \quad g_Y = \frac{(C_Y d)}{2} C_{BD}$$

$$J_{CX} = \frac{d(C_X d/2)^2}{12}; \frac{(C_X d/2)d^3}{12} + (C_Y d/2)d C_{AB}^2 + (C_X d/2)d \frac{C_X d/2}{2} C_{AB}$$

$$J_{CY} = \frac{d(C_Y d/2)^2}{12}; \frac{(C_Y d/2)d^3}{12} + (C_X d/2)d C_{AB}^2 + (C_Y d/2)d \frac{C_Y d/2}{2} C_{BD}$$

### Diseño por Flexión

se calcula el momento último que actúa en la zapata

$$M_u = \frac{q_{nu} * L^2}{2}$$

Se calcula el momento último que actúa en la zapata

$$\rho = \frac{f'_{rc}}{F_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{F.R.b d^2 f'_{rc}}} \right]$$

Se verifica que la cuantía de acero obtenida, se encuentra entre los parámetros máximos y mínimos permitidos.

$$\rho_{min} = \frac{0.70 \sqrt{f'_{rc}}}{f_y}$$

(2.2.1. Refuerzo mínimo, NTCDCEC, del RCDF-04)

$$\rho_{max} = 0.75 \left[ \frac{f'_{rc}}{f_y} * \frac{4800}{6000 + f_y} \right]$$

(2.2.2. Refuerzo mínimo, NTCDCEC, del RCDF-04)

El área de acero requerido se calcula con:

$$A_s = \rho b d$$

Y la separación de varillas con:

$$S = \frac{b * a_0}{A_s}$$

Donde:

B, es el ancho a considerar como viga para el diseño (100 cm)

### **Cálculo del refuerzo por cambios volumétricos**

Para elementos con peralte efectivo (d) mayor a 30 cm o que en toda dirección, sea mayor a 1.5 m se deberá considerar refuerzo por cambios volumétricos.

(5.7. Refuerzo por cambios volumétricos, NTCDCEC, del RCDF-04)

$$A_{st} = \frac{660 x_i}{f_y(x_i + 100)} (1.5)(1.5)(100)$$

Y la separación entre varillas con:

$$S = \frac{b * a_0}{A_s}$$

Donde:

B, es el ancho a considerar como viga para el diseño (100 cm)  $a_0$ , es el área de la varilla a utilizar.

En todo desarrollo, los valores para aceros a flexión son varillas corrugadas con  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  con las siguientes especificaciones

| Vars.      | $\phi$<br>mm | Area<br>$\text{Cm}^2$ | $L_{bd}$<br>Cm | $L_b$<br>Cm | $L_T$<br>Cm |
|------------|--------------|-----------------------|----------------|-------------|-------------|
| 3 (3/8)    | 9.50         | 0.71                  | 30.00          | 12.00       | 40.00       |
| 4 (1/2)    | 12.70        | 1.27                  | 30.00          | 16.00       | 40.00       |
| 5 (5/8)    | 15.90        | 1.99                  | 30.00          | 20.00       | 40.00       |
| 6 (3/4)    | 19.00        | 2.87                  | 30.00          | 23.00       | 40.00       |
| 7 (7/8)    | 22.20        | 3.87                  | 42.83          | 27.00       | 57.00       |
| 8 (1")     | 25.40        | 5.07                  | 56.11          | 31.00       | 75.00       |
| 9 (1 1/8)  | 28.60        | 6.42                  | 71.06          | 35.00       | 95.00       |
| 10 (1 1/4) | 31.80        | 7.94                  | 87.88          | 39.00       | 117.00      |
| 12 (1 1/2) | 38.10        | 11.4                  | 126.17         | 46.00       | 168.00      |

$\phi$  = Diametro de la Varilla

$L_{db}$  = Longitud basica de desarrollo

$L_b$  = Longitud de Doblecies

$L_T$  = Longitud de Traslapes

Tabla 3: Especificaciones de varillas de refuerzo

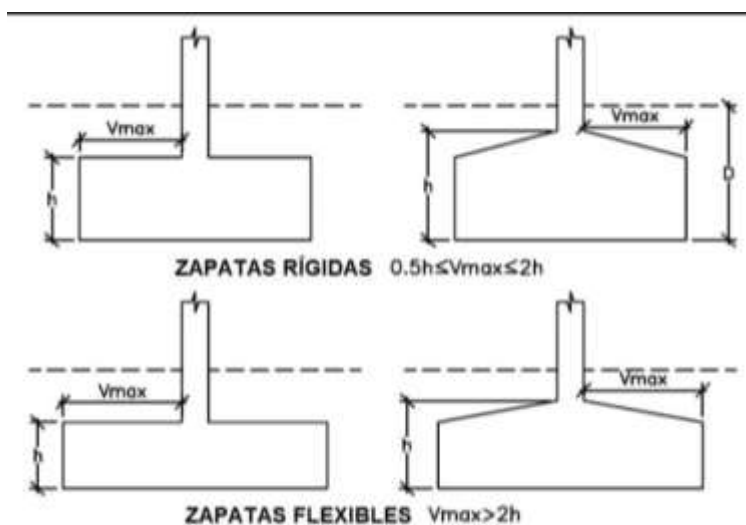


Figura 7: Especificaciones de zapatas

### Bajada de cargas

La bajada de cargas es un proceso que explica como una estructura recoge, canaliza y desvía las cargas resultantes; las cargas se inician en la cubierta y cada carga se convierte en una fuerza que actúa sobre los miembros interiores. El objetivo de este proceso es establecer un valor de cargas sobre el terreno que nos permita calcular las dimensiones de la cimentación.

Una bajada de cargas se puede efectuar mediante dos formas, ya sea por áreas tributarias con las cargas de piso o con las reacciones del modelo. Para este trabajo se han utilizado las reacciones del modelo:

### **Diseño de zapatas aisladas**

El diseño de zapatas aisladas de este proyecto consta de zapatas centrales, de esquina y de borde, calculadas por medio de la aplicación civil zapata, tomando en cuenta las reacciones de las columnas obtenidas en el software ECOGcw3.

(ver anexo D propiedades geométricas y mecánicas de cimentaciones tablas 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 y figuras 26, 27 y 28)

### **Diseño de placas base y anclas**

Cuando una columna de acero se apoya en una zapata o en el dado de la zapata, es necesario que la carga de la columna se distribuya en un área suficiente para evitar que se sobrecargue la zapata.

Las cargas de las columnas de acero se transmiten a través de una placa base de acero a un área razonablemente grande del cimiento, que se localiza debajo de dicha placa.

Para el diseño de las placas base se ha empleado con mucha eficiencia el método del AISC-2010, en el cual se toma en cuenta la resistencia de contacto entre la placa y el concreto que se encuentra debajo de la placa (dado).

Las placas base son de acero A-36, por otro lado, las anclas son de acero A-325.

Las anclas tienen una longitud de 0.9777 y un  $\varnothing=22.225$  mm.

Es importante destacar que, para el montaje de la columna en su elevación apropiada, las anclas se encuentran conectadas a las placas base por medio de tuercas hexagonales pesadas, específicamente, son roldanas planas endurecidas.

Las anclas se ha decidido que se coloquen en el centro por facilidad, ya que si se colocan en los extremos de la placa se generarían momentos en la placa y se tendrían que diseñar con base en esos momentos.

#### **4. ACTIVIDADES**

Primeramente, se realizó la asignación del proyecto al departamento de ingeniería estructural, llevando a cabo el proceso de estructuración en esta etapa se realizó la selección de materiales que conforman la estructura.

Iniciando con planos esquemáticos arquitectónicos de las especificaciones del proyecto estipuladas por el cliente, posteriormente se realizó el modelado en 3D por medio del software ECOGcw 3 donde se plasmaron todos los elementos estructurales que conformarían la nave industrial para su posterior revisión ingresando los perfiles de acero seleccionados en el proceso de estructuración.

Simultáneamente al modelado de la estructura se llevó a cabo el diseño de viento para estructuras cerradas basado en el Manual de Diseño de Viento de Comisión Federal de Electricidad (CFE), acorde a las velocidades regionales de la zona, tipo de estructura y tipología del terreno, para considerar estas cargas de diseño, ya que afectarían la eficiencia y seguridad de la estructura.

Después mediante el programa de diseño se llegó a la idealización de la estructura y determinación de las acciones de diseño como lo son cargas de

viento, cargas vivas y muertas del inmueble, así como el dimensionamiento para su posterior análisis estructural.

Después de esto se realizó la verificación de los perfiles, si estos cumplían con los requisitos de diseño resistencia, estabilidad, rigidez, y deflexión en cada uno de los elementos que conforman la estructura, después de la verificación de perfiles se llevó a cabo la obtención de diagramas correspondientes como lo son: isométricos de fuerzas, momentos flexionantes, desplazamientos, esfuerzos, deformaciones, cortantes, torsión y reacciones.

Dichos diagramas reflejaron la eficiencia y seguridad de la estructura en su diseño acorde al Reglamento vigente de Construcción del Distrito federal y al manual IMCA (Manual de Diseño en Acero) bajo el diseño por esfuerzos permisibles.

Seguidamente se obtuvieron fuerzas de diseño de sismo en base a las recomendaciones del Manual de Diseño de Sismos de Comisión Federal de Electricidad (CFE), acorde a la zona sísmica del municipio de Oriental, Puebla México, dichas fuerzas se ejecutaron el programa de diseño por medio del método estático verificando el comportamiento del inmueble ante estos agentes sísmicos satisfaciendo la seguridad del inmueble.

Una vez realizado todo el cálculo estructural en el software se ejecutó el programa reflejando todos los resultados en una corrida de cálculo que arroja todos los datos y combinaciones anteriormente mencionadas en cada elemento que conforma la nave industrial.

Inmediatamente con las cargas de diseño de la estructura se usó la aplicación Civil Zapata para el diseño de cimentaciones que fueron conformadas por zapatas aisladas de centro, bordes y esquinas, basado en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción del Distrito Federal.

Después todos los datos obtenidos en los diferentes análisis fueron plasmados en planos estructurales realizados en el software AutoCAD por los dibujantes del departamento, dichos planos constan de las especificaciones y detalles estructurales de todo el inmueble, el proyecto consto de 4 planos estructurales denominados CIM – 01 correspondiente a los detalles de la cimentación de la estructura, EST – 01 y 02 pertenecientes a fachadas principales, laterales donde muestra los perfiles usados, conexiones, detalles etc. Y EST – 03 a los elementos estructurales que conforman la techumbre.

Una vez terminados los planos estructurales se realizó la revisión de los mismos en busca de errores y cotejar lo plasmado con lo calculado en el diseño estructural.

Por último, se realizó una memoria de cálculo que contenía todos los datos de diseño obtenidos, corrida de cálculo y planos estructurales firmados por el perito responsable del diseño estructural.

## 5. RESULTADOS

### Análisis de viento

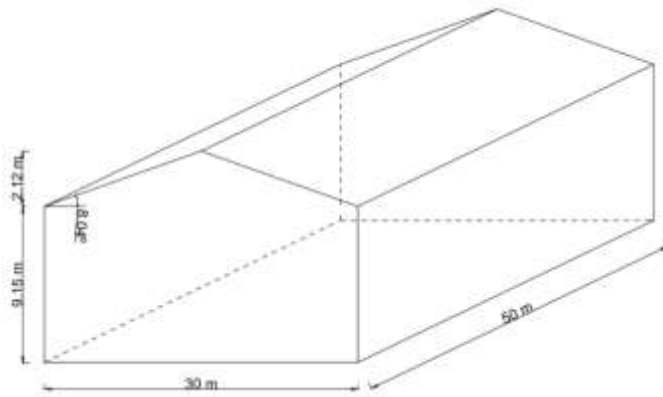


Figura 8: Diagrama general de dimensiones de nave industrial

Datos:

$$\lambda = \frac{9.15}{30} = 0.305 < 5$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{2.12}{15} = 0.141$$

$$\theta = 8.04^{\circ}$$

$$\text{NSMM} = 2,360$$

$$\Omega = 574.82$$

$$T = 15.7^{\circ}\text{C}$$

### **Clasificación estructural**

- Según su importancia: Grupo B
- Según su respuesta: Tipo 1

### **Determinación de la velocidad básica de diseño (tabla 6.1 y 6.2).**

- Categoría del terreno: categoría 3
- Según su tamaño: clase c

### **Velocidad Regional**

$$V_R = 99Km/h$$

### **Factor topográfico (tabla 6.6)**

- $F_{T=1.0}$

### **Factor de exposición**

$$\Delta F_\alpha = F_e F_{RZ}$$

$$F_c = 0.90$$

$$F_{RZ} = 1.56 \left[ Z / \delta \right]^2 \text{ si } 10 < Z < \delta$$

$$\alpha = 0.171$$

$$\delta = 390$$

$$F_{RZ} = 1.56 \left[ 11.27 / 390 \right]^{1.171} = 0.851$$

$$F_{\alpha} = 0.9(0.851) = 0.765$$

### Velocidad básica del diseño

$$V_D = F_T F_{\alpha} V_R$$

$$V_D = 1.0(0.765)(99) = 75.82 \text{ Kg}/m^2$$

### Presión dinámica de la base (tabla 7.1)

$$\bullet \quad G = \frac{0.392 \Omega}{273+t} = G = \frac{0.392(574.8)}{273+15.7^{\circ}} = 0.78$$

$$\bullet \quad q_z = 0.0048 G V_D^2$$

$$q_z = 0.0048(0.78)(75.80)^2 = 21.523 \text{ Kg}/m^2$$

## Método estático

$$\text{SI } H = 11.27 \text{ Y } D = 30 \text{ H/D} = 11.27/30 = 0.375 \ll 4$$

## Precisiones exteriores

$$P_e = C_{pe} K_A K_L q_z$$

$$C_{pe} = 0.8$$

$$K_A = 0.8 \text{ (por ser mayor a } 100 \text{ m}^2\text{)}$$

$$K_L = 1.0$$

$$P_e = (0.8)(1.0)(21.523) = 22.323 \text{ Kg/m}^2 = C_{pe}$$

$$P_e = 22.323(-0.9) = -20.09 \text{ Kg/m}^2$$

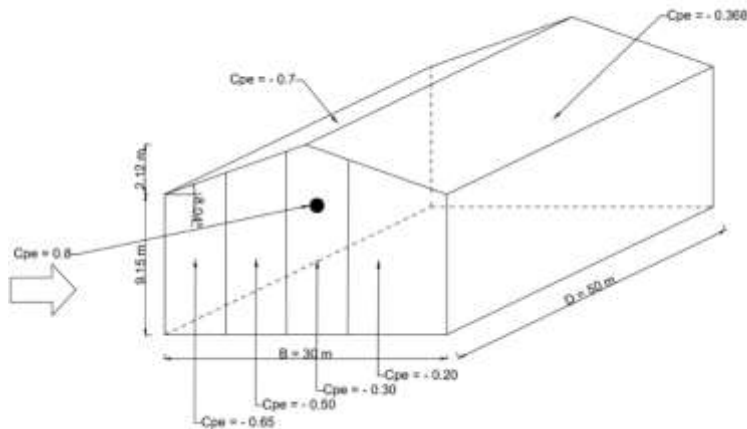


Figura 9: Comportamiento de los coeficientes de presión  $C_{pe}$  para muros y techos según dirección del viento

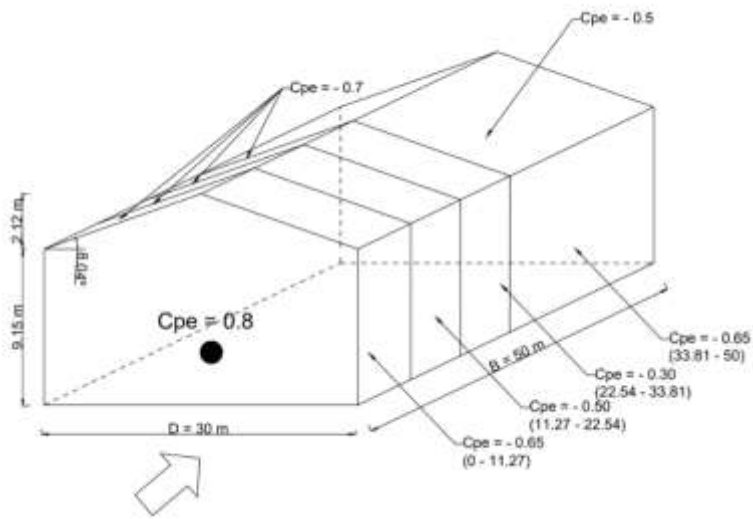


Figura 10: Comportamiento de los coeficientes de presión  $C_{pe}$  para muros

## Análisis de diseño geotécnico de cimentación

**Capacidad de carga admisible.** Tomando en cuenta las características estratigráficas y propiedades del subsuelo explorado, así como las características del proyecto y el tipo de cimentación, la capacidad de carga admisible se presenta a continuación a diferentes profundidades:

| PRENSA HIDRAULICA DE 1500 TONELADAS |                            |                   |            |                |            |      |              |                  |                        |                |    |                                   |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------|------------|----------------|------------|------|--------------|------------------|------------------------|----------------|----|-----------------------------------|
| CAPACIDAD DE CARGA                  |                            |                   |            |                |            |      |              |                  |                        |                |    |                                   |
| PROFUNDIDAD(D)                      | PROFUNDIDAD DE ESTRATO (M) | PRESIÓN DE PORO U | COHESIÓN C | N <sub>c</sub> | $\gamma$ I | B    | $N_{\gamma}$ | $\gamma_2 * D_f$ | $(\gamma_2 * D_f) - U$ | N <sub>q</sub> | FS | CAPACIDAD DE CARGA q <sub>a</sub> |
| 0.00                                | 0.00                       | 0.00              | 13.40      | 5.14           | 1.788      | 3.00 | 0.00         | 0.00             | 0.00                   | 0.00           | 3  | 22.96                             |
| 0.50                                | 0.50                       | 0.00              | 13.40      | 5.43           | 1.788      | 3.00 | 0.00         | 0.89             | 0.89                   | 0.00           | 3  | 25.15                             |
| 1.00                                | 0.50                       | 0.00              | 13.40      | 5.67           | 1.788      | 3.00 | 0.00         | 1.79             | 1.79                   | 0.00           | 3  | 27.11                             |
| 1.50                                | 0.50                       | 0.00              | 13.40      | 5.81           | 1.788      | 3.00 | 0.00         | 2.68             | 2.68                   | 0.00           | 3  | 28.63                             |
| 2.00                                | 0.50                       | 0.00              | 13.40      | 6.02           | 1.788      | 3.00 | 0.00         | 3.58             | 3.58                   | 0.00           | 3  | 30.47                             |
| 2.20                                | 0.20                       | 0.00              | 13.40      | 6.16           | 1.788      | 3.00 | 0.00         | 3.93             | 3.93                   | 0.00           | 3  | 31.45                             |
| 2.40                                | 0.20                       | 0.00              | 13.40      | 6.24           | 1.788      | 3.00 | 0.00         | 4.29             | 4.29                   | 0.00           | 3  | 32.16                             |
| 2.50                                | 0.10                       | 0.00              | 0.00       | 16.56          | 1.572      | 3.00 | 3.07         | 4.45             | 4.45                   | 6.70           | 3  | 12.35                             |
| 3.00                                | 0.50                       | 0.00              | 0.00       | 16.56          | 1.572      | 3.00 | 3.07         | 5.23             | 5.23                   | 6.70           | 3  | 14.10                             |
| 3.50                                | 0.50                       | 0.00              | 0.00       | 16.56          | 1.572      | 3.00 | 3.07         | 6.02             | 6.02                   | 6.70           | 3  | 15.86                             |
| 4.00                                | 0.50                       | 0.00              | 0.00       | 16.56          | 1.572      | 3.00 | 3.07         | 6.81             | 6.81                   | 6.70           | 3  | 17.61                             |
| 4.50                                | 0.50                       | 0.00              | 0.00       | 16.56          | 1.572      | 3.00 | 3.07         | 7.59             | 7.59                   | 6.70           | 3  | 19.37                             |
| 5.00                                | 0.50                       | 0.50              | 12.50      | 7.50           | 1.473      | 3.00 | 0.00         | 8.33             | 7.83                   | 0.00           | 3  | 39.08                             |
| 5.50                                | 0.50                       | 1.00              | 12.50      | 7.50           | 1.473      | 3.00 | 0.00         | 9.07             | 8.07                   | 0.00           | 3  | 39.32                             |
| 6.00                                | 0.50                       | 1.50              | 12.50      | 7.50           | 1.473      | 3.00 | 0.00         | 9.80             | 8.30                   | 0.00           | 3  | 39.55                             |

Tabla 4: Capacidad de carga del suelo a diferentes profundidades

El dimensionamiento de la cimentación se realizará involucrando las descargas y la capacidad de carga admisible; **en ningún caso la presión de contacto deberá rebasar la capacidad de carga admisible.**

## Resultados del software ECOGcw3

### Isométrica nave

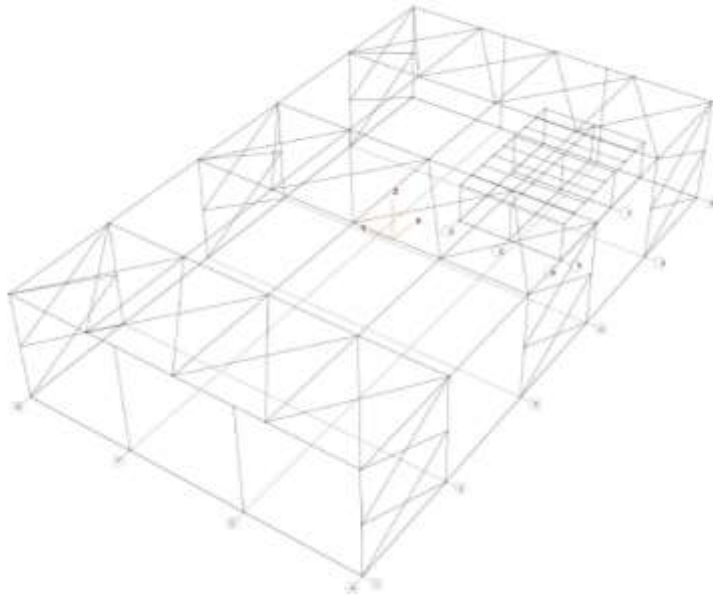


Figura 11: Isométrico de la nave

### Plantas de la nave



Figura 12: Planta de la nave



Figura 13: Planta de mezzanine



Figura 14: Planta de techumbre de la nave

### Isométrico momento flexionante

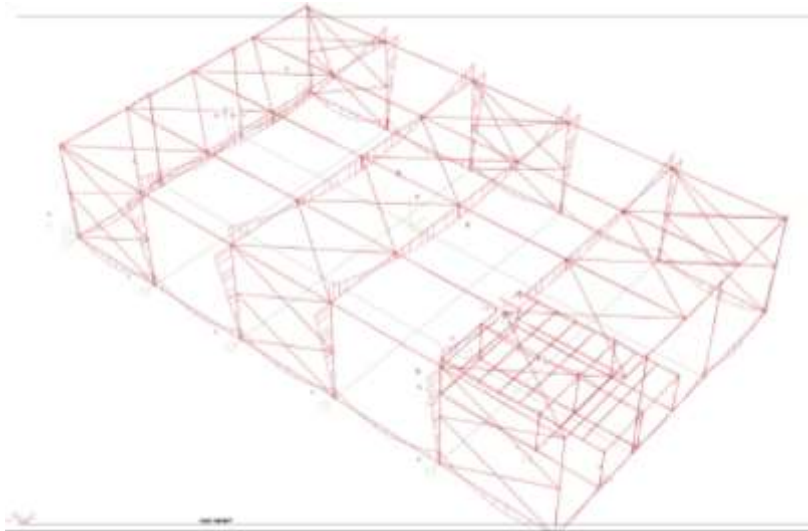


Figura 15: Isométrico momento flexionante

### Isométrico deformación

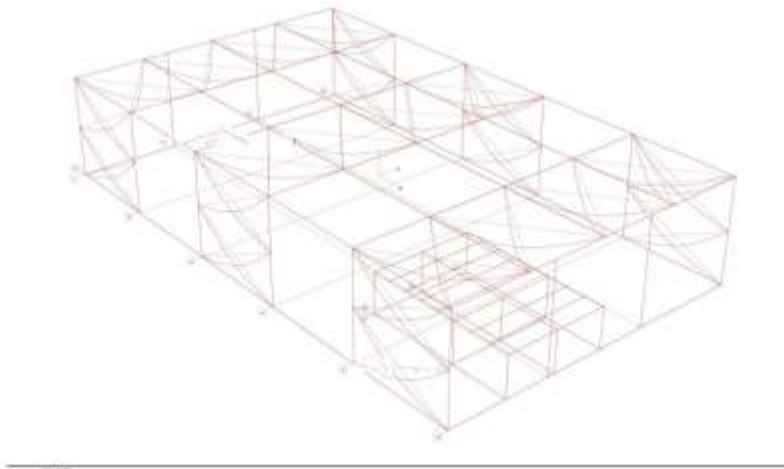


Figura 16: Isométrico deformación

### Isométrico fuerza axial

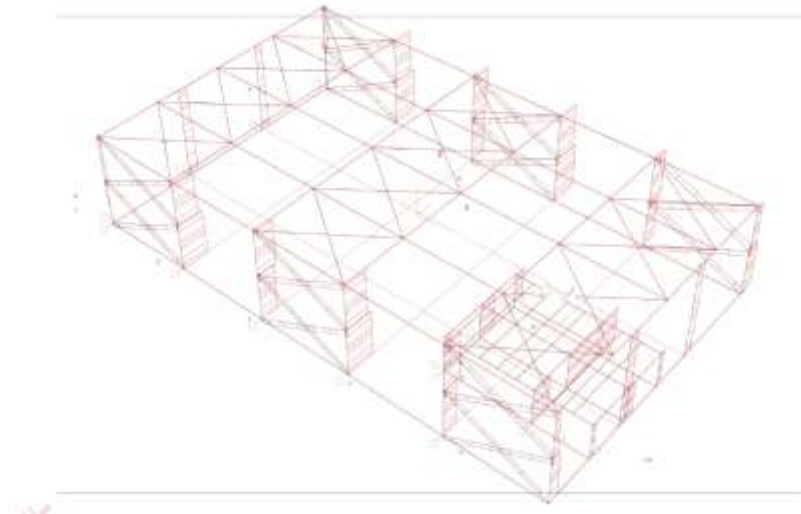


Figura 17: Isométrico fuerza axial

### Isométrico de refuerzo. TL

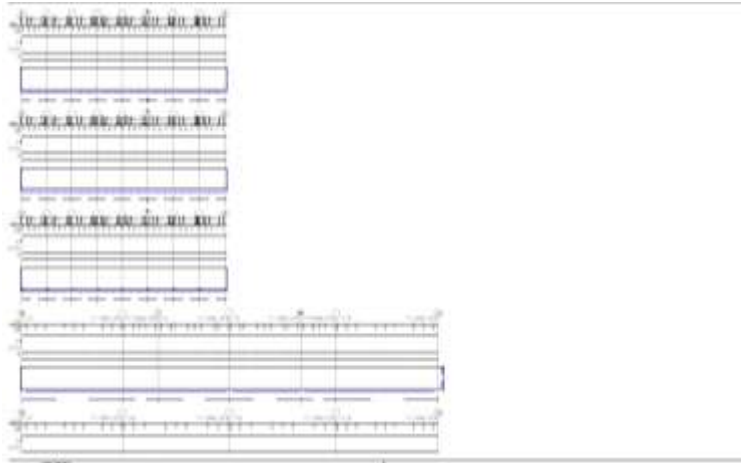


Figura 18: Isométrico refuerzo de TL. 1

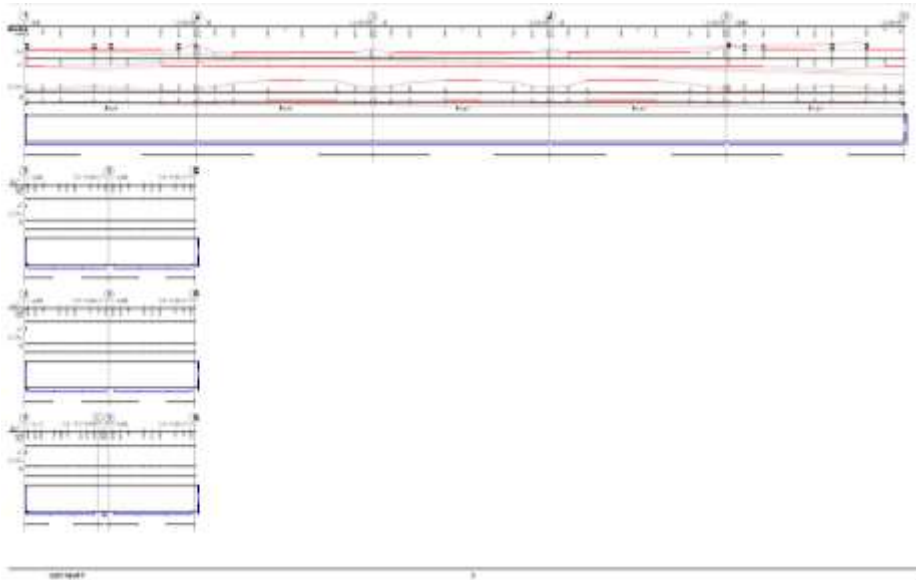


Figura 19: Isométrico refuerzo de TL. 2



Figura 20: Isométrico refuerzo de TL. 3

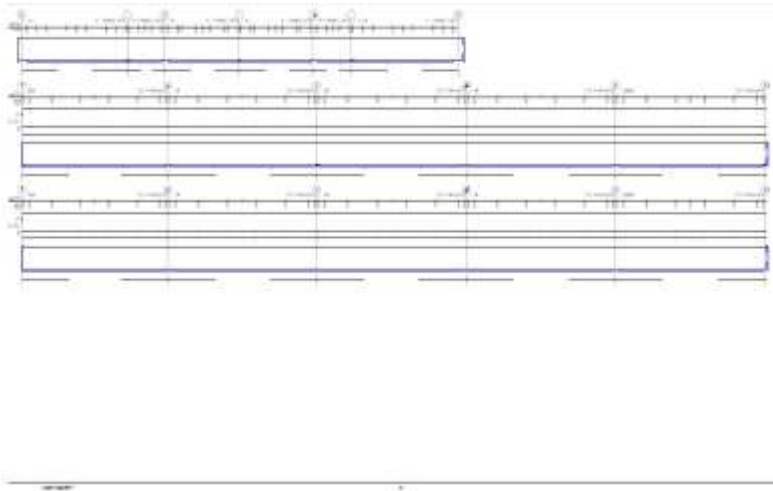


Figura 21: Isométrico refuerzo de TL. 4

### Isométrico cortante

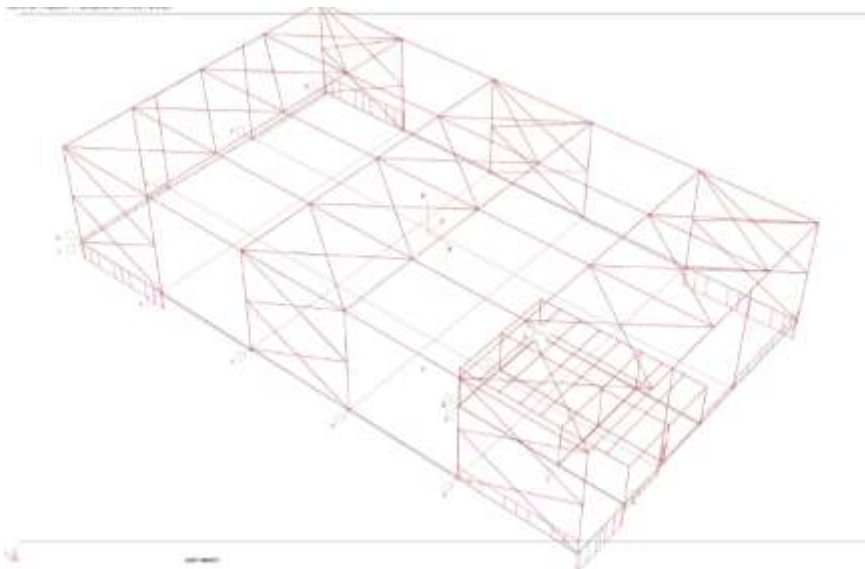


Figura 22: Isométrico cortante

## Isométrico torsión

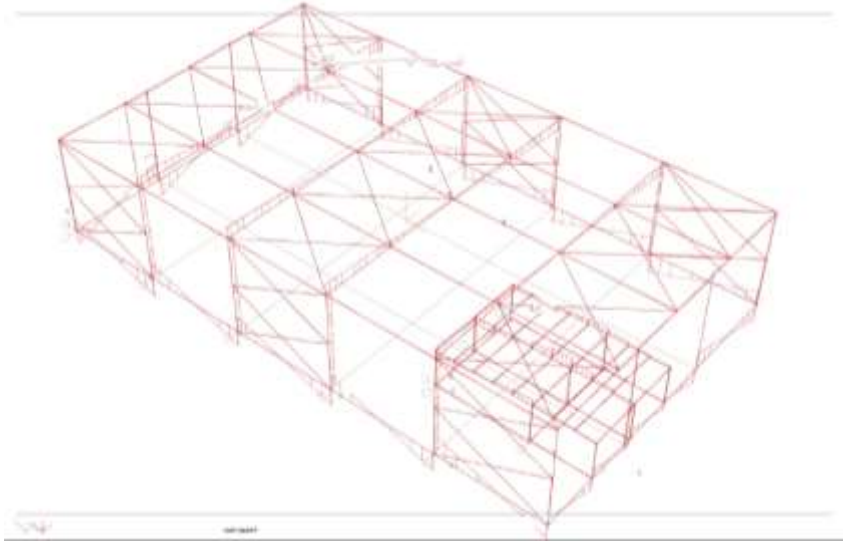


Figura 23: Isométrico torsión

## Diseño placas base y anclas

### Dimensiones

| Placa Base |         |
|------------|---------|
| N (cm)     | 87.9 cm |
| B (cm)     | 35.4 cm |

Tabla 5: Dimensiones de placa base

| Dimensiones del Dado |          |
|----------------------|----------|
| N' (cm)              | 61.4 cm  |
| B' (cm)              | 113.9 cm |

Tabla 6: Dimensiones de dado

| Anclas         |           |
|----------------|-----------|
| D (ancla) (cm) | 2.2225 cm |
| L anclas (cm)  | 91.3 cm   |

Tabla 7: Dimensiones de anclas

| Materiales Placa Base |                |
|-----------------------|----------------|
| Acero                 | A - 36         |
| $f_y$ ( $kg/cm^2$ )   | 2530 $kg/cm^2$ |

Tabla 8: Materiales de placa base

| Material de las Anclas |                |
|------------------------|----------------|
| Acero                  | A - 325        |
| $f_y (kg/cm^2)$        | 4220 $kg/cm^2$ |

Tabla 9: Materiales de anclas

| Dimensiones de perfil metálico (IR 686x125.6m<br>o W27x84 lb/ft) |         |
|------------------------------------------------------------------|---------|
| bf                                                               | 25.3 cm |
| d                                                                | 67.8 cm |

Tabla 10: Dimensiones de perfil metálico para diseño de placas base

### Dimensiones de placa base

$$A_{min} = bf * d = (25.3 \text{ cm})(67.8 \text{ cm}) = 1715.34 \text{ cm}^2$$

$$\lambda n' = \frac{1}{4} \sqrt{bf * d} = \frac{1}{4} \sqrt{1715.34 \text{ cm}^2} = 10.35 \text{ cm}$$

$$N_a = 0.95 d + 2\lambda n' = (0.95)(67.8 \text{ cm}) + 2(10.35) = 85.11 \text{ cm}$$

$$B_a = 0.8 bf + 2\lambda n' = (0.80)(25.3 \text{ cm}) + 2(10.35) = 40.94 \text{ cm}$$

### Se ajustan las dimensiones de Na y Ba a las propuestas

$$B = 35.4 \text{ cm} \quad N = 87.9 \text{ cm}$$

Dentro del área requerida

$$A_1 = B * N = 3111.66 \text{ cm}^2$$

Placa Base

## Revisión de aplastamiento

Dimensiones del dado

$$N' = 113.9 \text{ cm} \qquad B' = 61.4 \text{ cm}$$

$$A2 = B' * N' = 6993.46 \text{ cm}^2$$

Área del dado

Como  $A2 > A1$  la resistencia nominal del concreto (p.p) es:

$$P_p = 0.85 * f'c * A1 \sqrt{\frac{A2}{A1}} < 1.7 * f'c * A1$$

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_p = 0.85(230)(3111.66) \left( \sqrt{\frac{6993.46}{3111.66}} \right) < 1.7(230)(3111.66)$$

$$749,082.53 \text{ kg} < 1,322,445.5 \text{ kg}$$

Si cumple

## Cálculo de espesor de placa

$$P = 44.65 \text{ Ton} \qquad Fc = 1.4$$

$$Pu = P * Fc = (44.65)(1.4) = 62.51 \text{ Ton} = 62,510 \text{ kg}$$

$$0.95 d = (0.95)(67.8) = 64.41 \text{ cm}$$

$$0.80 \, bf = (0.80)(25.3) = 20.24 \, \text{cm}$$

$$m = \frac{(N - 0.95d)}{2} = 11.745 \, \text{cm}$$

$$n = \frac{(N - 0.80 \, bf)}{2} = 7.58 \, \text{cm}$$

$$\phi b = 0.9$$

$$tpm = \sqrt{\frac{4 * q_u * m^2}{2 * \phi b * f_y}} \quad \quad \quad tpn = \sqrt{\frac{4 * q_u * n^2}{2 * \phi b * f_y}}$$

$$q_u = \frac{Pa}{A1} = \frac{62,510 \, \text{kg}}{3111.66 \, \text{cm}^2} = 20.09 \, \text{kg/cm}^2$$

$$tpm = 1.66 \, \text{cm} \quad \quad tpn = 1.22 \, \text{cm} \quad \quad = 28.8 \, \text{mm}.$$

Placa: 354 x 879 x 28.8 mm.

Nota: Según espesores de placas seria 1 ¼ " = 31.75 mm ya que 1 1/8" = 28.6 mm y el espesor requerido es de 28.8 mm la siguiente placa comercial seria 1 1/4 " = 31.75 mm.

### **Anclas para placas base**

Por norma se requieren 4 anclas como mínimo por lo tanto se revisa el diámetro del ancla que necesita para placa base.

$$Fp = \frac{Ru}{A1} = 20.09 \, \text{kg/cm}^2$$

$$\text{Área tributaria ancla} = (2.23)(91.3) = 203.59 \, \text{cm}^2$$

$$F \text{ tension} = \text{Area tributaria} * F_p = (203.59 \text{ cm}^2)(20.09 \text{ kg/cm}^2)$$

$$F \text{ tension} = 4,090.12 \text{ kg}$$

Se propone diámetro de Ancla

$$D_r = 2.24 \text{ cm} = 7/8''$$

$$A_r = \frac{\pi D_r^2}{4} = \frac{(3.1416)(2.24)^2}{4} = 3.94 \text{ cm}^2$$

$$F \text{ ultima barra} = A_r * 0.6 * F_y =$$

$$\text{Ancla Acero A} - 325$$

$$F_y = 4220 \text{ kg/cm}^2$$

$$F \text{ ultima barra} = (3.94 \text{ cm}^2)(0.6)(4220 \text{ kg/cm}^2) = 9976.08 \text{ kg}$$

## Resultados de Diseño

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| F. ultimo<br>tensión  | vs F.      |
| F. ultimo             | 9.9760 ton |
| F. tensión            | 4.090 ton  |
| ∴ sección es correcta |            |

$$F_u > F_t$$

Tabla 11: Resultados de diseño

La longitud de las anclas no es necesario calcularla, ya que, gracias a la experiencia y a diversos estudios de laboratorio se ha llegado a la siguiente recomendación:

Las longitudes de anclaje deben ser de 40 diámetros mínimo de las varillas utilizadas

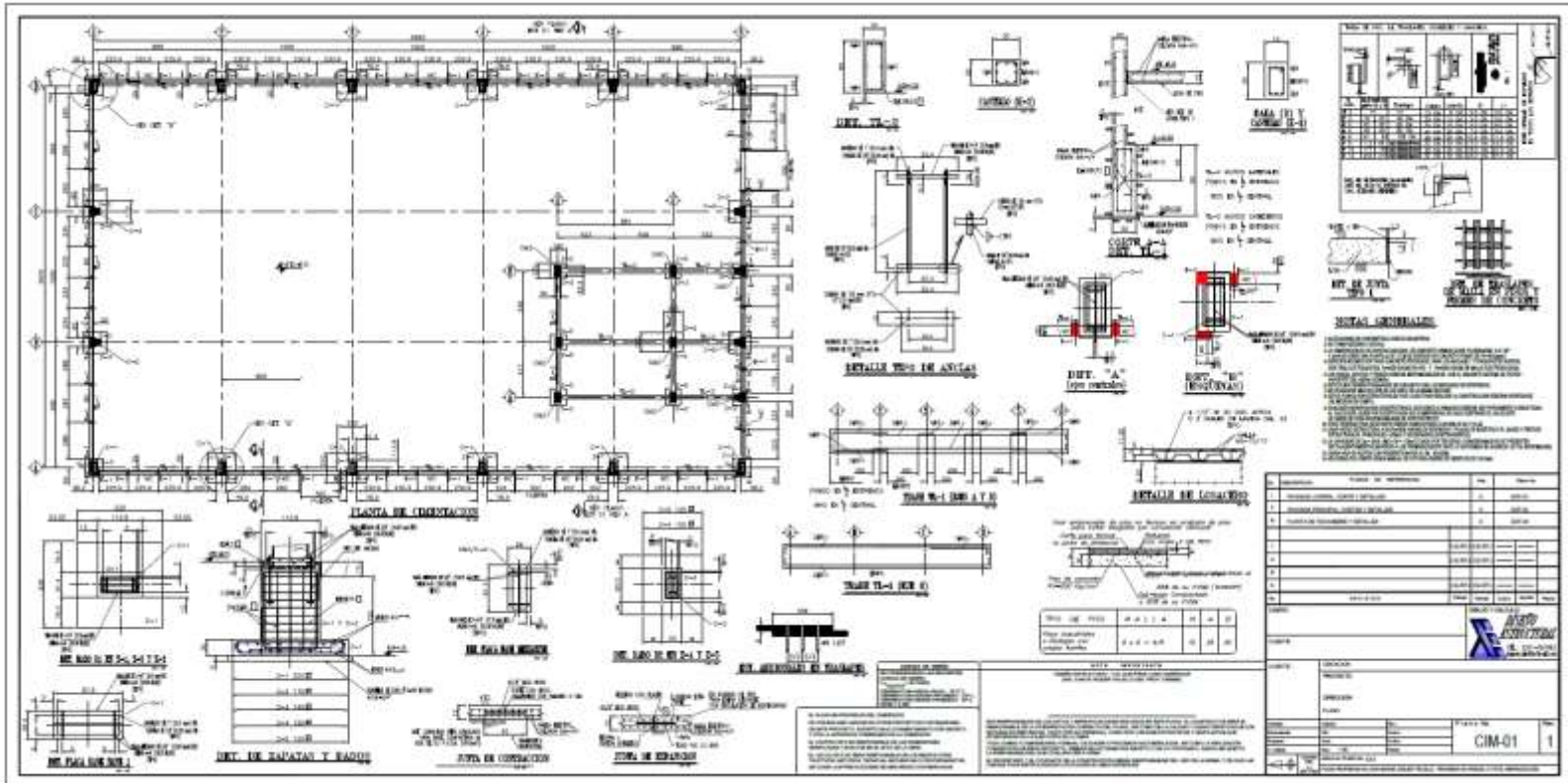
$$L_{\text{minima anclaje}} = 40 * D_r = 89.6 \text{ cm}$$

A la longitud mínima obtenida se le agrega el espesor de la placa más 5 cm por recomendación y sobre todo por cualquier imprevisto.

$$L_{\text{necesaria anclas}} = 89.6 \text{ cm} + 5 \text{ cm} + 3.18 \text{ cm} = 97.77 \text{ cm}$$

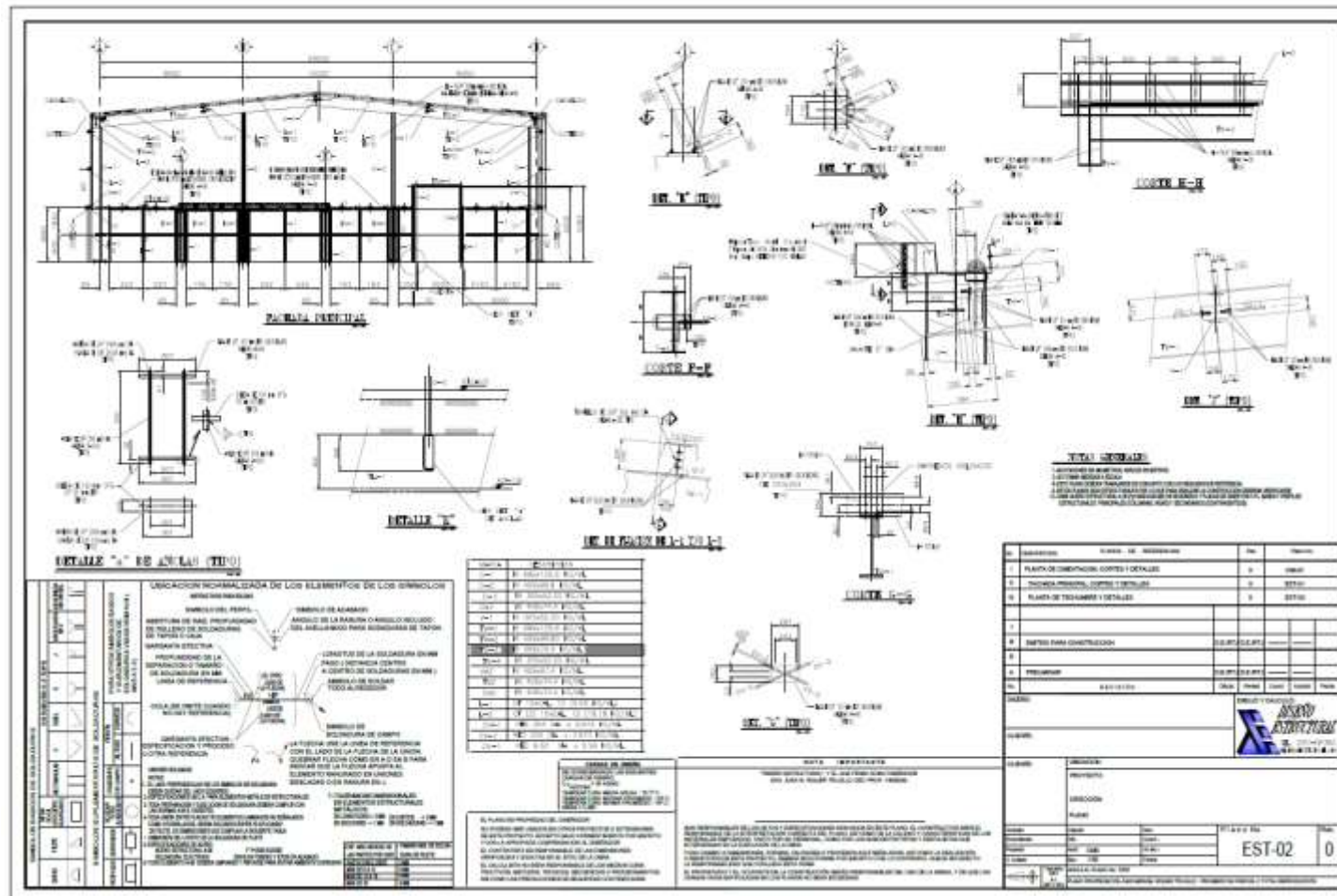
## PLANOS ESTRUCTURALES

**Cim-01**

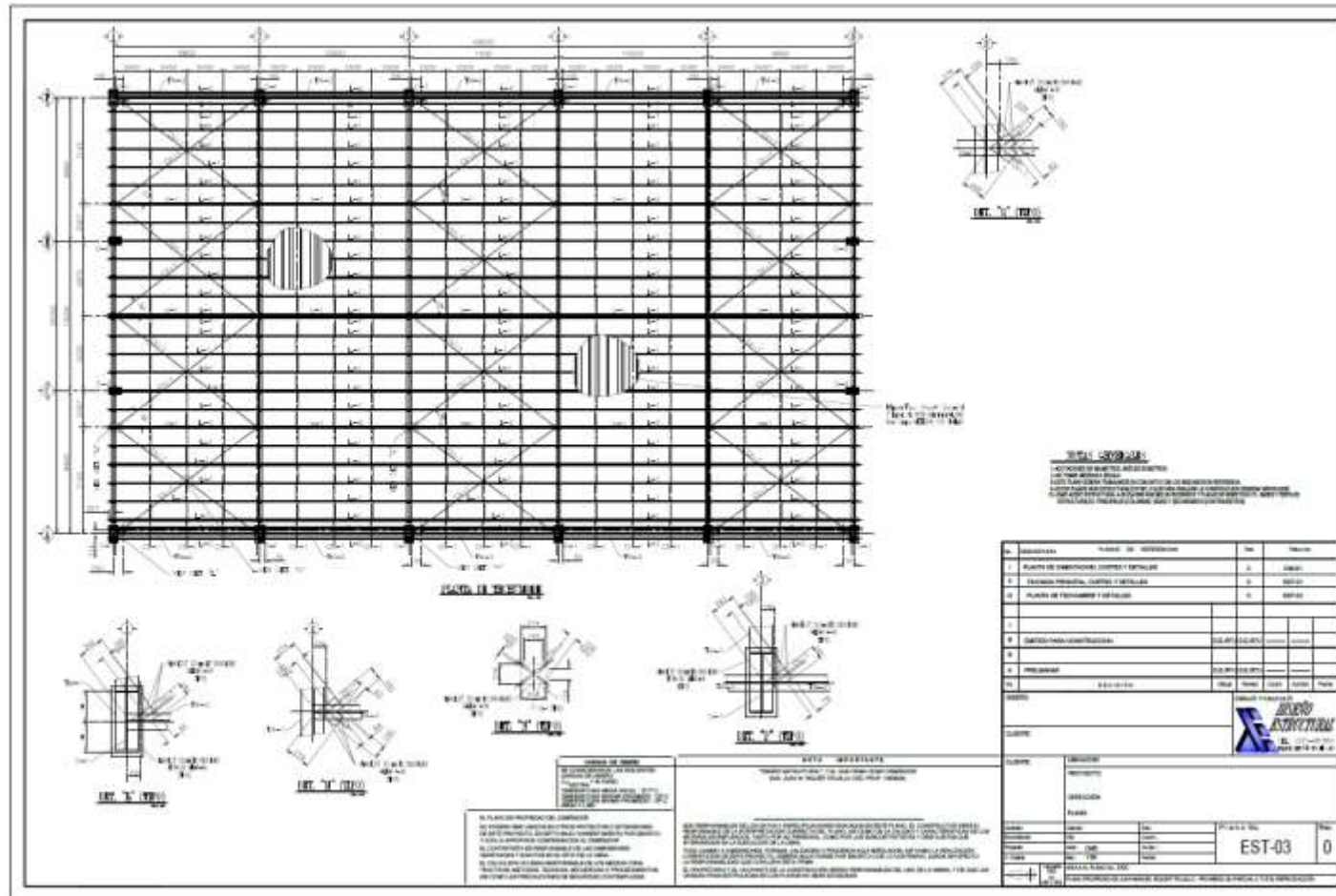




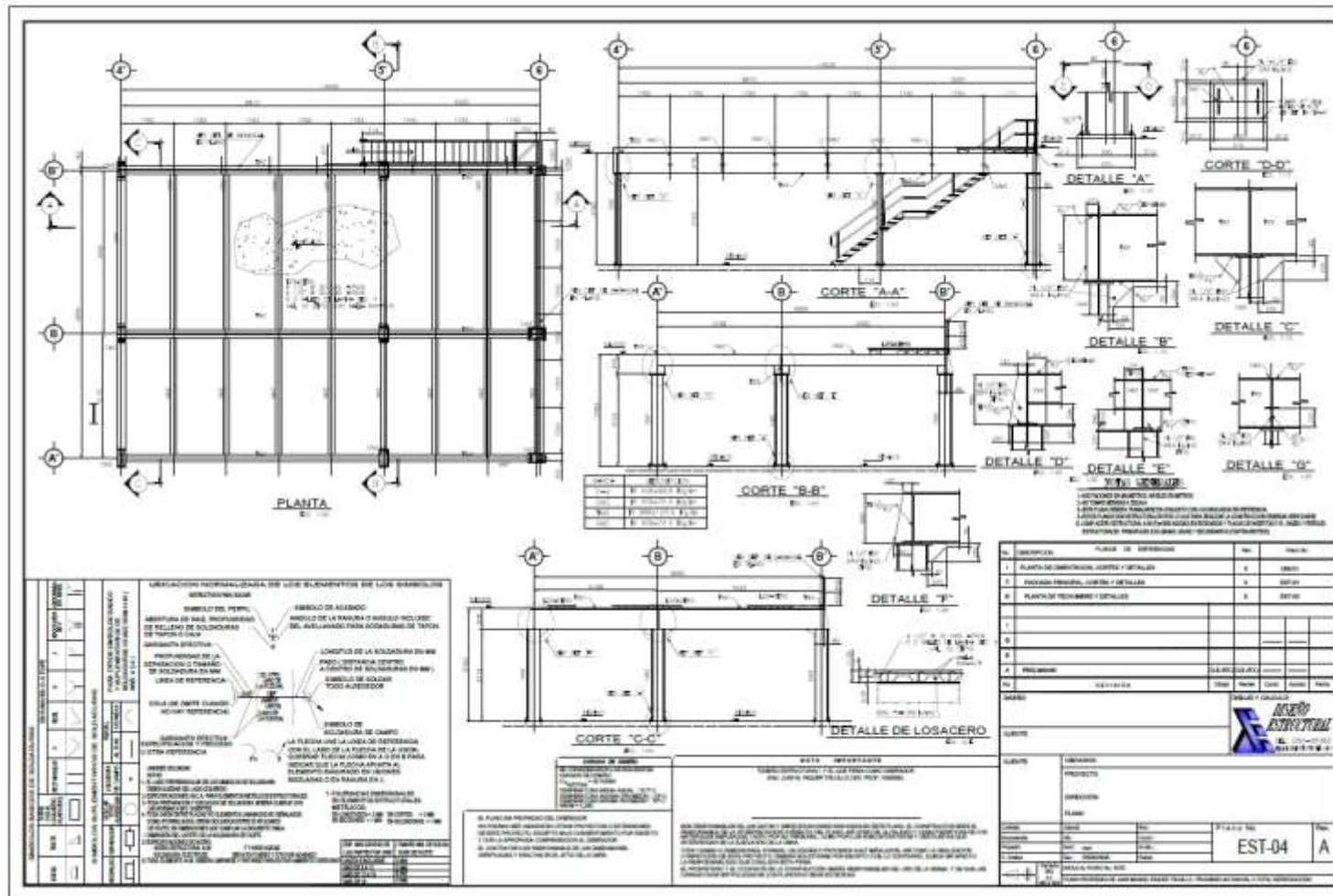
## Est-02



## Est-03



## Est - mezzanine



## CONCLUSIONES

La ingeniería estructural es muy compleja y cada proyecto es diferente, por esta simple razón no se puede establecer un criterio general de análisis y diseño, pero si un procedimiento que contenga las bases y referencias necesarias para que toda persona interesada en el tema tenga al alcance la información y pueda consultar, identificar y/o hacer los cambios necesarios.

Iniciamos nuestra residencia profesional con el proyecto “Naves industriales” con el diseño estructural de una nave industrial con mezzanine de 30 x 50 m, en un departamento un poco desconocido en cuanto a conocimientos en el área, durante el transcurso del proyecto las cosas fueron cambiando ya que comenzamos a obtener diversos conocimientos en el área estructural de los que podemos mencionar las partes estructurales, reglamentos de diseño estructural, el uso de softwares que facilitan el diseño estructural, dicha enseñanza estuvo a cargo de nuestros asesores y jefes inmediatos.

Primeramente, en la etapa de planeación mediante la recepción de planos arquitectónicos autorizados por el cliente, se continuó con el cálculo de análisis de viento, dicho conocimiento en este análisis fue basado el Manual de Diseño

de Viento de Comisión Federal de Electricidad (CFE) obteniendo las cargas de viento que afectarían a la estructura.

Después aprendimos el uso de herramientas para el cálculo estructural que facilitan el diseño y optimización de tiempos en entrega de proyectos estructurales, de los que podemos mencionar el software de diseño ECOGcw 3, encargado del diseño estructural mediante un modelado en 3D que revisa cada elemento que conforma la estructura, verificando la eficiencia y seguridad estructural ante agentes mismos de la estructura como son cargas vivas y muertas así como agentes externos como lo son sismos y embates del viento.

Por otra parte, aprendimos el uso de la aplicación civil zapatas, encargada del diseño de cimentaciones superficiales mediante las cargas de diseño obtenidas en la corrida de cálculo del software ECOGcw 3, este programa está basado en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción del Distrito Federal.

De igual forma aprendimos comprensión, lectura y revisión de planos estructurales, dentro de los conocimientos que podemos destacar tenemos normativas de dibujo, partes fundamentales de un plano estructural y todas las especificaciones y elementos que deben contener los dibujos estructurales de un proyecto.

## RECOMENDACIONES

En general fue un buen ambiente laboral en el departamento de Ingeniería estructural, las únicas recomendaciones que podríamos mencionar sería un poco más de orden en el proceso de actividades a realizar, mayor capacitación de las herramientas de diseño y por último innovación tecnológica referente a nuevos softwares de diseño estructural, ya que hay programas más actualizados que el ECOGcw 3, permitiendo no solo al departamento si no a la empresa un mejor rendimiento y optimización de tiempos de entrega de los proyectos estructurales.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

Acero, I. i. (s.f.). Manual de Construcción en Acero. Limusa.

Arnal, Simón Luis y Betancourt, Max, Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 2ª Edición., Trillas, México, 1994.

Calzada, I. D. (02 de Diciembre de 2018). ECOGCW3. Obtenido de Programa de Análisis y diseño estructural.: <http://davidgcalzada.com/2018/12/02/ecogcw3-programa-de-analisis-y-diseno-estructural-nueva-version/>

De Buen, Oscar, Diseño de Estructuras de Acero. Flexión 2 (Pandeo Lateral), Fundación ICA, México, agosto del 2002 (DC).

De Buen, Oscar, Diseño de Estructuras de Acero. Miembros en Tensión, Fundación ICA, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, México 1998.

Díaz Canales Manuel, Apuntes de Mecánica de Mecánica de Materiales III Estabilidad de Elementos Estructurales, División de Ingeniería Civil Topográfica y Geodésica, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1987.

Diseño por Viento. (2008). En D. A. López, Manual de Diseño de Obras Civiles C.F.E. (págs. 15 - 58). México, D.F: Hidrotecnica.

Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas: Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, Julio 1977.

Gaylord Charles N. y Gaylord Edwin H., Diseño de estructuras de acero, 2ª Edición., McGraw-Hill, México, 1980.

González Cuevas, Óscar, Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado, 4ª Edición, LIMUSA, México, 2011.

Johnston, Bruce G. y Galambos, Theodore, Diseño de Estructuras de Acero con LRFD, 1ª Edición., Prentice-Hall, México, 1999.

Manual de Construcción en Acero. Diseño por Esfuerzos Permisibles. Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, 4ª Edición, LIMUSA, México, 2011.

Manual de Diseño de Obras Civiles: Diseño por Viento, Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Eléctricas, México, D.F., 2008.

Manual de Diseño para la Construcción con Acero. (2013). En AHMSA, Manual de Diseño para la Construcción con Acero (págs. 78 - 84). Mexico: Limusa Noriega.

McCormac, Jack C., Diseño de Estructuras de Acero, 5ª Edición., Alfaomega, 2012.

Meli Piralla, Roberto, Diseño Estructural, capítulo 6: Diseño sismo resistente, 2ª Edición., LIMUSA, México, 2011.

Murrieta Necoechea, Antonio, Aplicaciones de la estática, 2ª Edición., LIMUSA, México, 1978.

Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., octubre de 2004.

Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, D.F., octubre de 2004.

Rodríguez Peña, Delfino, Diseño Práctico de Estructuras de Acero, 2ª Edición., Noriega, México, 1992.

Russell C., Hibbeler, Análisis Estructural, 8ª Edición., PEARSON EDUCACIÓN, México, 2012.

Wikipedia, F. (02 de Septiembre de 2019). Ingeniería. Obtenido de Naves Industriales: [https://es.wikipedia.org/wiki/Nave\\_industrial](https://es.wikipedia.org/wiki/Nave_industrial).

## **ANEXO A: DISEÑO DE VIENTO SEGÚN MANUAL DE COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (C.F.E)**

### **Clasificación de estructura según su importancia o destino**

#### **GRUPO A:**

Estructuras con un grado de seguridad elevado. Se incluyen en este grupo aquellas cuya falla cause la pérdida de un número importante de vidas, o perjuicios económicos o culturales excepcionalmente altos; las construcciones y depósitos cuya falla implique un peligro significativo por almacenar o contener sustancias tóxicas o inflamables; las construcciones cuyo funcionamiento es imprescindible y debe continuar después de la ocurrencia de vientos fuertes y las construcciones cuya falla impida la operación de plantas termoeléctricas, hidroeléctricas y nucleares. Ejemplos de estas estructuras son: áreas de reunión con capacidad mayor que doscientas personas (salas de espectáculos, auditorios y centros de convenciones), locales y cubiertas que alojen equipo especialmente costoso, museos, templos, estadios, terminales de distribución de hidrocarburos, centrales telefónicas e inmuebles de telecomunicaciones principales, estaciones terminales de transporte, estaciones de bomberos, de rescate y de policía, hospitales e inmuebles médicos con áreas de urgencias, etc.

## GRUPO B:

Estructuras para las que se recomienda un grado de seguridad moderado. Se clasifican en este grupo aquéllas que, al fallar, generan baja pérdida de vidas humanas y que ocasionan daños materiales de magnitud intermedia; aquéllas cuya falla por viento pueda poner en peligro a otras de este grupo o del anterior; las construcciones que forman parte de plantas generadoras de energía y que, al fallar, no paralizarían el funcionamiento de la planta. Ejemplos de estructuras en este grupo son: plantas industriales, subestaciones eléctricas de menor importancia que las del Grupo A, bodegas ordinarias, gasolineras (excepto los depósitos exteriores de combustibles pertenecientes al Grupo A), comercios, restaurantes, casas para habitación, viviendas, edificios de apartamentos u oficinas, hoteles, bardas cuya altura sea mayor que 2.5 metros

## GRUPO C

Estructuras para las que se recomienda un grado de seguridad bajo. Son aquéllas cuya falla no implica graves consecuencias, ni causa daños a construcciones de los Grupos A y B. Abarca estructuras o elementos temporales con vida útil menor que tres meses, bodegas provisionales, cimbras, carteles, muros aislados y bardas con altura menor o igual que 2.5 metros. Las provisiones necesarias para

la seguridad durante la construcción de estructuras, se evaluarán para la importancia de este grupo.

### **Clasificación de estructura según su respuesta ante la acción del viento.**

#### **Tipo 1:**

Estructuras poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento. Abarca todas aquéllas en las que la relación de aspecto  $\lambda$ , (definida como el cociente entre la altura y la menor dimensión en planta), es menor o igual a cinco y cuyo periodo natural de vibración es menor o igual a dos segundos. También incluye las construcciones cerradas techadas con sistemas de cubierta suficientemente rígidos, es decir, capaces de resistir las cargas debidas al viento sin que varíe esencialmente su geometría. Se excluyen las cubiertas flexibles, como las de tipo colgante, a menos que por la adopción de una geometría adecuada, proporcionada por la aplicación de preesfuerzo u otra medida conveniente, logre limitarse la respuesta estructural dinámica.

## Tipo 2:

Estructuras que por su alta relación de aspecto o las dimensiones reducidas de su sección transversal son especialmente sensibles a las ráfagas de corta duración (entre 1 y 5 segundos) y cuyos periodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes en la dirección del viento. Dentro de este tipo se encuentran los edificios con relación de aspecto, mayor que cinco, o con periodo fundamental mayor que un segundo. Se incluyen también, tanques elevados, antenas, bardas, parapetos, anuncios y, en general, las construcciones que presentan una dimensión muy corta paralela a la dirección del viento. Se excluyen aquéllas que explícitamente se mencionan como pertenecientes a los Tipos 3 y 4.

## Tipo 3:

Estas estructuras, además de reunir todas las características de las del Tipo 2, presentan oscilaciones importantes transversales al flujo del viento provocado por la aparición periódica de vórtices o remolinos con ejes paralelos a la dirección del viento o de ejes paralelos a la mayor dimensión de la estructura. En este tipo se incluyen las construcciones y elementos aproximadamente cilíndricos o prismáticos esbeltos, tales como chimeneas, tuberías exteriores o elevadas,

arbotantes para iluminación, postes de distribución y cables de líneas de transmisión.

#### Tipo 4:

Estructuras que por su forma o por lo largo de sus periodos de vibración (periodos naturales mayores que un segundo), presentan problemas aerodinámicos especiales. Entre ellas se hallan las formas aerodinámicamente inestables. También pertenecen a esta clasificación las cubiertas colgantes que no puedan incluirse en el Tipo 1 y las estructuras flexibles con periodos de vibración próximos entre sí.

### Categorías de terrenos y clases de estructuras.

| CLASE | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A     | Todo elemento de recubrimiento de fachadas, de ventanearías y de techumbres y sus respectivos sujetadores. Todo elemento estructural aislado, expuesto directamente a la acción del viento. Asimismo, todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea menor que 20 metros. |
| B     | Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, varié entre 20 y 50 metros.                                                                                                                                                                                                    |
| C     | Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea mayor que 50 metros.                                                                                                                                                                                                       |

Tabla 12: Clase de estructura según su tamaño

| CAT. | DESCRIPCION                                                                | EJEMPLOS                                                                                                                                                                                  | LIMITACIONES                                                                                                                                                          |
|------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Terreno abierto, prácticamente plano y sin obstrucciones                   | Franjas costeras planas, zonas de pantanos, campos aéreos, pastizales y tierra de cultivo.                                                                                                | La longitud mínima de desarrollo en dirección del viento debe ser de 2000 m o 10 veces la altura.                                                                     |
| 2    | Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones                           | Campos de cultivo con pocas obstrucciones o bardas alrededor, árboles y construcciones dispersas.                                                                                         | Las obstrucciones tienen alturas de 1.5 a 10 m, en una longitud mínima de 1500 m.                                                                                     |
| 3    | Terreno cubierto por numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas      | Áreas urbanas, suburbanas y de bosques o cualquier terreno con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas. El tamaño de las construcciones corresponde al de las casas y viviendas. | Las obstrucciones presentan alturas de 3 a 5 m. La longitud mínima de este tipo de terreno en dirección del viento debe de ser de 500 m o 10 veces la altura.         |
| 4    | Terreno con numerosas obstrucciones largas, altas estrechamente espaciadas | Centro de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados.                                                                                                                   | Por lo menos el 50% de los edificios tiene una altura mayor que 20 m. las obstrucciones miden de 10 a 30 m de altura. La longitud mayor a 400 m o 10 veces la altura. |

TABLA 13: Categoría del terreno según su rugosidad.

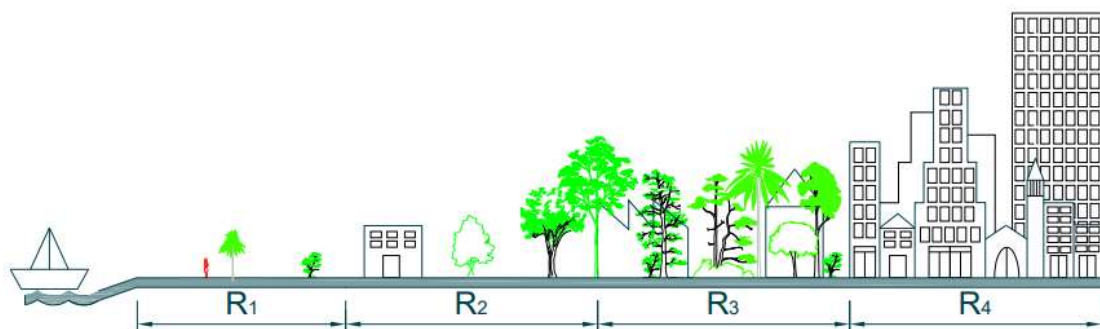


Figura 24: Categorías de rugosidad

### Velocidad regional

| CIUDADES             | PERIODOS DE RETORNO |     |      |         |       |
|----------------------|---------------------|-----|------|---------|-------|
|                      | V10                 | V50 | V100 | V200(*) | V2000 |
| Acapulco, Gro.       | 129                 | 162 | 172  | 181     | 209   |
| Aguascalientes, Ags. | 118                 | 141 | 151  | 160     | 189   |
| Cd. Guzman, Jal.     | 101                 | 120 | 126  | 132     | 155   |
| Cd. Victoria Tamps.  | 135                 | 170 | 184  | 197     | 235   |
| Coatzacoalcos, Ver.  | 117                 | 130 | 137  | 145     | 180   |
| Cozumel, Q. Roo.     | 124                 | 158 | 173  | 185     | 213   |
| Chetumal, Q. Roo.    | 119                 | 150 | 161  | 180     | 220   |
| Chihuahua, Chih.     | 122                 | 136 | 142  | 147     | 165   |
| Chilpancingo, Gro.   | 109                 | 120 | 127  | 131     | 144   |
| Guadalajara Jal.     | 146                 | 164 | 170  | 176     | 192   |
| Guaymas, Son.        | 130                 | 160 | 174  | 190     | 247   |
| Ensenada B,C.        | 100                 | 148 | 170  | 176     | 192   |
| La paz , B;C;S.      | 135                 | 171 | 182  | 200     | 227   |
| Mazatlán, Sin.       | 145                 | 213 | 225  | 240     | 277   |
| Mérida, Yuc.         | 122                 | 156 | 174  | 186     | 214   |
| México, D.F.         | 98                  | 115 | 120  | 129     | 150   |
| Monterrey, N,L.      | 123                 | 143 | 151  | 158     | 182   |
| Morelia, Mich.       | 79                  | 92  | 97   | 102     | 114   |
| Oxaca, Oax.          | 104                 | 114 | 120  | 122     | 140   |
| Puebla, Pue.         | 93                  | 99  | 112  | 117     | 132   |
| Queretaro, Qro.      | 103                 | 118 | 124  | 131     | 147   |
| Tampico, Tamps.      | 129                 | 160 | 177  | 193     | 238   |
| Veracruz, Ver.       | 150                 | 175 | 185  | 194     | 222   |
| Zacatecas, Zac.      | 110                 | 122 | 127  | 131     | 143   |

Tabla 14: Velocidades regionales de las ciudades más importantes de la República Mexicana correspondientes a periodos de recurrencia de 10, 50, 100, 200 y 2000 años, respectivamente.

### Factor de tamaño, FC

| CLASE DE ESTRUCTURA | FC   |
|---------------------|------|
| A                   | 1.00 |
| B                   | 0.95 |
| C                   | 0.90 |

Tabla 15: Factor de tamaño, FC

### Factor topográfico, FT

| SITIOS     | TIPO | TOPOGRAFIA                                                                                                            | FT  |
|------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Protegidos | T1   | Base de promontorios y faldas de serranías de lado sotavento                                                          | 0.8 |
|            | T2   | Valles cerrados                                                                                                       | 0.9 |
| Normales   | T3   | Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausente de cambios topográficos importantes, con pendientes menores a 5%. | 1.0 |
| Expuestos  | T4   | Terrenos inclinados con pendientes entre 5 y 10% valles abiertos y litorales.                                         | 1.1 |
|            | T5   | Cimas de colinas o montañas, terrenos con pendientes mayores que 10%.                                                 | 1.2 |

Tabla 16. Factor de topografía local, FT.

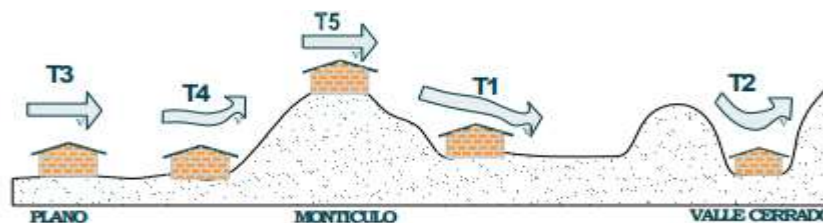


Figura 25: Formas topográficas locales

### Presión barométrica, en mm de hg, $\Omega$

| ALTITUD (msnm) hm | PRESIÓN BAROMÉTRICA<br>(mm de Hg) $\Omega$ |
|-------------------|--------------------------------------------|
| 0                 | 760                                        |
| 500               | 720                                        |
| 1000              | 675                                        |
| 1500              | 635                                        |
| 2000              | 600                                        |
| 2500              | 565                                        |
| 3000              | 530                                        |
| 3500              | 495                                        |

Tabla 17: Relación entre la altitud y la presión barométrica.

### Coeficientes de presiones exteriores $C_{pe}$ para muros y techos barlovento y sotavento

| SUPERFICIE | DIRECCIÓN DEL VIENTO $\theta$                       | d/b        | INCLINACIÓN DEL TECHO $\gamma$       | $C_{pe}$ |
|------------|-----------------------------------------------------|------------|--------------------------------------|----------|
| Barlovento | Normal o paralela a las generatrices                | Cualquiera | Cualquiera                           | 0.8      |
| Sotavento  | Normal a las generatrices ( $\theta = 0^\circ$ )    | $\leq 1$   | $< 10^\circ$                         | -0.5     |
|            |                                                     | $= 2$      |                                      | -0.3     |
|            |                                                     | $\geq 4$   |                                      | -0.2     |
|            |                                                     | Cualquiera | $10^\circ \leq \gamma \leq 15^\circ$ | -0.3     |
|            |                                                     |            | $= 20^\circ$                         | -0.4     |
|            |                                                     |            | $= 25^\circ$                         | -0.5     |
|            | Paralela a las generatrices ( $\theta = 90^\circ$ ) | $\leq 1$   | Cualquiera                           | -0.5     |
|            |                                                     | $= 2$      |                                      | -0.3     |
|            |                                                     | $\geq 4$   |                                      | -0.2     |

Tabla 18: Coeficiente de presión exterior,  $C_{pe}$ , Para muros en barlovento y sotavento de construcciones con planta rectangular cerrada.

| DISTANCIA HORIZONTAL A LO LARGO DE UN MURO LATERAL MEDIDA A PARTIR DE LA ARISTA COMÚN CON EL MURO DE BARLOVENTO. | COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR $C_{pe}$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| de 0 a 1 H                                                                                                       | -0.65                                    |
| de 1H a 2H                                                                                                       | -0.50                                    |
| de 1H a 2H                                                                                                       | -0.30                                    |
| > 3H                                                                                                             | -0.20                                    |

Tabla 19: Coeficiente de presión exterior,  $C_{pe}$ , Para zonas de muros laterales de construcciones con planta rectangular cerrada.

### Factor de reducción $K_A$

| Área tributaria en m <sup>2</sup> ,<br>A | Factor de reducción,<br>$K_A$ |
|------------------------------------------|-------------------------------|
| $\leq 10$                                | 1.0                           |
| 25                                       | 0.9                           |
| $\geq 100$                               | 0.8                           |

Tabla 20: Factor de reducción,  $K_A$  Para techos y muros laterales.

## Comportamiento de los coeficientes de presión $C_{pe}$ para muros y techos según dirección del viento

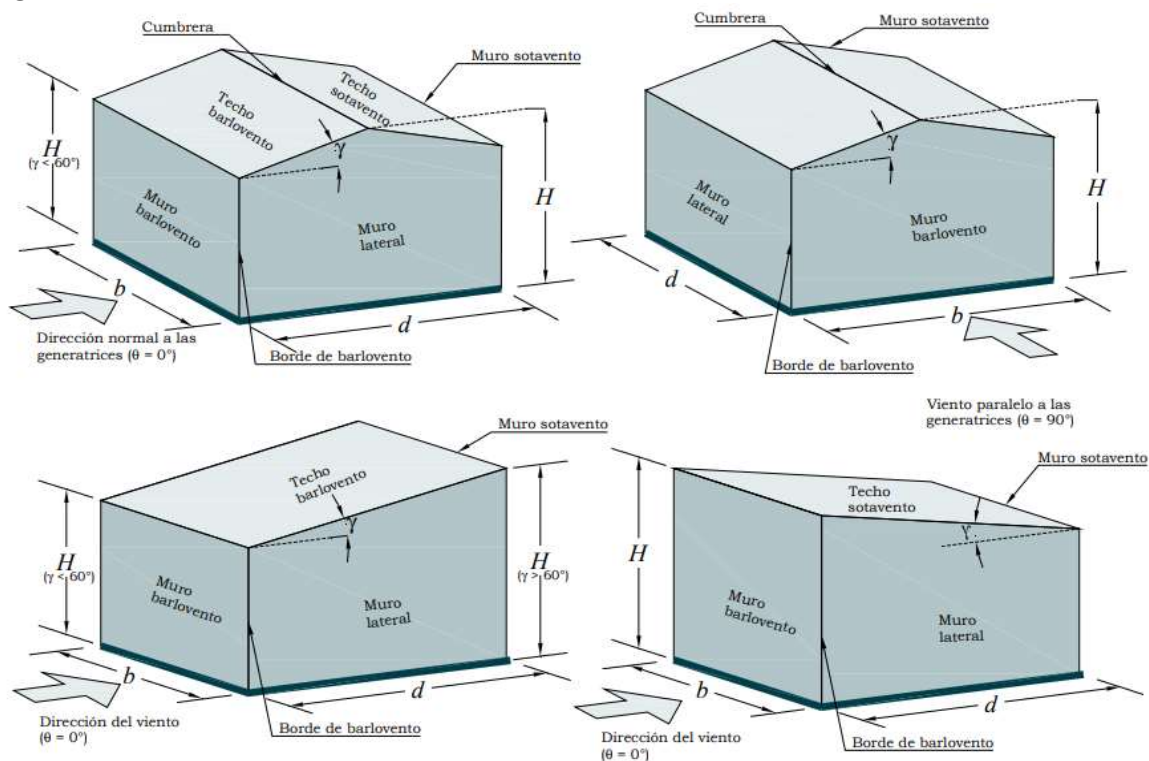


Figura 26: Definición de parámetros de construcciones con planta cerrada.

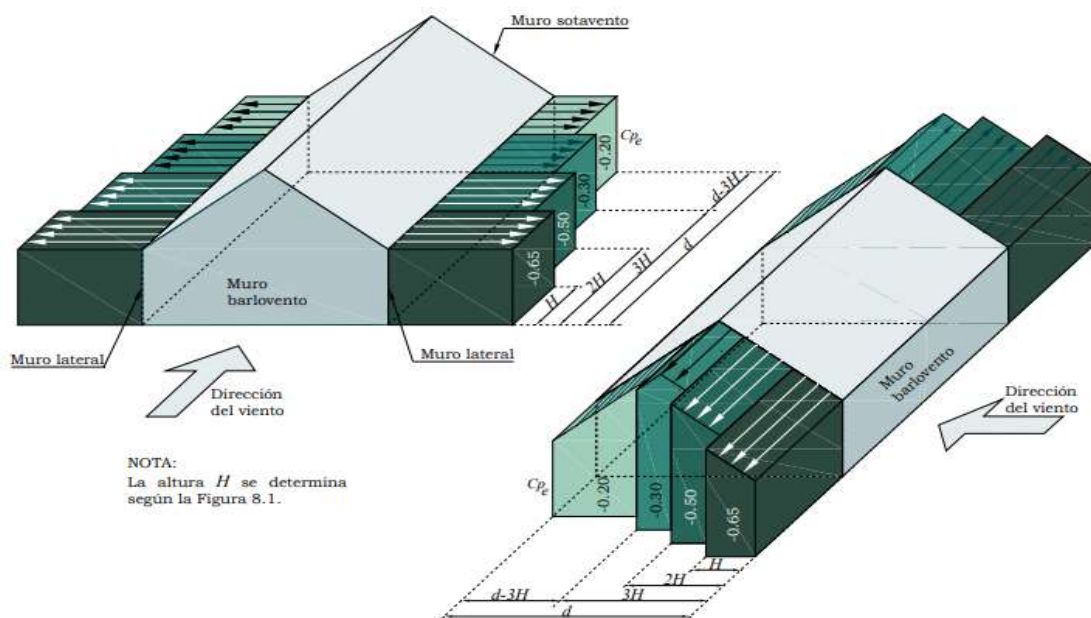


Figura 27: Definición de zonas en muros laterales para aplicar los coeficientes de presión

## ANEXO B: PROPIEDADES GEOMETRICAS Y MECANICAS DE PERFILES UTILIZADOS EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL (MANUAL IMCA 5TA EDICION)

| Material    |        |
|-------------|--------|
| Acero       | A – 36 |
| Fy (Kg/cm3) | 2,530  |

Tabla 21: Características de los perfiles utilizados

### Perfiles de trabes en la estructura

| Propiedades Geométricas                                   |                      |       |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|-------|
| TM – 1 (IR 686 X 125.6 mm x kg/ml) o W 27 x 84 in x lb/ft |                      |       |
| Área                                                      | A (in <sup>2</sup> ) | 24.8  |
| Peralte                                                   | d (in)               | 26.71 |
| Alma                                                      | tw (in)              | 0.450 |
| Patin                                                     | bf (in)              | 9.96  |
|                                                           | tf (in)              | 0.640 |

Tabla 22: Propiedades Geométricas de las trabes de marco TM – 1

| Propiedades Mecánicas                                      |      |
|------------------------------------------------------------|------|
| TM – 1 ( IR 686 X 125.6 mm x kg/ml) o W 27 x 84 in x lb/ft |      |
| Zx (in <sup>3</sup> )                                      | 244  |
| Sx (in <sup>3</sup> )                                      | 213  |
| Iy (in <sup>4</sup> )                                      | 106  |
| ry (in)                                                    | 2.07 |
| J (in <sup>4</sup> )                                       | 2.81 |

Tabla 23: Propiedades Mecánicas de las trabes de marco TM – 1

| Propiedades Geométricas                               |                      |        |
|-------------------------------------------------------|----------------------|--------|
| TM – 2 (406 x 99.8 mm x kg/ml) o W 16 x 67 in x lb/ft |                      |        |
| Área                                                  | A (in <sup>2</sup> ) | 19.7   |
| Peralte                                               | d (in)               | 16.33  |
| Alma                                                  | tw (in)              | 0.395  |
| Patin                                                 | bf (in)              | 10.235 |
|                                                       | tf (in)              | 0.665  |

Tabla 24: Propiedades Geométricas de las traves TM – 2

| Propiedades Mecánicas                                 |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| TM – 2 (406 x 99.8 mm x kg/ml) o W 16 x 67 in x lb/ft |      |
| Zx (in <sup>3</sup> )                                 | 130  |
| Sx (in <sup>3</sup> )                                 | 117  |
| Iy (in <sup>4</sup> )                                 | 119  |
| ry (in)                                               | 2.46 |
| J (in <sup>4</sup> )                                  | 2.39 |

Tabla 25: Propiedades Mecánicas de las traves de TM – 2

| Propiedades Geométricas                              |                      |       |
|------------------------------------------------------|----------------------|-------|
| V-1 ( 305 x 52.20 mm x kg/ml) o W 12 x 35 in x lb/ft |                      |       |
| Área                                                 | A (in <sup>2</sup> ) | 10.30 |
| Peralte                                              | d (in)               | 12.50 |
| Alma                                                 | tw (in)              | 0.30  |
| Patin                                                | bf (in)              | 6.56  |
|                                                      | tf (in)              | 0.520 |

Tabla 26: Propiedades Geométricas de las traves V – 1

| Propiedades Mecánicas                                 |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| V - 1 (305 x 52.20 mm x kg/ml) o W 12 x 35 in x lb/ft |      |
| Zx (in <sup>3</sup> )                                 | 51.2 |
| Sx (in <sup>3</sup> )                                 | 45.6 |
| Iy (in <sup>4</sup> )                                 | 24.5 |
| ry (in)                                               | 1.54 |
| J (in <sup>4</sup> )                                  | 0.74 |

Tabla 27: Propiedades Mecánicas de las traves V - 1

### Perfiles de trabes en el mezzanine

| Propiedades Geométricas                               |                      |       |
|-------------------------------------------------------|----------------------|-------|
| TM - 3 (406 X 74.4 mm x kg/ml) o W 16 X 50 in x lb/ft |                      |       |
| Área                                                  | A (in <sup>2</sup> ) | 14.7  |
| Peralte                                               | d (in)               | 16.26 |
| Alma                                                  | tw (in)              | 0.380 |
| Patin                                                 | bf (in)              | 7.070 |
|                                                       | tf (in)              | 0.630 |

Tabla 28: Propiedades Geométricas de la trabe Mezzanine

| Propiedades Mecánicas                                 |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| TM - 3 (406 X 74.4 mm x kg/ml) o W 16 X 50 in x lb/ft |      |
| Zx (in <sup>3</sup> )                                 | 92.0 |
| Sx (in <sup>3</sup> )                                 | 81.0 |
| Iy (in <sup>4</sup> )                                 | 37.2 |
| ry (in)                                               | 1.59 |
| J (in <sup>4</sup> )                                  | 1.52 |

Tabla 29: Propiedades Mecánicas de la trabe Mezzanine

### Perfiles de columnas en la estructura

| Propiedades Geométricas                               |                      |       |
|-------------------------------------------------------|----------------------|-------|
| C1 (IR 686 X 125.6 mm x kg/ml) o W 27 x 84 in x lb/ft |                      |       |
| Área                                                  | A (in <sup>2</sup> ) | 24.8  |
| Peralte                                               | d (in)               | 26.71 |
| Alma                                                  | tw (in)              | 0.450 |
| Patin                                                 | bf (in)              | 9.96  |
|                                                       | tf (in)              | 0.640 |

Tabla 30: Propiedades Geométricas de las columnas de la estructura

| Propiedades Mecánicas                                 |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| C1 (IR 686 X 125.6 mm x kg/ml) o W 27 x 84 in x lb/ft |      |
| Zx (in <sup>3</sup> )                                 | 244  |
| Sx (in <sup>3</sup> )                                 | 213  |
| Iy (in <sup>4</sup> )                                 | 106  |
| ry (in)                                               | 2.07 |
| J (in <sup>4</sup> )                                  | 2.81 |

Tabla 31: Propiedades Mecánicas de las columnas de la estructura

| Propiedades Geométricas                              |                      |        |
|------------------------------------------------------|----------------------|--------|
| C2 (IR 406 X 99.8 mm x kg/ml) o W 16 X 67 in x lb/ft |                      |        |
| Área                                                 | A (in <sup>2</sup> ) | 19.7   |
| Peralte                                              | d (in)               | 16.33  |
| Alma                                                 | tw (in)              | 0.395  |
| Patin                                                | bf (in)              | 10.235 |
|                                                      | tf (in)              | 0.665  |

Tabla 32: Propiedades Geométricas de las columnas de la estructura ejes Mezzanine

| Propiedades Mecánicas                                |      |
|------------------------------------------------------|------|
| C2 (IR 406 X 99.8 mm x kg/ml) o W 16 X 67 in x lb/ft |      |
| Zx (in <sup>3</sup> )                                | 130  |
| Sx (in <sup>3</sup> )                                | 117  |
| Iy (in <sup>4</sup> )                                | 119  |
| ry (in)                                              | 2.46 |
| J (in <sup>4</sup> )                                 | 2.39 |

Tabla 33: Propiedades Mecánicas de las columnas de la estructura ejes Mezzanine

### Perfiles de columnas en el mezzanine

| Propiedades Geométricas                              |                      |        |
|------------------------------------------------------|----------------------|--------|
| C2 (IR 406 X 99.8 mm x kg/ml) o W 16 X 67 in x lb/ft |                      |        |
| Área                                                 | A (in <sup>2</sup> ) | 19.7   |
| Peralte                                              | d (in)               | 16.33  |
| Alma                                                 | tw (in)              | 0.395  |
| Patin                                                | bf (in)              | 10.235 |
|                                                      | tf (in)              | 0.665  |

Tabla 34: Propiedades Geométricas de las columnas Mezzanine C2

| Propiedades Mecánicas                                |      |
|------------------------------------------------------|------|
| C2 (IR 406 X 99.8 mm x kg/ml) o W 16 X 67 in x lb/ft |      |
| Zx (in <sup>3</sup> )                                | 130  |
| Sx (in <sup>3</sup> )                                | 117  |
| Iy (in <sup>4</sup> )                                | 119  |
| ry (in)                                              | 2.46 |
| J (in <sup>4</sup> )                                 | 2.39 |

Tabla 35: Propiedades Mecánicas de las columnas Mezzanine C2

| Propiedades Geométricas                               |                      |       |
|-------------------------------------------------------|----------------------|-------|
| CMZ (IR 406 X 74.4 mm x kg/ml) o W 16 X 50 in x lb/ft |                      |       |
| Área                                                  | A (in <sup>2</sup> ) | 14.7  |
| Peralte                                               | d (in)               | 16.26 |
| Alma                                                  | tw (in)              | 0.380 |
| Patin                                                 | bf (in)              | 7.07  |
|                                                       | tf (in)              | 0.630 |

Tabla 36: Propiedades Geométricas de las columnas Mezzanine CMZ

| Propiedades Mecánicas                                  |      |
|--------------------------------------------------------|------|
| CMZ ( IR 406 X 74.4 mm x kg/ml) o W 16 X 50 in x lb/ft |      |
| Zx (in3)                                               | 92.0 |
| Sx (in3)                                               | 81.0 |
| Iy (in4)                                               | 37.2 |
| ry (in)                                                | 1.59 |
| J (in4)                                                | 1.52 |

Tabla 37: Propiedades Mecánicas de las columnas Mezzanine CMZ

### Perfiles de contraventeos

| CV – 1 y 2 (OR 254 mm x 4.8 mm o 10 in x 0.18 in) |                         |                        |
|---------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Peso                                              | 29.35 kg/m              | 19.72 lb/ft            |
| Area                                              | 34.65 cm <sup>2</sup>   | 5.37 in <sup>2</sup>   |
| Ix                                                | 2697.18 cm <sup>4</sup> | 64.80 in <sup>4</sup>  |
| Zx                                                | 275.30 cm <sup>3</sup>  | 16.80 in <sup>3</sup>  |
| Sy                                                | 213.03 cm <sup>3</sup>  | 12.99 in <sup>3</sup>  |
| ry                                                | 8.81 cm                 | 3.46 in                |
| J                                                 | 5411.01 cm <sup>4</sup> | 130.00 in <sup>4</sup> |

Tabla 38: Propiedades geométricas y mecánicas contraventeos

### Perfiles de largueros y contraflambeos

| CF 10 X CAL. 12 (10" X 3 ½") |                        |                      |
|------------------------------|------------------------|----------------------|
| Peso                         | 9.45 kg/m              | 68.35 lb/ft          |
| Area                         | 12.11 cm <sup>2</sup>  | 1.87 in <sup>2</sup> |
| Iy                           | 114.92 cm <sup>4</sup> | 2.76 in <sup>4</sup> |
| Sy                           | 17.83 cm <sup>3</sup>  | 1.08 in <sup>3</sup> |
| ry                           | 3.11 cm                | 1.22 in              |

Tabla 39: Propiedades geométricas y mecánicas de Largueros

| OS 3/8" medida estándar (9.52 mm x 0.559 kg/m <sup>2</sup> ) |                       |                         |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Peso                                                         | 0.557 kg/m            | 4.02 lb/ft              |
| Area                                                         | 0.709 cm <sup>2</sup> | 0.109 in <sup>2</sup>   |
| I <sub>y</sub>                                               | 0.040 cm <sup>4</sup> | 0.00096 in <sup>4</sup> |
| S <sub>y</sub>                                               | 0.084 cm <sup>3</sup> | 0.0051 in <sup>3</sup>  |
| r <sub>y</sub>                                               | 0.238 cm              | 0.093 in                |

Tabla 40: Propiedades geométricas y mecánicas de Contraflambeos

**ANEXO C: FICHA TECNICA DE LAMINA HIPER TEC ROOF SUNDERLAND  
2" DE ESPESOR CALIBRE 24/26**



**PANEL HIPERTEC® ROOF**

PANEL METALICO PARA CUBIERTAS, PRODUCIDO EN SERIE,  
AISLADO CON LANA

MINERAL CON DENSIDAD DE (100 kg/m<sup>3</sup>) Y AMBAS CARAS EN  
LAMINA DE ACERO GALVANIZADA PREPINTADA

---

**CARACTERÍSTICAS:**

- Elevada resistencia mecánica con posibilidad de gran separación entre apoyos.
- Permite suprimir la instalación de mampostería u otro detalle de acabado.
- Optimo aislamiento térmico y acústico.
- Fono aislante.
- Permite suprimir la instalación de cielo raso u otro detalle de acabado.
- Alta resistencia al fuego clase 1.

- Ligero.

### USOS:

- Elemento de cubierta para edificaciones industriales, comerciales y residenciales.
- Elemento para fachadas por la rigidez que proporcionan las nervaduras.

### ESPECIFICACIONES:

- Elemento para fachadas por la rigidez que proporcionan las nervaduras.
- Pendiente mínima recomendada del 7% con traslapes o 5% sin traslapes.
- Longitud del panel desde 1.50mts hasta 15.00 metros, por transporte en carreteras nacionales.
- Carga admisible según tablas.

| S | K |  |  | R |  |  | Peso Panel<br>Kg/m <sup>2</sup> | <div><div><div>W</div><div>W</div><div>W</div></div><div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div>&lt;</div></div></div> |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|--|--|---|--|--|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
|---|---|--|--|---|--|--|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|

Tabla 41: Especificaciones de lámina HIPERTEC ROOF

Los valores indicados en las tablas corresponden a el claro (J) permisible con la

carga máxima uniformemente

Distribuida ( $W$ ). Las longitudes han sido determinadas en ensayos prácticos con coeficiente de seguridad 2.50 respecto a la carga de ruptura.

Claro / en metros con flecha  $f \leq l/200$  por sobrecarga  $W$  uniformemente distribuida.

## ANEXO D: PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE CIMENTACIONES, PROPIEDADES MECÁNICAS DE MATERIALES Y VARILLAS UTILIZADAS PARA SU ARMADO.

### Cimentaciones

| Materiales     |           |
|----------------|-----------|
| Concreto       | Zapata    |
| $f'c(kg/cm^2)$ | 250       |
| Concreto       | Plantilla |
| $f'c(kg/cm^2)$ | 100       |

Tabla 42: Materiales de cimentaciones

|                             |
|-----------------------------|
| Acero utilizado para armado |
| #5@20 para A.S. Y A.I.      |
| #4@15                       |
| (5+5)#6                     |

Tabla 43: Acero utilizado para armados de cimentaciones

### Zapata 1

Ejes: A-2, A-3, A-4, A-5, D-2, D-3, D-4, D-5.

| Propiedades geométricas |       |
|-------------------------|-------|
| $a(cm)$                 | 220cm |
| $B(cm)$                 | 220cm |
| $H(cm)$                 | 150cm |
| $h(cm)$                 | 145cm |
| $r(cm)$                 | 5cm   |
| $d(cm)$                 | 30cm  |
| Plantilla               | 5cm   |

Tabla 44: Zapata 1 con dado de 113.9x61.4cm

## Zapata 2

Ejes: B-1, C-1, B-6, C-6

| Propiedades geométricas |         |
|-------------------------|---------|
| $a(cm)$                 | $170cm$ |
| $B(cm)$                 | $170cm$ |
| $H(cm)$                 | $150cm$ |
| $h(cm)$                 | $145cm$ |
| $r(cm)$                 | $5cm$   |
| $d(cm)$                 | $30cm$  |
| Plantilla               | $5cm$   |

Tabla 45: Zapata 2 con dado de 83.3x50cm

## Zapata 3

Ejes: A-1, A-6, D-1 Y D-6.

| Propiedades geométricas |         |
|-------------------------|---------|
| $a(cm)$                 | $140cm$ |
| $B(cm)$                 | $140cm$ |
| $H(cm)$                 | $150cm$ |
| $h(cm)$                 | $145cm$ |
| $r(cm)$                 | $5cm$   |
| $d(cm)$                 | $30cm$  |
| Plantilla               | $5cm$   |

Tabla 46: Zapata 3 con dado 113.9x61.4cm.

### Zapata 4 para mezzanine con dado de 83.3x50 cm.

Ejes: B-5'

| Propiedades geométricas |       |
|-------------------------|-------|
| $a(cm)$                 | 150cm |
| $B(cm)$                 | 150cm |
| $H(cm)$                 | 150cm |
| $h(cm)$                 | 145cm |
| $r(cm)$                 | 5cm   |
| $d(cm)$                 | 30cm  |
| Plantilla               | 5cm   |

Taba 47: Zapata 3 con dado 113.9x61.4 cm

### Zapata 5 para mezzanine con dado de 83.3x50 cm.

Ejes: A'-4', B-4', B'-4', A'-5', B-5', B'-5', A'-6' Y B'-6.

| Propiedades geométricas |       |
|-------------------------|-------|
| $a(cm)$                 | 120cm |
| $B(cm)$                 | 120cm |
| $H(cm)$                 | 150cm |
| $h(cm)$                 | 145cm |
| $r(cm)$                 | 5cm   |
| $d(cm)$                 | 30cm  |
| Plantilla               | 5cm   |

Taba 48: Zapata 83.3X50 cm.

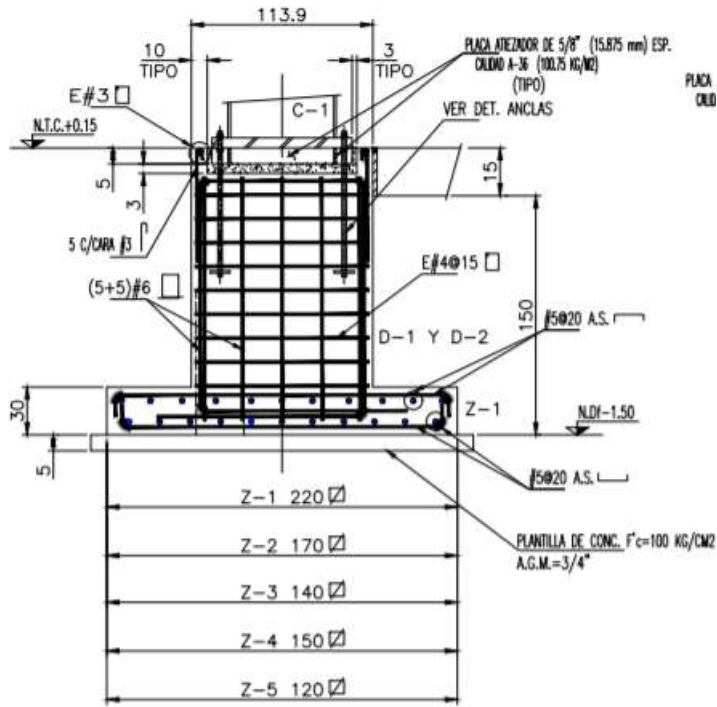


Figura 28: Detalle de zapatas y dados

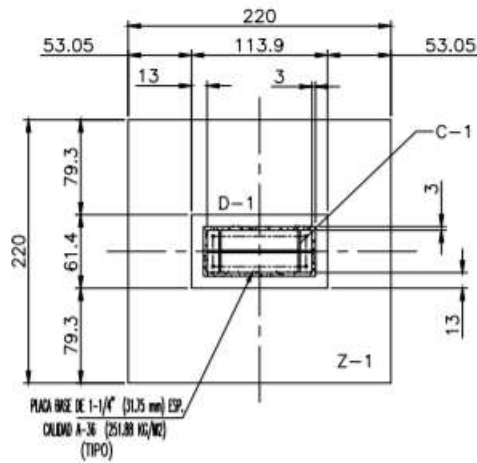


Figura 29: Detalle dado D1 en Z-1, Z-2, Y Z-3

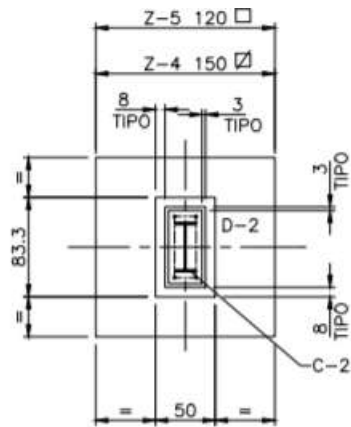


Figura 30: Detalle dado D2 en Z-4 y Z-5

## Anexo E: corrida de cálculo estructural, resultados de software ECOGcw3

JUAN M. RIQUEL T. (DISEÑO ESTRUCTURAL)

### GENERALES

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Nudos:                   | 99     |
| Arayas:                  | 25     |
| Secciones transversales: |        |
| Miembros:                | 211    |
| Trabes:                  | 151    |
| Columnas:                | 35     |
| otros:                   | 12     |
| Panetas:                 | 0      |
| Tablones:                | 36     |
| Deflecciones:            | 2      |
| Factor de zona sísmica:  | 1.0000 |

### EJES

| EJE | NV       | NUDOS                |
|-----|----------|----------------------|
| 1   | O        | 4A 4C 4F 4G          |
| 2   | O        | 4A 4G                |
| 3   | O        | 4A 4G                |
| 4   | O        | 4A 4G                |
| 5   | O        | 4B 4D 4E             |
| 6   | O        | 4A 4G                |
| 7   | O        | 4B 4D 4E             |
| 8   | O        | 4A 4B 4C 4D 4E 4F 4G |
| AD  | +1 42    | +3 44 45 48          |
| BD  | +5 47 48 |                      |
| C   | O        | 41 48                |
| D   | O        | 45 47 48             |
| E   | O        | 45 47 48             |
| F   | O        | 41 48                |
| G   | O        | +1 42 +3 44 45 48    |

### SECCIONES TRANSVERSALES

| SEC | TP | MODULO E | KG   | DIMENSIONES (milímetros)                                                                                         | DISEÑO  | USCADERO       |
|-----|----|----------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|
| T1  | R  | 1000000  | 0.40 | 8.0.3 H.0.6 (N5-4)                                                                                               | Flexión | r=0.05, w=0.05 |
| T2  | R  | 1000000  | 0.40 | 8.0.3 H.0.6 (N5-4)                                                                                               | Flexión | r=0.05, w=0.05 |
| CT  | PM | 20350000 | 0.30 | 16P-R400x125.6 (A1.0.0.016)<br>A2.0.001003 A3.0.000573<br>(1.1.175.4 12.4.400062-5<br>(3.0.0011551155) (N5-4)    | No      |                |
| C2  | PM | 20350000 | 0.30 | 16P-R400x125.6 (A1.0.0.016)<br>A2.0.001003 A3.0.000573<br>(1.1.175.4 12.4.400062-5<br>(3.0.0011551155) (N5-4)    | No      |                |
| CM2 | PM | 20350000 | 0.30 | 16P-R400x125.6 (A1.0.0.00948)<br>A2.0.004006 A3.0.0048<br>(1.1.1.335.7 12.1.59915-5<br>(3.0.0002717858) (N5-4)   | No      |                |
| V1  | PM | 20350000 | 0.30 | 16P-R400x125.6 (A1.0.0.00948)<br>A2.0.004006 A3.0.0048<br>(1.1.1.335.7 12.1.59915-5<br>(3.0.0002717858) (N5-4)   | No      |                |
| TM2 | PM | 20350000 | 0.30 | 16P-R400x125.6 (A1.0.0.01271)<br>A2.0.004006 A3.0.0048<br>(1.1.1.335.7 12.1.59915-5<br>(3.0.0002717858) (N5-4)   | No      |                |
| TM3 | PM | 20350000 | 0.30 | 16P-R400x125.6 (A1.0.0.00948)<br>A2.0.004006 A3.0.0048<br>(1.1.1.335.7 12.1.59915-5<br>(3.0.0002717858) (N5-4)   | No      |                |
| VM2 | PM | 20350000 | 0.30 | 16P-R400x125.6 (A1.0.0.00885)<br>A2.0.003938 A3.0.004296<br>(1.1.4.525.7 12.1.379988-5<br>(3.0.000240475) (N5-4) | No      |                |
| TM2 | PM | 20350000 | 0.30 | 16P-R400x125.6 (A1.0.0.00948)<br>A2.0.004006 A3.0.0048<br>(1.1.1.335.7 12.1.59915-5<br>(3.0.0002717858) (N5-4)   | No      |                |
| RED | CI | 20350000 | 0.30 | 8.0.0254 (N5-4)                                                                                                  | No      |                |
| TM1 | PM | 20350000 | 0.30 | 16P-R400x125.6 (A1.0.0.016)<br>A2.0.001003 A3.0.000573<br>(1.1.175.4 12.4.400062-5<br>(3.0.0011551155) (N5-4)    | No      |                |

### ESTADO DE CARGA CM1 [CM]

| Elemento                         | TC | Dr | Parámetros |
|----------------------------------|----|----|------------|
| (C con peso propio de elementos) |    |    |            |
| T1C-A40                          | UN | 2  | W=2.5      |
| T1C-A40                          | UN | 2  | W=0.548    |
| T1F-C40                          | UN | 2  | W=2.5      |
| T1F-C40                          | UN | 2  | W=0.548    |
| T1G-F40                          | UN | 2  | W=2.5      |
| T1G-F40                          | UN | 2  | W=0.548    |
| S1B-D40                          | UN | 2  | W=0.432    |
| S1C-D40                          | UN | 2  | W=0.432    |
| T1C-D40                          | UN | 2  | W=0.432    |
| B1A-B40                          | UN | 2  | W=2.5      |
| B1A-B40                          | UN | 2  | W=0.548    |
| B1B-C40                          | UN | 2  | W=2.5      |
| B1B-C40                          | UN | 2  | W=0.548    |
| B1C-D40                          | UN | 2  | W=2.5      |
| B1C-D40                          | UN | 2  | W=0.548    |
| B1G-E40                          | UN | 2  | W=2.5      |
| B1D-E40                          | UN | 2  | W=0.548    |
| B1E-F40                          | UN | 2  | W=2.5      |
| B1E-F40                          | UN | 2  | W=0.548    |
| B1F-G40                          | UN | 2  | W=2.5      |
| B1F-G40                          | UN | 2  | W=0.548    |
| A11-200                          | UN | 2  | W=2.4      |
| A11-200                          | UN | 2  | W=0.548    |
| A12-300                          | UN | 2  | W=2.4      |
| A12-300                          | UN | 2  | W=0.548    |
| A13-400                          | UN | 2  | W=2.4      |
| A13-400                          | UN | 2  | W=0.548    |
| A14-500                          | UN | 2  | W=2.4      |
| A14-500                          | UN | 2  | W=0.548    |
| A15-600                          | UN | 2  | W=2.4      |
| A15-600                          | UN | 2  | W=0.548    |
| D15-700                          | UN | 2  | W=0.432    |
| D15-700                          | UN | 2  | W=0.432    |
| D15-700                          | UN | 2  | W=0.432    |
| D15-700                          | UN | 2  | W=0.432    |
| E16-700                          | UN | 2  | W=0.432    |
| E16-700                          | UN | 2  | W=0.432    |
| E17-800                          | UN | 2  | W=0.432    |
| G12-100                          | UN | 2  | W=2.4      |
| G12-100                          | UN | 2  | W=0.548    |
| G13-200                          | UN | 2  | W=2.4      |
| G13-200                          | UN | 2  | W=0.548    |
| G14-300                          | UN | 2  | W=2.4      |
| G14-300                          | UN | 2  | W=0.548    |
| G15-400                          | UN | 2  | W=2.4      |
| G15-400                          | UN | 2  | W=0.548    |
| G16-500                          | UN | 2  | W=2.4      |
| G16-500                          | UN | 2  | W=0.548    |

### ESTADO DE CARGA CV1 [CV]

| Elemento | TC | Dr | Parámetros |
|----------|----|----|------------|
|----------|----|----|------------|

### ESTADO DE CARGA NGx [NO Giro NGx]

| Elemento | TC | Dr | Parámetros |
|----------|----|----|------------|
|----------|----|----|------------|

## JUAN M. RIQUEL T. (DISEÑO ESTRUCTURAL)

## ESTADO DE CARGA NGy (NO Giro NGy)

Elemento TC Dr. Párametros

## ESTADO DE CARGA SFx1 (SISMO 1 en dirección X)

Elemento TC Dr. Párametros

## ESTADO DE CARGA SFx2 (SISMO 2 en dirección X)

Elemento TC Dr. Párametros

## ESTADO DE CARGA SFy1 (SISMO 1 en dirección Y)

Elemento TC Dr. Párametros

## ESTADO DE CARGA SFy2 (SISMO 2 en dirección Y)

Elemento TC Dr. Párametros

## COMBINACIONES

Id Combinación para PDeta

PD1 1.4CM1 + 1.4CV1

Id Combinación para Mesas

MA1 CM1 + 0.7CV1

Id Combinación para Diseño

D1 1.4CM1 + 1.4CV1  
 D2 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx1 + 0.33SFy1  
 D3 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx1 - 0.33SFy1  
 D4 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx1 + 0.33SFy1  
 D5 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx1 - 0.33SFy1  
 D6 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx2 + 0.33SFy1  
 D7 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx2 - 0.33SFy1  
 D8 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx2 + 0.33SFy1  
 D9 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx2 - 0.33SFy1  
 D10 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx1 + 0.33SFy2  
 D11 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx1 - 0.33SFy2  
 D12 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx1 + 0.33SFy2  
 D13 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx1 - 0.33SFy2  
 D14 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx2 + 0.33SFy2  
 D15 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx2 - 0.33SFy2  
 D16 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx2 + 0.33SFy2  
 D17 1.1CM1 + 0.77CV1 + 1.1SFx2 - 0.33SFy2  
 D18 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx1 + 1.1SFy1  
 D19 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx1 - 1.1SFy1  
 D20 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx1 + 1.1SFy1  
 D21 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx1 - 1.1SFy1  
 D22 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx2 + 1.1SFy1  
 D23 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx2 - 1.1SFy1  
 D24 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx2 + 1.1SFy1  
 D25 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx2 - 1.1SFy1  
 D26 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx1 + 1.1SFy2  
 D27 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx1 - 1.1SFy2  
 D28 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx1 + 1.1SFy2  
 D29 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx1 - 1.1SFy2  
 D30 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx2 + 1.1SFy2  
 D31 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx2 - 1.1SFy2  
 D32 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx2 + 1.1SFy2  
 D33 1.1CM1 + 0.77CV1 + 0.33SFx2 - 1.1SFy2

## Donde:

IdEC Descripción

CM1 CM

CV1 CV

SFx1 SISMO 1 en dirección X

SFx2 SISMO 2 en dirección X

SFy1 SISMO 1 en dirección Y

SFy2 SISMO 2 en dirección Y

## REACCIONES

| Nudo  | Et-Ed | Fx (T) | Fy (T) | Fz (T) | Mx (Tm) | My (Tm) | Mz (Tm) |
|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1-A/0 | CM1   | 0.572  | 1.965  | 29.010 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | CV1   | 0.026  | 0.078  | 0.962  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | NGx   | -2.142 | 0.006  | -4.158 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | NGy   | 0.007  | -2.429 | -3.913 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | SFx1  | -2.356 | 0.309  | -4.246 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | SFx2  | -1.924 | -0.178 | -4.024 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | SFy1  | 0.873  | -3.152 | -3.394 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | SFy2  | -0.007 | -2.384 | -3.820 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D1    | 0.837  | 2.300  | 41.962 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D2    | -1.655 | 0.971  | 26.852 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D3    | -2.211 | 3.261  | 26.102 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D4    | 3.529  | 0.811  | 36.203 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D5    | 2.983  | 2.591  | 36.443 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D6    | -1.179 | 0.948  | 27.106 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D7    | -1.755 | 2.828  | 26.346 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D8    | 3.053  | 0.934  | 36.959 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D9    | -2.477 | 3.015  | 36.199 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D10   | -1.945 | 1.254  | 26.171 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D11   | -1.941 | 2.788  | 26.243 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D12   | 3.239  | 0.775  | 36.052 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D13   | 3.243  | 2.328  | 36.894 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D14   | -1.469 | 0.811  | 26.985 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D15   | -1.465 | 2.365  | 26.467 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D16   | 2.783  | 1.158  | 36.818 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D17   | 2.787  | 2.751  | 36.340 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D18   | 0.831  | -1.817 | 27.517 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D19   | -1.089 | 5.517  | 34.985 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D20   | 2.387  | -1.755 | 36.335 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D21   | 0.467  | 5.179  | 37.788 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D22   | 0.874  | -1.744 | 27.591 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D23   | -0.946 | 5.190  | 36.059 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D24   | 2.244  | -1.828 | 30.247 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D25   | 0.324  | 5.306  | 37.714 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D26   | -0.136 | -0.739 | 27.048 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D27   | -0.121 | 4.440  | 26.484 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D28   | 1.419  | -0.577 | 26.851 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D29   | 1.434  | 4.302  | 36.298 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D30   | 0.007  | -0.966 | 27.122 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D31   | 0.022  | 4.313  | 36.527 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D32   | 1.275  | -0.750 | 26.778 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 1-C/0 | D33   | 1.291  | 4.429  | 36.183 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | CM1   | 0.048  | -0.067 | 37.016 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | CV1   | 0.003  | 0.001  | 2.124  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | NGx   | -0.011 | 0.002  | -0.009 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | NGy   | 0.000  | -1.062 | -3.195 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | SFx1  | -0.011 | 0.167  | -0.205 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | SFx2  | -0.010 | -0.134 | 0.227  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | SFy1  | 0.002  | -2.399 | 4.138  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | SFy2  | 0.000  | -1.756 | 3.687  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D1    | 0.067  | -0.082 | 54.796 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D2    | 0.040  | -0.882 | 43.415 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D3    | 0.038  | 0.882  | 40.695 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D4    | 0.066  | -1.037 | 44.021 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D5    | 0.063  | 0.547  | 41.290 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D6    | 0.041  | -1.012 | 43.988 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D7    | 0.028  | 0.871  | 41.227 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D8    | 0.063  | -0.718 | 43.489 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D9    | 0.062  | 0.887  | 40.736 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D10   | 0.029  | -0.462 | 43.072 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D11   | 0.039  | 0.882  | 41.028 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D12   | 0.064  | -0.837 | 43.678 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D13   | 0.064  | 0.348  | 41.834 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D14   | 0.040  | -0.813 | 43.624 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D15   | 0.040  | 0.372  | 41.580 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|       | D16   | 0.063  | -0.517 | 43.126 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |

## JUAN M. RIQUEL T. (DISEÑO ESTRUCTURAL)

| REACCIONES |       |        |        |        |         |         |         |
|------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Nudo       | Et-Ed | Fx (T) | Fy (T) | Fz (T) | Mx (Tm) | My (Tm) | Mz (Tm) |
| 14FD       | D17   | 0.063  | 0.985  | 41.582 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | 0.050  | -2.980 | 45.614 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | 0.045  | 2.618  | 37.710 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D20   | 0.058  | -2.753 | 45.505 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D21   | 0.063  | 2.915  | 37.822 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D22   | 0.050  | -2.758 | 45.500 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D23   | 0.045  | 2.522  | 37.878 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D24   | 0.057  | -2.857 | 45.530 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D25   | 0.052  | 2.811  | 37.725 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D26   | 0.048  | -1.995 | 45.689 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D27   | 0.045  | 1.954  | 38.858 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D28   | 0.055  | -2.059 | 45.851 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D29   | 0.055  | 1.851  | 39.037 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D30   | 0.045  | -2.002 | 45.834 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D31   | 0.045  | 1.858  | 39.021 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D32   | 0.055  | -2.003 | 45.835 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D33   | 0.055  | 1.947  | 38.872 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CM1   | 0.044  | 0.129  | 37.228 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1   | 0.003  | -0.001 | 2.133  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGx   | -0.011 | -0.002 | -0.839 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGy   | 0.000  | -1.851 | -3.155 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx1 | -0.010 | 0.152  | 0.255  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx2 | -0.011 | -0.139 | -0.242 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy1 | -0.003 | -0.387 | -4.559 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy2 | 0.000  | -1.754 | -3.069 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D1    | 0.065  | 0.180  | 55.105 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D2    | 0.039  | -0.452 | 41.521 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D3    | 0.041  | 1.100  | 44.225 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D4    | 0.052  | -0.815 | 40.980 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D5    | 0.063  | 0.758  | 43.695 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D6    | 0.038  | -0.902 | 40.874 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D7    | 0.039  | 0.750  | 43.679 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D8    | 0.063  | -0.405 | 41.507 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D9    | 0.054  | 1.085  | 44.212 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D10   | 0.040  | -0.253 | 41.581 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11   | 0.040  | 0.007  | 43.685 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | 0.052  | -0.817 | 41.300 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13   | 0.052  | 0.557  | 43.325 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | 0.039  | -0.923 | 41.314 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | 0.039  | 0.581  | 43.339 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | 0.053  | -0.257 | 41.547 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17   | 0.053  | 0.557  | 43.672 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | 0.045  | -2.445 | 38.185 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | 0.050  | 2.829  | 47.195 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D20   | 0.052  | -2.545 | 38.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D21   | 0.057  | 2.729  | 47.018 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D22   | 0.045  | -2.541 | 38.034 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D23   | 0.050  | 2.733  | 47.022 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D24   | 0.052  | -2.449 | 38.154 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D25   | 0.057  | 2.725  | 47.102 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D26   | 0.045  | -1.751 | 39.303 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D27   | 0.045  | 2.155  | 46.052 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D28   | 0.054  | -1.852 | 39.134 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D29   | 0.055  | 2.065  | 45.853 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D30   | 0.047  | -1.877 | 39.139 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D31   | 0.047  | 2.069  | 45.888 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D32   | 0.055  | -1.755 | 39.259 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D33   | 0.055  | 1.911  | 45.947 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 14GD       | CM1   | 0.455  | -1.514 | 29.758 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1   | 0.027  | -0.079 | 0.989  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGx   | -2.143 | -0.005 | -4.158 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGy   | -0.005 | -2.421 | -3.685 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx1 | -1.505 | 0.150  | -4.057 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx2 | -2.352 | -0.155 | -4.255 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy1 | -2.073 | -3.143 | 3.255  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy2 | 0.009  | -2.347 | 3.755  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D1    | 0.875  | -2.230 | 41.815 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D2    | -1.887 | -2.545 | 29.013 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D3    | -1.311 | -0.470 | 25.759 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D4    | 2.354  | -3.951 | 37.980 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D5    | 2.830  | -0.907 | 35.745 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D6    | -2.355 | -2.957 | 29.751 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D7    | -1.755 | -0.803 | 25.547 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D8    | 2.831  | -0.859 | 39.212 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D9    | 3.407  | -0.455 | 35.957 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D10   | -1.595 | -2.252 | 29.155 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11   | -1.802 | -0.723 | 25.853 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | 2.545  | -2.719 | 38.105 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13   | 2.539  | -1.159 | 35.800 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | -2.073 | -2.724 | 29.505 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | -2.050 | -1.155 | 25.401 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | 3.122  | -2.255 | 35.357 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17   | 3.115  | -0.747 | 35.852 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | -1.075 | -5.117 | 34.721 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | 0.045  | 1.757  | 27.347 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D20   | 0.197  | -5.245 | 37.411 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D21   | 2.115  | 1.855  | 30.031 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D22   | -1.215 | -5.244 | 34.852 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D23   | 0.703  | 1.570  | 27.271 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D24   | 0.340  | -5.121 | 37.457 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D25   | 2.251  | 0.752  | 30.101 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D26   | -0.105 | -4.342 | 25.213 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D27   | -0.125 | 0.821  | 25.852 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D28   | 1.155  | -4.373 | 37.857 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D29   | 1.147  | 0.750  | 29.545 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D30   | -0.245 | -4.359 | 25.137 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D31   | -0.255 | 0.755  | 25.755 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D32   | 1.311  | -4.345 | 37.872 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D33   | 1.250  | 0.917  | 29.521 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 24AD       | CM1   | -0.250 | 0.450  | 41.353 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1   | 0.020  | 0.348  | 5.379  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGx   | -2.135 | -0.001 | 4.100  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGy   | 0.010  | -0.572 | -0.373 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx1 | -2.345 | 0.054  | 4.530  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx2 | -1.915 | -0.031 | 3.655  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy1 | 0.873  | -0.552 | -2.057 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy2 | -0.004 | -0.555 | -0.355 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D1    | -0.350 | 5.732  | 55.435 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D2    | -2.803 | 4.304  | 53.932 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D3    | -3.179 | 4.750  | 55.315 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D4    | 2.555  | 4.245  | 43.955 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D5    | 1.955  | 5.725  | 45.250 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D6    | -2.125 | 4.252  | 52.950 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D7    | -2.705 | 4.705  | 54.354 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D8    | 2.059  | 4.320  | 44.915 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D9    | 1.515  | 4.777  | 45.301 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D10   | -2.882 | 4.359  | 54.513 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11   | -2.850 | 4.735  | 54.735 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | 2.172  | 4.253  | 44.547 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13   | 2.279  | 4.650  | 44.759 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | -2.415 | 4.257  | 53.951 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | -2.415 | 4.653  | 53.753 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | 1.802  | 4.355  | 45.455 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17   | 1.804  | 4.732  | 45.730 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | -2.122 | 3.755  | 45.539 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | -2.047 | 3.257  | 43.442 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D20   | 1.425  | 3.742  | 45.539 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D21   | -0.452 | 5.254  | 50.452 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D22   | 0.020  | 3.743  | 45.544 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D23   | -1.950 | 5.255  | 51.151 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D24   | 1.255  | 3.754  | 45.125 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D25   | -0.534 | 5.255  | 50.739 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D26   | -1.055 | 5.315  | 50.751 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D27   | -1.075 | 5.135  | 51.505 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D28   | 0.454  | 3.853  | 47.777 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D29   | 0.473  | 5.113  | 45.515 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D30   | -0.944 | 3.854  | 52.451 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D31   | -0.835 | 5.114  | 51.219 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D32   | 0.322  | 3.914  | 45.953 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |

## JUAN M. RIVERA T. (DISEÑO ESTRUCTURAL)

| REACCIONES |       |        |        |        |         |         |         |
|------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Nudo       | Et-Ob | Fx (T) | Fy (T) | Fz (T) | Mx (Tm) | My (Tm) | Mz (Tm) |
| 2+GUB      | D03   | 0.330  | 5.126  | 48.800 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CM1   | -0.409 | -2.437 | 41.569 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1   | 0.021  | -2.348 | 5.378  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGx   | -2.136 | 0.001  | 4.100  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGy   | -0.009 | -0.872 | 0.370  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFx1 | -1.922 | 0.037  | 3.889  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFx2 | -2.354 | -0.029 | 4.536  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFy1 | -0.873 | -0.892 | 2.087  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFy2 | 0.006  | -0.885 | 0.331  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11   | -0.544 | -5.700 | 85.728 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | -2.836 | -4.877 | 54.594 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13   | -2.290 | -4.320 | 53.210 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | 1.392  | -4.788 | 48.923 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | 1.968  | -4.302 | 48.139 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | -3.312 | -4.749 | 55.549 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 3+GUB      | D17   | -2.736 | -4.292 | 54.154 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | 1.867  | -4.695 | 48.669 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | 2.444  | -4.229 | 44.188 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D110  | -2.545 | -4.632 | 54.011 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D111  | -2.950 | -4.385 | 53.793 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D112  | 1.892  | -4.713 | 48.940 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D113  | 1.675  | -4.347 | 45.722 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D114  | -3.022 | -4.704 | 54.995 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D115  | -3.026 | -4.338 | 54.747 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D116  | 2.150  | -4.641 | 44.985 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D117  | 2.153  | -4.275 | 44.768 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D118  | -2.029 | -5.238 | 53.354 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D119  | -2.108 | -3.715 | 48.770 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D120  | -0.761 | -5.262 | 50.983 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D121  | 1.161  | -3.740 | 46.349 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 4+GUB      | D122  | -2.172 | -5.260 | 53.671 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D123  | -2.261 | -3.739 | 49.086 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D124  | -0.618 | -5.241 | 50.877 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D125  | 1.303  | -3.719 | 46.062 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D126  | -1.062 | -5.081 | 51.441 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D127  | -1.075 | -3.957 | 50.714 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D128  | 0.207  | -5.112 | 49.020 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D129  | 0.193  | -3.891 | 48.292 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D130  | -1.204 | -5.105 | 51.727 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D131  | -1.218 | -3.888 | 51.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D132  | 0.349  | -5.090 | 48.733 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D133  | 0.336  | -3.870 | 48.085 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CM1   | 0.119  | -2.813 | 38.023 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1   | 0.005  | -2.826 | 6.030  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGx   | -2.121 | 0.002  | -3.927 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 5+GUB      | NGy   | 0.000  | -0.515 | -0.305 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFx1 | -2.333 | 0.021  | -4.306 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFx2 | -1.905 | -0.011 | -3.536 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFy1 | 0.855  | -0.870 | 1.221  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFy2 | -0.013 | -0.901 | -0.340 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11   | 0.175  | 7.347  | 81.678 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | -2.148 | 4.738  | 42.138 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13   | -2.712 | 5.115  | 41.330 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | 2.593  | 4.692  | 51.606 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | -4.418 | 5.068  | 50.862 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | -1.679 | 4.703  | 42.983 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17   | -2.343 | 5.079  | 42.177 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | 2.513  | 4.728  | 50.781 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | 1.949  | 5.104  | 49.985 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D110  | -2.435 | 4.761  | 41.620 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D111  | -2.405 | 5.002  | 41.846 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D112  | 2.687  | 4.715  | 51.092 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 6+GUB      | D113  | -2.705 | 5.045  | 51.318 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D114  | -1.965 | 4.725  | 42.467 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D115  | -1.985 | 5.064  | 42.603 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D116  | 2.227  | 4.751  | 50.248 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D117  | 2.236  | 5.061  | 50.471 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D118  | 0.305  | 4.253  | 46.391 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D119  | -1.574 | 5.538  | 43.705 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D120  | -1.945 | 4.269  | 49.233 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D121  | -0.036 | 5.504  | 46.547 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D122  | 0.447  | 4.272  | 46.645 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D123  | -1.433 | 5.527  | 43.989 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D124  | -1.704 | 4.262  | 48.979 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D125  | -0.175 | 5.534  | 46.293 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D126  | -0.649 | 4.369  | 44.671 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D127  | -0.620 | 5.461  | 45.425 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 7+GUB      | D128  | 0.890  | 4.345  | 41.513 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D129  | 0.020  | 5.447  | 48.267 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D130  | -0.508 | 4.349  | 44.025 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D131  | -0.479 | 5.460  | 45.679 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D132  | 0.750  | 4.345  | 47.269 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D133  | 0.779  | 5.458  | 48.013 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CM1   | 0.003  | -2.583 | 37.786 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1   | 0.005  | -2.594 | 6.031  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGx   | -1.131 | -0.002 | -3.906 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGy   | 0.001  | -0.515 | 0.308  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFx1 | -1.989 | 0.017  | -3.546 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFx2 | -2.338 | -0.016 | -4.316 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFy1 | -0.865 | -0.870 | -1.222 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFy2 | 0.016  | -0.900 | 0.346  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11   | 0.013  | -7.305 | 81.344 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | -2.314 | -5.040 | 41.905 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 8+GUB      | D13   | -1.810 | -4.863 | 42.712 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | 1.826  | -5.077 | 49.706 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | 2.391  | -4.701 | 50.513 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | -2.845 | -5.075 | 41.085 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17   | -2.281 | -4.699 | 41.962 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | 2.297  | -5.041 | 50.556 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | 2.992  | -4.685 | 51.363 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D110  | -2.067 | -5.017 | 42.423 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D111  | -2.067 | -4.695 | 42.194 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D112  | 2.114  | -5.054 | 50.224 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D113  | 2.103  | -4.724 | 49.995 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D114  | -2.995 | -5.063 | 41.573 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D115  | -2.968 | -4.722 | 41.344 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D116  | 2.985  | -5.018 | 51.073 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D117  | -2.574 | -4.688 | 50.845 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 9+GUB      | D118  | -1.562 | -5.492 | 43.854 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D119  | 0.319  | -4.738 | 46.383 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D120  | -0.302 | -5.503 | 46.034 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D121  | 1.579  | -4.249 | 48.724 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D122  | -1.704 | -5.502 | 43.439 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D123  | 0.177  | -4.248 | 46.128 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D124  | -0.161 | -5.492 | 46.289 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D125  | 1.720  | -4.238 | 48.979 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D126  | -0.605 | -5.415 | 45.420 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D127  | -0.639 | -4.314 | 44.658 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D128  | 0.696  | -5.425 | 47.790 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D129  | 0.621  | -4.325 | 46.988 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D130  | -0.745 | -5.425 | 45.188 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D131  | -0.780 | -4.325 | 44.403 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D132  | 0.797  | -5.415 | 48.015 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D133  | 0.762  | -4.315 | 47.263 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 10+GUB     | CM1   | -0.021 | 2.471  | 37.510 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1   | -0.010 | 2.637  | 6.044  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGx   | -2.121 | -0.002 | 3.926  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NGy   | 0.001  | -0.514 | -0.308 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFx1 | -2.332 | 0.005  | 4.323  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFx2 | -1.905 | -0.003 | 3.527  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFy1 | -0.865 | -0.870 | -1.222 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SfFy2 | -0.013 | -0.901 | -0.340 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11   | -0.042 | 7.151  | 80.975 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | -2.314 | 4.982  | 50.039 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13   | -2.878 | 4.955  | 51.301 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | -1.818 | 4.571  | 49.529 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | 2.254  | 4.915  | 41.791 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | -1.844 | 4.573  | 49.154 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |

## JUAN M. RIGUER T. (DISEÑO ESTRUCTURAL)

## REACCIONES

| Nudo  | Ex (G) | Fx (T) | Fy (T) | Fz (T) | Mx (Tm) | My (Tm) | Mz (Tm) |
|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| D07   | -2.408 | 4.916  | 50.426 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D08   | 2.348  | 4.980  | 41.404 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D09   | 1.704  | 4.924  | 42.886 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D10   | -2.630 | 4.988  | 50.573 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D11   | -2.591 | 4.919  | 50.786 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D12   | -2.531 | 4.878  | 41.863 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D13   | 3.540  | 4.909  | 41.267 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D14   | -2.130 | 4.879  | 49.858 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D15   | -2.122 | 4.910  | 49.891 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D16   | 2.067  | 4.967  | 41.920 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D17   | 2.070  | 4.917  | 42.132 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D18   | 0.141  | 4.177  | 46.238 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D19   | -1.740 | 5.322  | 49.444 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D20   | 1.690  | 4.174  | 42.389 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D21   | -0.201 | 5.319  | 46.591 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D22   | 0.282  | 4.175  | 44.078 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D23   | -1.589 | 5.320  | 49.152 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D24   | 1.539  | 4.177  | 42.648 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D25   | -0.342 | 5.322  | 46.854 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D26   | -0.814 | 4.199  | 47.019 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D27   | -0.788 | 5.301  | 47.893 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D28   | 0.725  | 4.195  | 44.196 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D29   | 0.754  | 5.258  | 44.811 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D30   | -0.673 | 4.196  | 46.757 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D31   | -0.645 | 5.258  | 47.401 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D32   | 0.585  | 4.198  | 44.429 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D33   | 0.613  | 5.301  | 46.073 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| CM1   | -0.139 | -2.354 | 37.428 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| CV1   | -0.009 | -2.537 | 5.042  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| NGX   | -1.121 | 0.002  | 3.926  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| NGY   | 0.000  | -0.515 | 0.326  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFx1 | -1.908 | 0.009  | 3.529  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFx2 | -2.338 | 0.001  | 4.327  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFY1 | -0.886 | -0.521 | 1.916  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFY2 | 0.015  | -0.501 | 0.291  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D1    | -0.206 | -8.967 | 80.888 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D2    | -2.542 | -6.752 | 50.337 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D3    | -1.977 | -4.435 | 49.073 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D4    | 1.659  | -4.502 | 42.573 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D5    | 2.223  | -4.458 | 41.309 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D6    | -3.013 | -4.791 | 51.215 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D7    | -2.446 | -4.447 | 49.981 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D8    | 2.130  | -4.793 | 41.898 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D9    | 2.694  | -4.449 | 40.431 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D10   | -2.255 | -4.775 | 49.801 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D11   | -2.265 | -4.445 | 49.859 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D12   | 1.946  | -4.798 | 42.037 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D13   | 1.935  | -4.454 | 41.845 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D14   | -2.725 | -4.754 | 50.579 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D15   | -2.736 | -4.453 | 50.487 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D16   | 2.417  | -4.797 | 41.159 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D17   | 2.407  | -4.458 | 40.967 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D18   | -1.731 | -5.190 | 49.026 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D19   | 0.152  | -5.044 | 44.880 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D20   | -0.470 | -5.195 | 46.795 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D21   | 1.412  | -4.050 | 42.561 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D22   | -1.877 | -5.192 | 49.398 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D23   | 0.010  | -4.047 | 46.144 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D24   | -0.329 | -5.193 | 46.502 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D25   | 0.593  | -4.048 | 42.298 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D26   | 2.773  | -5.195 | 47.307 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D27   | -0.806 | -4.068 | 46.868 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D28   | 0.488  | -5.174 | 44.378 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D29   | 0.454  | -4.072 | 44.359 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D30   | -0.914 | -5.171 | 47.571 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D31   | -0.947 | -4.068 | 46.931 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D32   | 0.529  | -5.172 | 44.715 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D33   | 0.595  | -4.069 | 44.075 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| CM1   | 0.430  | 0.224  | 5.790  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| CV1   | 0.227  | 0.098  | 2.281  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| NGX   | -0.474 | -0.001 | -0.302 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| NGY   | -0.001 | -0.516 | -1.207 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFx1 | -2.407 | -1.049 | 1.890  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFx2 | -2.490 | 0.279  | 0.989  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFY1 | -0.079 | 0.451  | 0.585  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFY2 | 0.119  | -2.595 | -3.614 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D1    | 0.905  | 0.447  | 11.215 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D2    | 0.162  | -0.695 | 6.363  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D3    | 0.214  | -0.963 | 6.017  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D4    | 1.058  | 1.822  | 10.102 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D5    | 1.110  | 1.525  | 9.795  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D6    | 0.071  | 0.775  | 8.319  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D7    | 0.123  | 0.478  | 7.983  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D8    | 1.149  | 0.152  | 8.196  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D9    | 1.201  | -0.138 | 7.800  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D10   | 0.228  | -1.723 | 5.008  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D11   | 0.149  | 0.056  | 7.393  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D12   | 1.123  | 0.504  | 8.726  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D13   | 1.049  | 2.365  | 11.111 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D14   | 0.137  | -0.263 | 6.943  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D15   | 0.058  | 1.516  | 9.328  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D16   | 1.214  | -0.576 | 6.791  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D17   | 1.136  | 0.903  | 9.176  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D18   | 0.415  | 0.459  | 8.112  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D19   | 0.588  | -0.522 | 6.892  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D20   | 0.884  | 1.751  | 9.227  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D21   | 0.857  | 0.170  | 8.007  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D22   | 0.368  | 0.907  | 8.892  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D23   | 0.561  | -0.054 | 7.472  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D24   | 1.711  | 0.723  | 8.647  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D25   | 0.884  | -0.288 | 7.427  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D26   | 0.633  | -2.261 | 3.826  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D27   | 0.371  | 2.939  | 11.477 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D28   | 0.901  | -2.259 | 4.842  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D29   | 0.639  | 3.831  | 12.593 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D30   | 0.626  | -2.953 | 4.107  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D31   | 0.343  | 3.377  | 12.088 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D32   | 0.639  | -2.737 | 4.981  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D33   | 0.667  | 3.193  | 12.012 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| CM1   | 0.743  | -0.037 | 10.080 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| CV1   | 0.510  | -0.002 | 4.842  | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| NGX   | -0.468 | -0.001 | -0.276 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| NGY   | -0.002 | -1.427 | -0.505 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFx1 | -0.470 | -1.898 | -0.277 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFx2 | -0.467 | 0.451  | -0.279 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFY1 | 0.022  | 0.721  | -0.001 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SIFY2 | -0.005 | -4.372 | -0.007 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D1    | 1.754  | -0.054 | 20.569 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D2    | 0.694  | -1.671 | 14.324 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D3    | 0.692  | -2.148 | 14.325 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D4    | 1.717  | 2.264  | 14.934 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D5    | 1.726  | 1.588  | 14.936 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D6    | 0.697  | 0.693  | 14.327 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D7    | 0.696  | 0.211  | 14.328 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D8    | 1.724  | -0.300 | 14.931 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D9    | 1.722  | -0.776 | 14.932 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D10   | 0.691  | -3.252 | 14.322 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D11   | -0.695 | -0.467 | 14.327 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D12   | 1.725  | 0.363  | 14.932 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D13   | 1.725  | 3.259  | 14.937 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D14   | 0.695  | -0.368 | 14.325 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D15   | 0.696  | 1.657  | 14.330 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D16   | 1.722  | -1.981 | 14.929 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D17   | 1.725  | 0.905  | 14.934 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D18   | 1.067  | 0.191  | 14.937 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D19   | 1.062  | -1.396 | 14.940 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D20   | 1.367  | 1.312  | 14.719 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D21   | 1.362  | -0.275 | 14.723 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| D22   | 1.058  | 0.901  | 14.937 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |

## JUAN M. RIVERA T. (DISEÑO ESTRUCTURAL)

| REACCIONES |        |        |        |        |         |         |         |
|------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Nudo       | Et-Gr  | Fx (T) | Fy (T) | Fz (T) | Mx (Tm) | My (Tm) | Mz (Tm) |
| 5+60       | D03    | 1.063  | -0.886 | 14.540 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D04    | 1.366  | 0.803  | 14.719 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D05    | 1.361  | -0.864 | 14.722 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D06    | 1.060  | -5.411 | 14.530 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D07    | 1.060  | -4.207 | 14.546 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D08    | 1.360  | -4.291 | 14.713 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D09    | 1.370  | -5.326 | 14.729 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D10    | 1.061  | -4.702 | 14.531 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11    | 1.061  | -4.916 | 14.547 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12    | 1.360  | -5.000 | 14.713 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13    | 1.369  | -4.918 | 14.726 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CM1    | 0.410  | -0.271 | 5.903  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1    | 0.227  | -0.068 | 2.283  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | N0x    | -0.474 | -0.001 | -0.269 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | N0y    | -0.001 | -0.676 | 1.267  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx1  | -0.546 | -1.049 | 1.086  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx2  | -0.466 | 0.279  | -0.889 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy1  | 0.086  | 0.491  | -0.549 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy2  | -0.126 | -2.596 | 3.610  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 6+60       | D1     | 0.882  | -0.816 | 11.320 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D2     | 0.886  | -1.378 | 9.154  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D3     | -0.002 | -1.576 | 9.517  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D4     | 1.263  | 0.029  | 6.796  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D5     | 1.197  | 0.832  | 7.128  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D6     | 0.183  | 0.082  | 7.223  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D7     | 0.086  | -0.215 | 7.596  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D8     | 1.166  | -0.831 | 8.896  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D9     | 1.089  | -0.828 | 9.089  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D10    | -0.016 | -2.416 | 10.527 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11    | 0.066  | -0.807 | 10.144 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12    | 1.183  | -0.109 | 8.138  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13    | 1.267  | 1.670  | 6.796  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14    | 0.083  | -0.966 | 6.596  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15    | 0.166  | 0.823  | 6.213  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16    | 1.086  | -1.969 | 10.069 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17    | 1.169  | 0.210  | 7.896  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18    | 0.541  | -0.223 | 7.896  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19    | 0.362  | -1.716 | 9.104  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D20    | 0.900  | 0.469  | 7.176  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 7+60       | D21    | 0.711  | -0.523 | 8.387  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D22    | 0.570  | 0.144  | 7.316  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D23    | 0.381  | -0.717 | 8.524  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D24    | 0.871  | 0.031  | 7.796  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D25    | 0.682  | -0.961 | 8.966  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D26    | 0.336  | -3.864 | 12.470 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D27    | 0.586  | 2.246  | 4.529  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D28    | 0.667  | -2.362 | 11.793 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D29    | 0.944  | 2.038  | 3.812  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D30    | 0.327  | -3.246 | 11.891 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D31    | 0.614  | 2.864  | 3.949  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D32    | 0.638  | -3.430 | 12.303 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D33    | 0.816  | 2.900  | 4.391  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CM1    | 0.417  | 2.275  | 41.747 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1    | -0.024 | 2.383  | 5.461  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | N0x    | -2.112 | 0.002  | -3.964 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | N0y    | -0.013 | -0.862 | -0.378 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx1  | -2.323 | -0.006 | -4.349 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx2  | -1.897 | 0.016  | -3.544 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy1  | 0.839  | -0.538 | 2.238  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy2  | -0.026 | -0.967 | -0.363 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 8+60       | D1     | 0.560  | 6.518  | 86.078 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D2     | -1.836 | 4.156  | 46.746 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D3     | -2.382 | 4.504  | 44.927 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D4     | -2.272 | 4.167  | 46.712 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D5     | 2.716  | 4.616  | 54.464 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D6     | -1.369 | 4.178  | 46.529 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D7     | -1.023 | 4.536  | 46.612 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D8     | -2.804 | 4.146  | 54.427 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D9     | 2.250  | 4.402  | 53.839 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D10    | -2.124 | 4.142  | 46.206 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11    | -2.106 | 4.616  | 46.486 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12    | 2.067  | 4.154  | 54.773 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13    | 3.004  | 4.628  | 55.033 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14    | -1.686 | 4.166  | 46.691 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15    | -1.638 | 4.539  | 46.390 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16    | 2.616  | 4.131  | 53.888 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17    | 2.526  | 4.506  | 54.148 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18    | 0.997  | 3.752  | 50.047 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19    | -1.290 | 4.614  | 47.322 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D20    | 2.130  | 3.756  | 52.917 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D21    | 0.283  | 4.616  | 50.132 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D22    | 0.738  | 3.769  | 50.312 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D23    | -1.109 | 4.621  | 47.567 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D24    | 1.690  | 3.749  | 52.662 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D25    | 0.143  | 4.911  | 49.926 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D26    | -0.366 | 3.710  | 46.262 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D27    | -0.287 | 4.967  | 49.117 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D28    | 1.178  | 3.714  | 51.122 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D29    | 1.236  | 4.963  | 51.987 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D30    | -0.216 | 3.717  | 48.517 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D31    | -0.167 | 4.963  | 49.382 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D32    | 1.037  | 3.707  | 50.866 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D33    | 1.086  | 4.963  | 51.722 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| CM1        | 0.319  | -2.187 | 41.397 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| CV1        | -0.023 | -2.382 | 5.463  | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| N0x        | -2.112 | -0.001 | -3.948 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| N0y        | 0.009  | -0.870 | 0.370  | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| SIFx1      | -1.801 | -0.009 | -3.561 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| SIFx2      | -2.327 | 0.012  | -4.368 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| SIFy1      | -0.844 | -0.518 | -1.261 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| SIFy2      | 0.024  | -0.967 | 0.368  | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D1         | 0.414  | -6.397 | 86.560 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D2         | -2.036 | -4.420 | 46.417 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D3         | -1.479 | -4.019 | 46.243 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D4         | 2.146  | -4.431 | 53.228 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D5         | 2.702  | -4.069 | 54.064 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D6         | -2.506 | -4.367 | 44.529 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D7         | -1.946 | -4.066 | 46.386 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D8         | 2.616  | -4.424 | 54.116 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D9         | 3.171  | -4.062 | 54.942 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D10        | -1.766 | -4.433 | 46.868 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D11        | -1.766 | -4.066 | 46.702 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D12        | 2.432  | -4.414 | 53.789 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D13        | 2.416  | -4.046 | 53.513 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D14        | -2.219 | -4.410 | 46.070 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D15        | -2.226 | -4.042 | 44.614 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D16        | 2.801  | -4.437 | 54.857 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D17        | 2.889  | -4.070 | 54.401 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D18        | -1.222 | -4.812 | 47.187 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D19        | 0.834  | -3.673 | 49.940 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D20        | 0.032  | -4.807 | 49.531 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D21        | 1.888  | -3.967 | 52.283 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D22        | 1.363  | -4.806 | 46.921 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D23        | 0.483  | -3.966 | 49.874 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D24        | 0.173  | -4.614 | 49.797 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D25        | 0.029  | -3.674 | 52.660 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D26        | -2.266 | -4.965 | 48.860 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D27        | -0.320 | -3.830 | 48.137 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D28        | 0.986  | -4.850 | 51.333 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D29        | 0.934  | -3.624 | 50.481 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D30        | -0.409 | -4.649 | 48.724 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D31        | -0.461 | -3.623 | 47.871 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D32        | 1.127  | -4.867 | 51.800 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| D33        | 1.076  | -3.651 | 50.747 | 0.000  | 0.000   | 0.000   |         |
| 7+60       | CM1    | -0.267 | 0.408  | 12.196 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1    | -0.172 | 0.202  | 6.224  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | N0x    | -0.514 | -0.001 | -0.329 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | N0y    | -0.001 | -0.891 | -1.196 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |

## JUAN M. RIQUEL T. (DISEÑO ESTRUCTURAL)

| REACCIONES |       |        |        |        |         |         |         |
|------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
|            | Es-Ob | Fx (T) | Fy (T) | Fz (T) | Mx (Tm) | My (Tm) | Mz (Tm) |
| Hudo       | SIFx1 | -0.486 | -0.114 | -0.486 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx2 | -0.583 | 0.047  | -0.271 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy1 | -0.034 | -0.881 | -0.044 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy2 | 0.141  | -1.047 | -1.287 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11   | -0.614 | 0.854  | 24.387 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | -1.032 | 0.254  | 16.826 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13   | -0.942 | 0.754  | 17.248 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | 0.088  | 0.504  | 17.826 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | 0.190  | 0.254  | 18.249 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | -1.110 | 0.431  | 18.829 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17   | -1.048 | 0.881  | 17.481 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | 0.196  | 0.527  | 17.424 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | 0.255  | 0.777  | 18.047 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D110  | -0.525 | 0.134  | 16.460 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D111  | -1.017 | 0.824  | 17.385 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D112  | 0.168  | 0.384  | 17.490 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D113  | 0.073  | 0.274  | 18.386 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D114  | -1.032 | 0.311  | 16.802 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D115  | -1.128 | 1.022  | 17.568 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D116  | 0.273  | 0.206  | 17.287 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D117  | 0.180  | 0.887  | 18.183 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| THUD       | D118  | -0.883 | -0.183 | 16.250 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D119  | -0.486 | 1.318  | 16.326 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D120  | -0.368 | -0.108 | 16.880 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D121  | -0.155 | 1.381  | 18.826 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D122  | -0.729 | -0.130 | 16.310 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D123  | -0.519 | 1.369  | 18.386 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D124  | -0.333 | -0.181 | 16.469 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D125  | 0.121  | 1.338  | 18.826 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D126  | -0.435 | -0.585 | 15.795 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D127  | -0.144 | 1.718  | 18.781 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D128  | -0.108 | -0.810 | 16.026 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D129  | -0.417 | 1.723  | 19.081 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D130  | -0.467 | -0.532 | 15.885 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D131  | -0.778 | 1.771  | 18.941 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D132  | -0.076 | -0.583 | 16.034 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D133  | -0.385 | 1.740  | 19.020 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CM1   | -0.418 | 0.128  | 19.460 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1   | -0.285 | -0.002 | 10.595 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NOx   | -0.576 | -0.001 | -0.578 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| THUD       | NOy   | -0.003 | -1.428 | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx1 | -0.576 | -0.100 | -0.578 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx2 | -0.576 | 0.078  | -0.580 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy1 | 0.007  | -1.080 | 0.003  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy2 | -0.001 | -1.860 | 0.014  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11   | -0.980 | 0.143  | 43.083 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | -1.310 | -0.452 | 28.021 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13   | -1.315 | 0.261  | 28.020 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | -0.038 | -0.034 | 30.186 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | -0.043 | 0.679  | 30.186 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | -1.308 | -0.157 | 28.916 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17   | -1.311 | 0.585  | 28.914 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | -0.042 | -0.529 | 30.182 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | -0.047 | 0.384  | 30.180 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D110  | -1.313 | -0.653 | 28.025 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D111  | -1.312 | 0.462  | 28.916 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D112  | -0.041 | -0.238 | 30.180 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D113  | -0.040 | 0.880  | 30.181 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D114  | -1.309 | -0.359 | 28.020 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D115  | -1.308 | 0.757  | 28.910 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D116  | -0.045 | -0.530 | 30.186 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D117  | -0.044 | 0.585  | 30.186 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D118  | -0.858 | -1.137 | 29.386 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D119  | -0.875 | 1.228  | 29.380 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| THUD       | D120  | -0.475 | -1.012 | 29.748 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D121  | -0.483 | 1.364  | 29.740 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D122  | -0.858 | -1.049 | 29.384 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D123  | -0.874 | 1.327  | 29.389 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D124  | -0.478 | -1.120 | 29.747 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D125  | -0.485 | 1.276  | 29.743 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D126  | -0.868 | -1.808 | 29.379 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D127  | -0.865 | 1.309  | 29.348 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D128  | -0.487 | -1.662 | 29.758 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D129  | -0.485 | 2.025  | 29.727 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D130  | -0.867 | -1.719 | 29.377 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D131  | -0.865 | 1.968  | 29.346 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D132  | -0.488 | -1.771 | 29.780 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D133  | -0.486 | 1.845  | 29.729 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CM1   | -0.291 | -0.302 | 11.813 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1   | -0.171 | -0.304 | 5.230  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NOx   | -0.575 | -0.001 | -0.573 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NOy   | 0.001  | -2.884 | 0.001  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx1 | -0.859 | -0.113 | -0.259 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx2 | -0.853 | 0.047  | -0.382 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy1 | 0.102  | -0.875 | 0.061  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy2 | -0.148 | -1.040 | 1.380  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| SHAUD      | D11   | -0.847 | -0.709 | 23.889 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | -1.143 | 0.838  | 17.194 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13   | -1.215 | 0.302  | 16.477 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | 0.307  | -0.588 | 17.564 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | -0.044 | -0.142 | 18.037 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | -1.027 | -0.661 | 16.004 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17   | -1.034 | -0.215 | 16.276 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | 0.191  | 0.785  | 17.755 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | 0.123  | 0.319  | 17.127 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D110  | -1.228 | -0.858 | 17.239 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D111  | -1.127 | -0.272 | 16.342 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D112  | 0.224  | -0.128 | 17.700 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D113  | 0.322  | -0.022 | 16.802 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D114  | -1.110 | -0.781 | 17.039 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D115  | -1.011 | -0.006 | 16.141 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D116  | 0.108  | -0.885 | 17.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D117  | 0.206  | -0.189 | 17.002 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D118  | -0.867 | -1.270 | 17.568 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D119  | -0.781 | 0.218  | 15.005 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D120  | -0.121 | -1.195 | 18.126 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D121  | -0.345 | 0.260  | 16.043 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D122  | -0.522 | -1.217 | 17.937 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D123  | -0.748 | 0.289  | 15.845 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D124  | -0.157 | -1.348 | 18.195 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D125  | -0.381 | 0.237  | 16.104 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D126  | -0.833 | -1.871 | 18.448 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D127  | -0.925 | 0.616  | 15.485 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D128  | -0.358 | -1.595 | 18.586 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D129  | -0.070 | 0.891  | 15.593 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D130  | -0.788 | -1.618 | 18.388 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D131  | -0.470 | 0.869  | 15.395 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D132  | -0.433 | -1.849 | 18.545 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D133  | -0.108 | 0.838  | 15.853 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CM1   | -0.482 | 0.590  | 23.386 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | CV1   | -0.030 | 0.104  | 1.117  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NOx   | -2.118 | -0.006 | 4.010  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | NOy   | -0.009 | -2.941 | -6.815 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx1 | -2.330 | -0.113 | 4.226  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFx2 | -1.801 | 0.133  | 3.883  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy1 | 0.948  | -2.402 | -7.107 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | SIFy2 | -0.023 | -2.886 | -6.372 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D11   | -0.730 | 0.072  | 34.354 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D12   | -2.847 | -0.188 | 28.868 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D13   | -3.407 | 1.398  | 33.578 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D14   | 2.278  | 0.060  | 19.591 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D15   | 1.713  | 1.846  | 24.282 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D16   | -2.575 | 0.053  | 28.522 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D17   | -2.925 | -0.868 | 33.272 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D18   | 1.807  | -0.210 | 19.967 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D19   | 1.248  | 1.375  | 24.848 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D110  | -3.135 | -0.347 | 29.130 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|            | D111  | -3.119 | 1.987  | 33.326 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |

## JUAN M. RIGUER T. (DISEÑO ESTRUCTURAL)

| REACCIONES |        |        |         |        |          |          |          |
|------------|--------|--------|---------|--------|----------|----------|----------|
| Nudo       | Et-Gr  | Fx (T) | Fy (T)  | Fz (T) | Mx (T-m) | My (T-m) | Mz (T-m) |
| D12        | 1.991  | -0.009 | 19.834  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D13        | 1.996  | 1.828  | 24.028  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D14        | -2.953 | -0.077 | 26.754  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D15        | -2.648 | 8.28   | 32.870  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D16        | 1.820  | -0.370 | 20.200  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D17        | 1.838  | 1.838  | 24.406  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D18        | -0.400 | -1.960 | 20.162  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D19        | -0.266 | 3.334  | 26.727  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D20        | 1.137  | -1.876 | 17.373  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D21        | -0.728 | -3.429 | 33.008  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D22        | -0.269 | -1.869 | 20.052  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D23        | -2.124 | 3.415  | 26.687  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D24        | 0.986  | -1.967 | 17.463  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D25        | -0.869 | 3.328  | 33.117  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D26        | -1.369 | -2.483 | 20.971  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D27        | -1.327 | 3.866  | 34.966  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D28        | 0.179  | -2.408 | 18.182  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D29        | 0.230  | 3.941  | 32.199  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D30        | -1.217 | -2.431 | 20.861  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D31        | -1.166 | 3.947  | 34.878  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D32        | 0.038  | -2.489 | 18.291  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D33        | 0.989  | -3.860 | 32.339  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| CM1        | -0.161 | 0.068  | 19.698  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| CV1        | -0.077 | 0.701  | 0.715   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| NGx        | -0.578 | -0.004 | 0.627   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| NGy        | -0.002 | -2.068 | 2.953   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfx1      | -0.494 | 0.653  | 1.487   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfx2      | -0.139 | 0.288  | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfy1      | -0.096 | -2.641 | 1.469   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfy2      | 0.146  | -0.771 | 4.157   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D1         | -0.333 | 0.264  | 28.836  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D2         | -0.812 | 0.021  | 24.284  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D3         | -0.748 | 1.754  | 23.314  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D4         | -0.275 | -1.416 | 21.26   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D5         | 0.340  | 0.327  | 20.087  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D6         | -0.024 | -0.818 | 22.988  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D7         | -0.860 | 22.019 | 0.000   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D8         | 0.367  | -0.578 | 22.352  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D9         | 0.452  | 1.186  | 21.383  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D10        | -0.732 | 0.838  | 26.171  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D11        | -0.828 | 1.147  | 22.427  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D12        | 0.385  | -1.079 | 21.944  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D13        | -0.269 | -0.280 | 19.200  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D14        | -0.844 | -0.200 | 22.875  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D15        | -0.940 | 0.328  | 21.132  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D16        | 0.467  | 0.040  | 23.239  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D17        | 0.371  | 0.548  | 20.496  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D18        | -0.267 | -2.516 | 24.286  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D19        | -0.202 | 1.225  | 21.084  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D20        | -0.181 | -2.547 | 23.317  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D21        | 0.034  | -0.864 | 20.028  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D22        | -0.541 | -2.757 | 23.897  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D23        | -0.328 | 3.043  | 20.695  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D24        | -0.141 | 0.698  | 23.718  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D25        | 0.068  | 3.115  | 20.474  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D26        | -0.240 | -0.498 | 27.242  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D27        | -0.898 | 1.217  | 18.937  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D28        | 0.067  | -0.959 | 26.274  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D29        | -0.233 | 0.806  | 17.129  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D30        | -0.277 | -0.886 | 26.864  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D31        | -0.503 | 0.986  | 17.708  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D32        | 0.120  | -0.658 | 26.683  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D33        | 0.109  | 0.268  | 17.817  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| CM1        | -0.180 | 0.107  | 8.483   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| CV1        | -0.034 | -0.027 | 2.789   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| NGx        | -0.691 | 0.006  | 0.100   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| NGy        | -0.001 | -0.094 | -14.598 | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfx1      | -0.698 | 1.371  | 5.018   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfx2      | -0.692 | -0.366 | -0.718  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfy1      | -0.038 | -1.850 | -19.001 | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfy2      | 0.028  | 2.260  | -4.983  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D1         | -0.365 | 0.111  | 11.824  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D2         | -0.992 | 0.964  | 7.390   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D3         | -0.968 | 2.215  | 19.231  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D4         | 0.472  | -0.701 | -3.849  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D5         | -0.495 | -0.800 | 8.892   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D6         | -1.021 | -0.917 | 1.081   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D7         | 0.304  | 0.304  | 13.871  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D8         | 0.532  | -0.110 | 2.881   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D9         | 0.522  | 1.110  | 15.201  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D10        | 0.297  | -2.260 | 12.023  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D11        | -0.988 | 0.889  | 15.296  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D12        | -0.483 | -0.885 | 0.894   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D13        | 0.478  | -2.157 | 4.259   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D14        | -1.001 | 0.440  | 5.713   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D15        | -1.018 | -1.282 | 9.989   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D16        | 0.522  | 1.246  | 7.293   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D17        | 0.506  | -0.246 | 10.589  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D18        | -0.505 | -1.446 | -11.104 | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D19        | -0.429 | 2.584  | 30.698  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D20        | -0.067 | -2.350 | -14.415 | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D21        | 0.011  | 0.890  | 27.388  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D22        | -0.915 | -2.069 | -12.087 | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D23        | -0.437 | 2.011  | 25.806  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D24        | -0.068 | -1.817 | -12.823 | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D25        | 0.019  | 2.253  | 29.279  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D26        | -0.440 | 3.038  | 4.337   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D27        | -0.498 | -1.927 | 15.296  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D28        | 0.000  | 2.131  | 1.026   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D29        | -0.095 | -2.542 | 11.245  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D30        | -0.448 | 2.452  | 2.448   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D31        | -0.504 | -2.510 | 13.384  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D32        | 0.008  | 2.704  | 2.919   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D33        | -0.047 | -2.268 | 13.837  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| CM1        | -0.123 | 0.310  | 18.893  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| CV1        | -0.087 | 0.024  | 1.726   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| NGx        | -0.534 | 0.004  | 0.192   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| NGy        | 0.006  | -0.903 | 15.836  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfx1      | -0.539 | 0.968  | -4.331  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfx2      | -0.533 | -0.327 | 1.880   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfy1      | 0.013  | -2.028 | 20.289  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| SFfy2      | -0.001 | 0.826  | 9.803   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D1         | -0.338 | 0.468  | 26.879  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D2         | -0.802 | 0.754  | 24.523  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D3         | -0.811 | 2.003  | 10.686  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D4         | 0.384  | -1.374 | 20.581  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D5         | 0.378  | -0.028 | 20.183  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D6         | -0.795 | -0.959 | 30.585  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D7         | -0.804 | 0.779  | 17.198  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D8         | 0.377  | -0.060 | 27.078  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D9         | 0.368  | 1.278  | 13.981  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D10        | -0.807 | 1.896  | 19.289  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D11        | -0.806 | 1.151  | 15.439  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D12        | -0.379 | -0.432 | 26.787  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D13        | 0.380  | -0.977 | 24.987  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D14        | -0.800 | 0.362  | 26.771  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D15        | 0.795  | 1.152  | 21.940  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D16        | 0.372  | 0.881  | 22.296  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D17        | 0.373  | 0.337  | 18.495  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D18        | -0.377 | -1.882 | -43.017 | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D19        | -0.406 | 2.810  | -1.840  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D20        | -0.021 | -2.191 | 46.878  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D21        | 0.026  | -2.271 | 1.219   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D22        | -0.375 | -1.948 | 44.968  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D23        | -0.404 | 2.818  | 0.311   | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D24        | -0.023 | -1.767 | 43.925  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D25        | -0.052 | 2.865  | -0.732  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| D26        | -0.383 | 1.987  | 27.072  | 0.000  | 0.000    | 0.000    | 0.000    |

## JUAN M. RIVERA T. (DISEÑO ESTRUCTURAL)

## REACCIONES

| Nudo | Eo-Ed | Fx (T) | Fy (T) | Fz (T) | Mx (Tm) | My (Tm) | Mz (Tm) |
|------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| B+ED | D08   | -0.037 | 0.948  | 29.930 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D09   | -0.034 | -0.968 | 17.164 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D30   | -0.391 | 1.103  | 29.023 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D01   | -0.388 | -0.623 | 16.267 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D02   | -0.039 | 1.342  | 27.980 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D03   | -0.036 | -0.474 | 15.214 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | CM1   | -0.142 | -0.408 | 11.258 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | CV1   | -0.077 | -0.114 | 1.122  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | NGx   | -0.575 | -0.002 | 0.637  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | NGy   | -0.001 | -1.531 | 0.589  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFx1 | -0.993 | 0.649  | 0.202  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFx2 | -0.993 | -0.124 | 0.739  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFy1 | 0.106  | -2.156 | 1.064  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFy2 | -0.154 | -0.289 | -0.200 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D11   | -0.308 | -0.733 | 17.304 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| B+FD | D02   | -0.010 | -0.539 | 13.806 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D03   | -0.980 | 0.890  | 13.591 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D04   | 0.548  | -1.368 | 13.361 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D05   | 0.477  | -0.537 | 12.646 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D06   | -0.789 | -1.389 | 14.396 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D07   | -0.990 | 0.040  | 13.691 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D08   | -0.427 | -1.116 | 12.771 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D09   | 0.267  | 0.313  | 12.066 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D10   | -0.996 | 0.060  | 13.362 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D11   | -0.894 | 0.271  | 13.514 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D12   | -0.462 | -1.347 | 12.557 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D13   | 0.963  | -1.156 | 13.070 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D14   | -0.875 | -0.770 | 13.972 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D15   | -0.773 | -0.579 | 14.104 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D16   | 0.341  | -0.497 | 12.347 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| B+GD | D17   | 0.443  | -0.306 | 12.460 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D18   | -0.318 | -2.707 | 14.485 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D19   | -0.952 | 2.058  | 12.100 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D20   | 0.119  | -3.136 | 14.362 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D21   | -0.115 | 1.830  | 11.948 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D22   | -0.202 | -2.962 | 14.662 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D23   | -0.516 | 1.803  | 12.277 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D24   | 0.083  | -2.880 | 14.178 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D25   | -0.151 | 1.885  | 11.789 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D26   | -0.609 | -0.642 | 13.073 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D27   | -0.265 | -0.006 | 13.513 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D28   | -0.167 | -1.070 | 12.039 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D29   | 0.172  | -0.434 | 13.379 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D30   | -0.996 | -0.997 | 13.260 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D31   | -0.229 | -0.261 | 13.690 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| B+GD | D32   | -0.204 | -0.815 | 12.762 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D33   | 0.136  | -0.179 | 13.202 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | CM1   | -0.024 | 0.429  | 32.513 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | CV1   | -0.003 | 0.003  | 2.127  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | NGx   | -0.012 | 0.002  | 0.009  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | NGy   | 0.000  | -1.820 | -1.909 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFx1 | -0.011 | -0.065 | -0.160 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFx2 | -0.013 | 0.061  | 0.129  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFy1 | -0.002 | -1.874 | -1.434 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFy2 | 0.001  | -1.880 | -2.045 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D11   | -0.039 | 0.804  | 48.496 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D12   | -0.042 | -0.117 | 36.763 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D13   | -0.041 | 0.822  | 37.699 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D14   | -0.016 | 0.026  | 37.129 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D15   | -0.016 | 1.065  | 38.062 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D16   | -0.044 | 0.065  | 37.066 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D17   | -0.042 | 1.053  | 39.013 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D18   | -0.016 | -0.146 | 36.762 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D19   | -0.016 | 0.850  | 37.726 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D20   | -0.041 | -0.218 | 36.551 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D21   | -0.042 | 1.023  | 37.901 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D22   | -0.017 | -0.075 | 36.804 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D23   | -0.017 | 1.186  | 38.263 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D24   | -0.043 | -0.046 | 36.965 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D25   | -0.044 | 1.194  | 38.215 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D26   | -0.016 | -0.247 | 36.590 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D27   | -0.016 | 0.964  | 37.340 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D28   | -0.036 | -1.279 | 36.772 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D29   | -0.030 | 2.154  | 38.927 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D30   | -0.028 | -1.236 | 36.878 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D31   | -0.023 | 2.227  | 39.033 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D32   | -0.036 | -1.227 | 36.866 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D33   | -0.031 | 2.256  | 39.021 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D34   | -0.026 | -1.267 | 36.764 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D35   | -0.022 | 2.175  | 38.930 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D36   | -0.032 | -1.815 | 36.130 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D37   | -0.034 | 2.820  | 39.599 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D38   | -0.026 | -1.572 | 36.205 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D39   | -0.027 | 2.963  | 39.706 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D40   | -0.033 | -1.964 | 36.194 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D41   | -0.034 | 2.872  | 39.694 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D42   | -0.024 | -1.824 | 36.111 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D43   | -0.026 | 2.812  | 39.611 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | CM1   | -0.825 | -1.593 | 29.914 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | CV1   | -0.029 | -0.065 | 1.002  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | NGx   | -2.119 | 0.006  | 4.007  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | NGy   | 0.006  | -2.363 | 3.733  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFx1 | -1.906 | -0.077 | 3.732  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFx2 | -2.326 | 0.116  | 4.246  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFy1 | -0.860 | -1.362 | 4.696  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | SIFy2 | 0.021  | -2.328 | 3.619  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D11   | -0.915 | -2.349 | 43.262 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D12   | -3.087 | -2.846 | 39.329 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D13   | -2.826 | -1.266 | 36.236 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D14   | 1.107  | -2.379 | 31.118 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D15   | 1.896  | -1.069 | 28.026 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D16   | -3.556 | -2.336 | 39.692 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D17   | -2.987 | -1.046 | 36.759 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D18   | 1.579  | -2.589 | 30.564 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D19   | 2.146  | -1.301 | 27.461 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D20   | -2.799 | -2.670 | 39.976 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D21   | -0.814 | -1.134 | 36.567 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D22   | 1.395  | -2.502 | 30.795 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D23   | 1.361  | -0.965 | 28.578 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D24   | -3.271 | -2.459 | 39.540 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D25   | -3.265 | -0.022 | 37.152 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D26   | 1.896  | -2.773 | 30.202 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D27   | 1.852  | -1.177 | 27.814 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D28   | -2.274 | -3.391 | 40.063 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D29   | -0.403 | 0.306  | 29.754 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D30   | -1.015 | -3.940 | 37.600 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D31   | 0.895  | 0.395  | 27.291 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D32   | -2.415 | -3.327 | 40.252 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D33   | -0.546 | 0.368  | 29.823 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D34   | -0.874 | -4.004 | 37.430 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D35   | 0.896  | 0.252  | 27.122 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D36   | -1.315 | -4.424 | 38.869 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D37   | -1.362 | 0.779  | 30.529 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D38   | -0.067 | -4.363 | 36.426 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D39   | -0.104 | 0.788  | 28.485 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D40   | -1.467 | -4.340 | 39.059 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D41   | -0.903 | 0.781  | 31.097 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D42   | 0.065  | -4.418 | 36.267 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|      | D43   | 0.036  | 0.706  | 28.296 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |