TOMO 4: DISEÑO ESTRUCTURAL CUBIERTA PARA INVERNADERO

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 32088 DE 2024

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA ADECUACIÓN FUNCIONAL DEL EDIFICIO DEL LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS DE LA SEDE CENTRAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI



LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS
BOGOTA D.C
2025

ELABORACIÓN	**NOMBRE**	**CARGO**	**FECHA**
ELABORÓ	Jesús Darío López Sierra	Ingeniero Civil Especialista en Estructuras	2025-04
Firma del profesional responsable			
PROFESIONAL RESPONSABLE	**MATRICULA PROFESIONAL**	**CARGO**	**FIRMA**
Jesús Darío López Sierra	M.P. 22202-311200 COR	Ingeniero Civil Especialista en Estructuras	

INDESCO Desarrollando Soluciones

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN 5
2. ALCANCE 5
3. OBJETIVOS 5
3.1 General 5
3.2 Específicos 5
4. MARCO LEGAL 6
4.1 Normativa General 6
5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 6
6. HISTORIA Y USOS DE LA ESTRUCTURA 7
7. VERIFICACION DE LA CUBIERTA EXISTENTE 8
7.1 Alternativas Bioclimáticas 8
8. NUEVO DISEÑO PARA LA CUBIERTA 11
8.1 Descripción del proyecto 11
8.2 Consideraciones geotécnicas 13
8.3 Grupo de uso 14
8.4 Parámetros sísmicos y espectro 14
8.5 Análisis de Cargas 15
9. DATOS GEOMETRICOS DE GRUPOS, PLANTAS Y CARGAS 16
9.1 Datos de Entrada 16
10. ACCIONES CONSIDERADAS 18
11. INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL PROGRAMA CPECAD 24
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 37
13. ANEXOS 38

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Ilustración 1. Límites del Instituto Geográfico Agustín Codazzi 6
Ilustración 2. Localización del predio, Bogotá D.C. 7
Ilustración 3. Laboratorio Nacional de Suelos 8
Ilustración 4. Distancia máxima por catálogo entre apoyos para lamina 9
Ilustración 5. Medidas de estructura existente 9
Ilustración 6. Equipo de Sistema HVAC y Cubierta del Invernadero 10
Ilustración 7. Modelo 3D – Laboratorio Nacional de Suelos 11
Ilustración 8. Modelo de la Cubierta - Laboratorio Nacional de Suelos 11
Ilustración 9. Sistemas estructurales de resistencia sísmica NSR-10 12
Ilustración 10. Apéndice A-4 NSR-10 12
Ilustración 11. Tabla A 3-3 Sistema Estructural 13
Ilustración 12. Tabla A.2.5-1 Valores del Coeficiente de Importancia, I 14
Ilustración 13. Cálculo del Espectro de Diseño (Elástico de Aceleraciones) 14
Ilustración 14. Análisis de Cargas. 15
Ilustración 15. Datos de Entrada, CYPECAD 16
Ilustración 16. Materiales Utilizados. 16
Ilustración 17. Geometría de la Estructura. 17
Ilustración 18. Descripción del material en la Estructura. 17
Ilustración 19. Datos de Entrada Sismo, CYPE 3D 18
Ilustración 20. Análisis Sísmico. 19
Ilustración 21. Desplazamientos por Sismo en X. 23
Ilustración 22. Desplazamientos por Sismo en Y. 23
Ilustración 23. Límite de deriva edificaciones 1 piso NSR-10 24
Ilustración 24. Estructura metálica para invernadero con verificación flechas y resistencia. 24
Ilustración 25. Estructura metálica para invernadero con demanda de capacidad. 25
Ilustración 26. Columna de apoyo, cuadrado 100x100x4.0mm 25
Ilustración 27. Columna de apoyo, cuadrado 100x100x4.0mm 26
Ilustración 28. Estructural Rectangular 100x50x3.0mm 26
Ilustración 29. Estructural Cuadrado 50x50x3.0mm 26
Ilustración 30. Estructural Cuadrado 70x70x3.0mm 27
Ilustración 31. Ejemplo de la Unión Soldada. 27
Ilustración 32. Ejemplo de la Unión de Conexión en Concreto Placa. 31

1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe expone los resultados del diseño estructural, requerido para la adecuación funcional de una cubierta para el invernadero ubicado en la infraestructura del laboratorio Nacional de suelos de la sede central del instituto geográfico Agustín Codazzi, en la ciudad de Bogotá. Este diseño detalla los criterios técnicos, considerando las condiciones necesarias para implementar posibles modificaciones arquitectónicas que se propongan en busca de optimizar la funcionalidad del laboratorio.

2. ALCANCE

El presente informe abordara los conceptos, filosofía de diseño, valores de entrada, normativas y demás parámetros necesarios para el análisis y diseño estructural de una cubierta para el invernadero, presentando los resultados y verificaciones más distintivas. Adicionalmente los datos restantes estarán en la carpeta anexa a este informe.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Evaluar la cubierta existente en el edificio en la sede central del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en la ciudad de Bogotá con el fin de identificar posibles limitaciones en el diseño estructural y de ser el caso rediseñar la cubierta para el invernadero, garantizando la seguridad, estabilidad y funcionalidad de la estructura.

3.2 Específicos

- Establecer los materiales a utilizar para el análisis y diseño estructural según la normativa NSR-10.
- Definir los parámetros sísmicos y el espectro de diseño según la NSR-10.
- Elaborar el análisis de cargas.
- Evaluar el comportamiento sísmico y los criterios de análisis para un correcto diseño estructural.
- Mencionar las consideraciones geotécnicas para el diseño de la cubierta.

4. MARCO LEGAL

4.1 Normativa General

Para el análisis estructural se tuvo en cuenta la norma sismorresistente colombiana NSR-10, los decretos modificatorios al código, la norma americana AISI S100-2016 (LRFD) para aceros conformados y ANSI/AISC 360-16 (LRFD) para aceros laminados y armados.

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

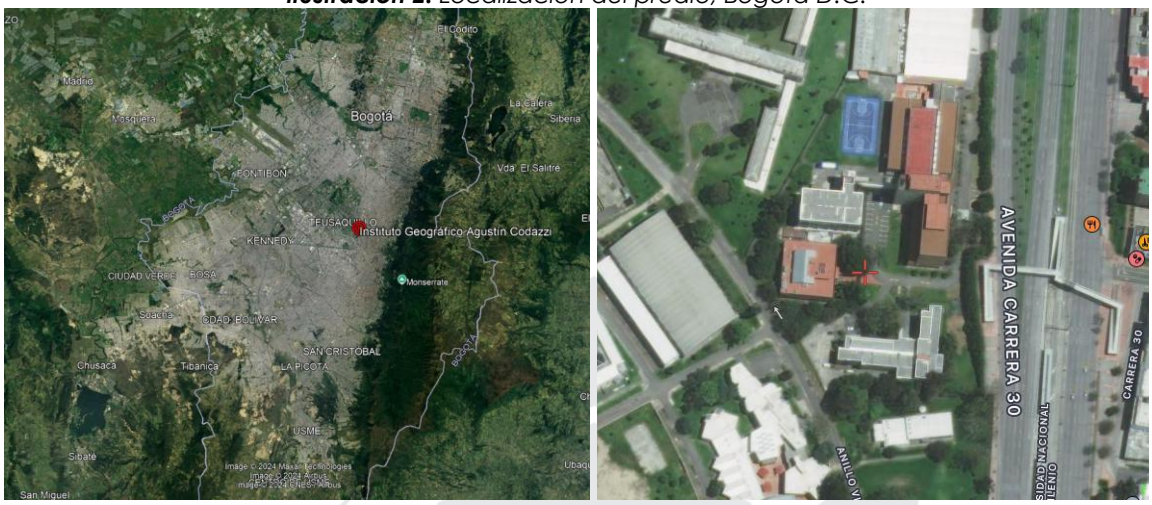
El proyecto tiene como objeto realizar los estudios y diseños para la adecuación funcional del edificio del Laboratorio Nacional de Suelos de la sede central del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Este laboratorio se encuentra en Bogotá, específicamente en las coordenadas 4°38'17.7"N y 74°04'50.1"O, en la intersección de la carrera 30 con la calle 48-51. La ubicación del laboratorio está en las proximidades de la Universidad Nacional de Bogotá.

Ilustración 1. *Límites del Instituto Geográfico Agustín Codazzi*



Fuente: *Elaboración INDESO SAS BIC, 2024.*

Ilustración 2. *Localización del predio, Bogotá D.C.*



Fuente: *Google Earth Satélites Pro, e intervenido por INDESCO SAS BIC, 2024.*

6. HISTORIA Y USOS DE LA ESTRUCTURA

El laboratorio nacional de suelos es uno de los edificios que hacen parte de la sede central del instituto geográfico Agustín Codazzi, este se encarga de realizar análisis físicos, químicos y biológicos de muestras de suelo. Su principal objetivo es evaluar la calidad del suelo y proporcionar información valiosa para la gestión del territorio y la agricultura en Colombia. Dentro de sus principales funciones se encuentra análisis de calidad de suelos, estudios de clasificación de suelos, investigación y desarrollo, generación de datos y estadísticas, análisis de impacto ambiental entre otras funciones.

El Laboratorio Nacional de Suelos se inauguró y consolidó como una entidad especializada en 1974. Teniendo en cuenta esto y que la primera normativa sismo resistente aplicada en Colombia fue en 1984 (NSR-84), posiblemente al momento de diseñar y construir esta edificación los ingenieros utilizaban referencias de normativas extranjeras como por ejemplo la ACI sin embargo estas normativas no estaban adaptadas al contexto sísmico colombiano, pero en su momento se enfocaban más en la estabilidad y durabilidad de las edificaciones generando elementos bastante robustos. Según la información brindada por la entidad para realizar el presente contrato de estudios y diseños a esta edificación no se le ha realizado ninguna intervención ni actualización hace más de 50 años.

Ilustración 3. *Laboratorio Nacional de Suelos*



***Fuente*:** *Elaboración INDESO SAS BIC, 2024.*

7. VERIFICACION DE LA CUBIERTA EXISTENTE

7.1 Alternativas Bioclimáticas

Dentro de los aspectos estructurales que se verifican de las propuestas entregadas, se analizan las características de los materiales que impactan la estructura vigente y cuáles de estas limitan la implementación y de qué manera, concluyendo con la viabilidad de la implementación de las propuestas.

En los aspectos que se tienen en cuenta para la validación de la alternativa que se propone en el informe bioclimático, se añadió el parámetro del tamaño de las láminas, debido a que se encontró una desproporción de los tamaños ocasionado por la relación de las distancias de apoyos de las láminas y las distancias utilizadas en la estructura existente, como se muestra a continuación.

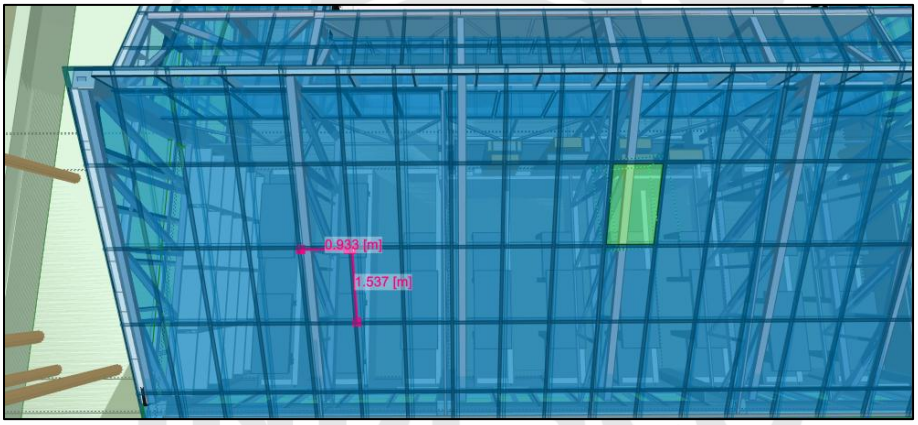
Ilustración 4. *Distancia máxima por catálogo entre apoyos para lamina*

Espesor (mm)	Distanciamiento entre apoyos en (m)	
	Superficies Planas	Superficies Curvas
1	0.25	0.65
2	0.35	0.75
3	0.40	0.80
4*	0.50	0.90
6*	0.70	1.10
8*	0.80	1.20
10*	0.90	1.30
12*	1.10	1.50

Fuente: *Ficha técnica Lamina PC maciza ARKOS.*

Según esto, la distancia máxima de apoyos para una lámina no debe superar los 1.10 metros.

Ilustración 5. *Medidas de estructura existente*



Fuente: *Elaboración INDESO SAS BIC, 2025.*

Como se muestra en *Ilustración 4,* la diferencia implica que la estructura existente supera el espaciamiento máximo indicado en la ficha técnica, ya que el espacio actual supera los 1.4 m, muy por encima de la distancia máxima posible. Esto implica que, para realizar la modificación, se requerirá de cambios estructurales en la estructura vigente, lo que conlleva a una variación que atienda las necesidades incurridas por la propuesta y además a su vez respondan por la carga generada de los elementos que se incluyan en la estructura para cumplir con las limitaciones de distancia.

Por lo anterior, es necesario realizar un nuevo diseño para la cubierta del invernadero, debido a que la integración de perfiles más robustos que cumplan con la distancia permitida entre los apoyos para las láminas genera cambios considerables, aumentando las cargas en la estructura existente la cual no soportaría estos incrementos.

Adicionalmente, se tiene previsto implementar un equipo del sistema de HVAC en la parte aledaña a la cubierta, como se observa en la siguiente imagen. Lo que implica un sobreesfuerzo en la estructura del laboratorio con una carga muerta adicional de aproximadamente **350kg/m² a 400kg/m²**, para el cual no fue diseñado previamente.

Por lo anterior, es importante tener en cuenta que al realizar un nuevo diseño implicara un cambio en las cargas de la estructura mayores a las existentes, lo que conlleva a tener que realizar un análisis de vulnerabilidad y un posible reforzamiento estructural para estas nuevas condiciones.

Ilustración 6. *Equipo de Sistema HVAC y Cubierta del Invernadero.*



Fuente: *Modelo de Revit.*

8. NUEVO DISEÑO PARA LA CUBIERTA

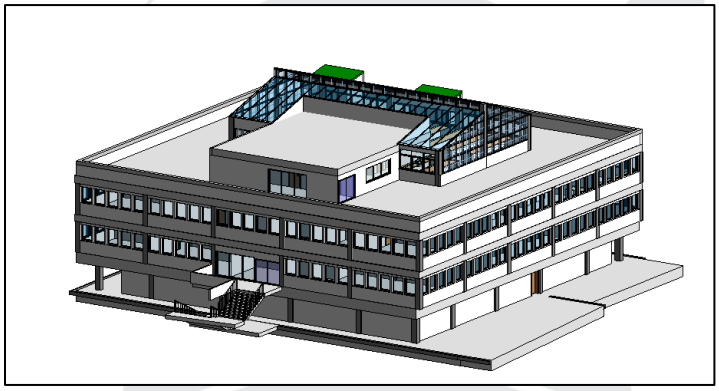
8.1 Descripción del proyecto

Nombre: Cubierta para el invernadero en el laboratorio nacional de suelos de la sede central del instituto geográfico Agustín Codazzi.

Localización: Bogotá D.C.

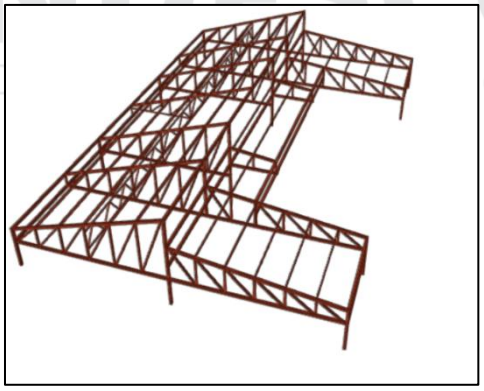
Fecha de elaboración del diseño estructural: Abril 2025.

Ilustración 7. *Modelo 3D – Laboratorio Nacional de Suelos*



Fuente: *Elaboración INDESO SAS BIC, 2025.*

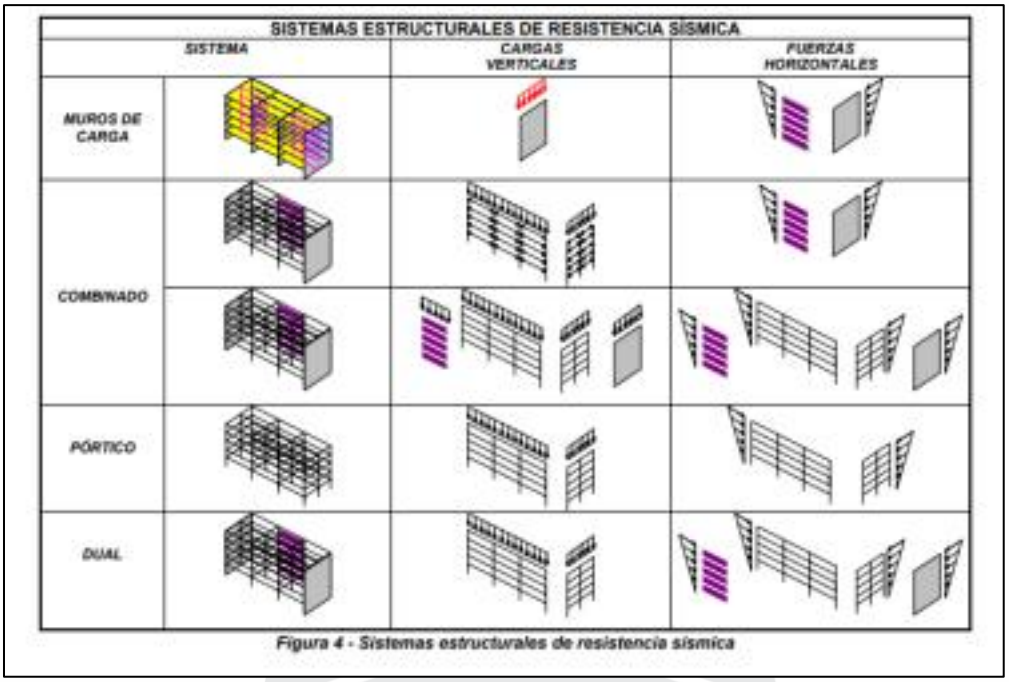
Ilustración 8. *Modelo de la Cubierta - Laboratorio Nacional de Suelos*



Fuente: *Programa de diseño, CYPE.*

Tipo de Estructura: Cubierta, destinada para un invernadero, se encuentra ubicada en la zona superior del laboratorio nacional de suelos de la sede central del instituto geográfico Agustín Codazzi. Según la NSR-10, se tiene la siguiente clasificación del sistema estructural:

Ilustración 9. *Sistemas estructurales de resistencia sísmica NSR-10.*



Fuente: *NSR-10.*

Para la elección del grado de disipación de energía, se tiene en cuenta la localización y zona de amenaza sísmica, para **Bogotá D.C.** la zona de amenaza sísmica será **intermedia**, tal como se puede evidenciar en el apéndice A-4 de la NSR-10.

Ilustración 10. *Apéndice A-4 NSR-10*

Distrito Capital

Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Bogotá D. C.	11001	0.15	0.20	Intermedia	0.13	0.06

Fuente: *NSR-10.*

El sistema estructural que se tendrá en cuenta es:

- Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad mínima de disipación de energía (DMI).

Ilustración 11. *Tabla A 3-3 Sistema Estructural*

3. Pórticos resistentes a momentos con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)							
a. De concreto (DMI)	el mismo	**2.5**	**3.0**	No se permite	No se permite	si	Sin límite
b. De acero (DMI)	el mismo	**3.0**	**2.5**	No se permite (Nota 5)	No se permite (Nota 5)	si	Sin límite
c. Mixtos con conexiones totalmente restringidas a momento (DMI)	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	**3.0**	**3.0**	No se permite (Nota 5)	No se permite (Nota 5)	si	Sin límite

5. Se permite hasta una altura de 20 m en edificios de un piso (naves industriales o similares) que no sean del grupo de Uso IV, los cuales podrán ser diseñados con los requisitos establecidos en el Capítulo F.2 del Título F, pero con R0= 1.5 y Ω0 = 1.0.

Fuente: *NSR-10.*

Según la información anterior, se obtiene que:

- Cubierta invernadero: R0 = 3.0 y Ω0 = 2.5, pero según nota 5 **R0 = 1.5** y **Ω0 = 1.0.**

8.2 Consideraciones geotécnicas

Para este proyecto se siguieron las recomendaciones dadas por el ingeniero de suelos:

El proyecto se encuentra ubicado en la zona Lacustre 200, del mapa de respuesta sísmica, según el decreto 523 del 16 de diciembre de 2010, correspondiente a la microzonificación sísmica de la ciudad de Bogotá.

El perfil estratigráfico se puede catalogar como tipo F, de acuerdo con las definiciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10, y el parágrafo 5.14 del decreto 523 del 16 de diciembre de 2010.

El lote no se encuentra en zona de riesgo de amenaza por fenómenos de remoción en masa, según mapa del DPAE (Guerrero P. Jose W., 2025, estudio de suelos).

8.3 Grupo de uso

El grupo de uso de esta estructura será **II**, por ende, el coeficiente de importancia será de **1.10**, según la siguiente información:

Ilustración 12. *Tabla A.2.5-1 Valores del Coeficiente de Importancia, I*

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Fuente: *NSR-10.*

8.4 Parámetros sísmicos y espectro

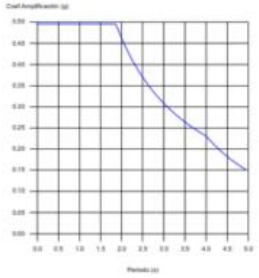
De acuerdo con la localización del proyecto: Bogotá Distrito Capital, el perfil de suelo tipo **F** (ver estudio de suelos), coeficiente de importancia **1.10**

Los parámetros sísmicos serán:

Ilustración 13. *Cálculo del Espectro de Diseño (Elástico de Aceleraciones).*

1.2. Espectro de cálculo

1.2.1. Espectro elástico de aceleraciones



Coef.Amplificación:

$S_{ae} = 2.5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I$ $\quad T \le T_C$

$S_{ae} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T}$ $\quad T_C \le T \le T_L$

$S_{ae} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2}$ $\quad T \ge T_L$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.495 g.

NSR-10 (D° 523, Artículo 4 - Fig 3.2)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — A_a : 0.15 g

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — A_v : 0.20 g

F_v: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (D° 523, Tabla 3) — F_v : 1.20

Microzonificación sísmica (D° 523, Artículo 4): Lacustre 200

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (D° 523, Tabla 3) — F_a : 3.50
Microzonificación sísmica (D° 523, Artículo 4): Lacustre 200

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5) — I : 1.10
Tipo de edificación: II

T_c: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (D° 523, Tabla 3) — T_c : 1.87 s
Microzonificación sísmica (D° 523, Artículo 4): Lacustre 200

T_l: Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (D° 523, Tabla 3) — T_l : 4.00 s
Microzonificación sísmica (D° 523, Artículo 4): Lacustre 200

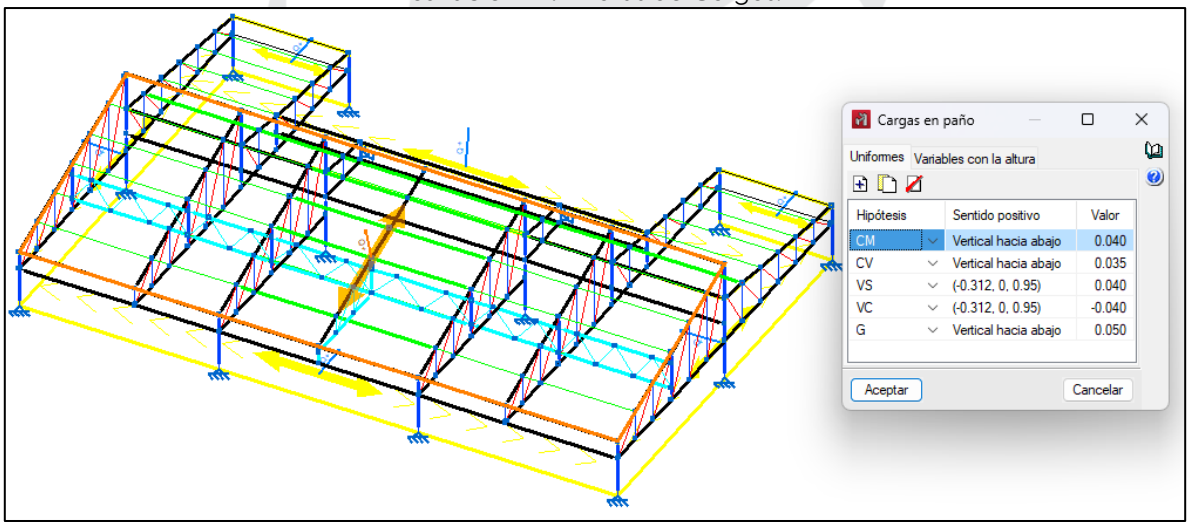
Fuente: *Programa de diseño, CYPE.*

8.5 Análisis de Cargas

Para el análisis de carga se tiene en cuenta el titulo B de la NSR-10 cargas vivas, cargas muertas, cargas de viento y granizo y demás consideraciones para el cálculo, como se muestra a continuación:

- Carga Muerta (CM): **0.040 Tonf/m²**
- Carga Viva (CV): **0.035 Tonf/m²**
- Granizo: **0.050 Tonf/m²**
- Viento: **0.040 Tonf/m²**

Ilustración 14. *Análisis de Cargas.*



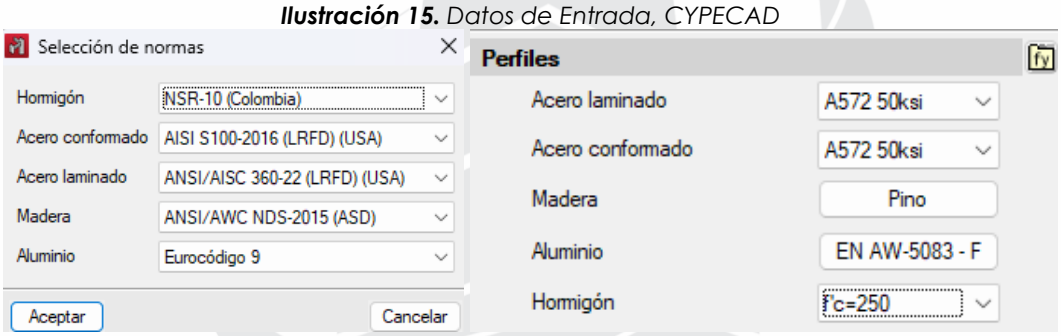
Fuente: Programa de diseño, CYPE.

9. DATOS GEOMETRICOS DE GRUPOS, PLANTAS Y CARGAS

9.1 Datos de Entrada

En los anexos **datos de entrada - geometría**, se podrá evidenciar los materiales y nodos de la cubierta, como la resistencia de los perfiles en acero que será de A572. A continuación, se presenta el material y las cargas actuantes, cabe resaltar que dependiendo de la pendiente de la cubierta la carga viva de mantenimiento se ve afectada.

Ilustración 15. *Datos de Entrada, CYPECAD*



Fuente: *Programa de diseño, CYPE.*

Ilustración 16. *Materiales Utilizados.*

2.1.2.1. Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E (kp/cm²)	ν	G (kp/cm²)	f_y (kp/cm²)	α_t (m/m°C)	γ (t/m³)
Tipo	Designación						
Acero conformado	A572 50ksi	2069317.0	0.300	795891.2	3516.8	0.000012	7.850

Notación:
E: Módulo de elasticidad
n: *Módulo de poisson*
G: Módulo de elasticidad transversal
f_y: *Límite elástico*
a $_t$: *Coeficiente de dilatación*
g: *Peso específico*

Fuente: *Programa de diseño, CYPE.*

Ilustración 17. *Geometría de la Estructura.*

2. ESTRUCTURA

2.1. Geometría

2.1.1. Nudos

Referencias:

Δ_x, Δ_y, Δ_z: Desplazamientos prescritos en ejes globales.

θ_x, θ_y, θ_z: Giros prescritos en ejes globales.

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.

Nudos

Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N2	0.000	0.000	1.900	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N3	6.400	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N4	6.400	0.000	1.900	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N5	12.800	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N6	12.800	0.000	1.900	-	-	-	-	-	-	Empotrado

Fuente: *Programa de diseño, CYPE.*

Ilustración 18. *Descripción del material en la Estructura.*

2.1.2.2. Descripción

Descripción

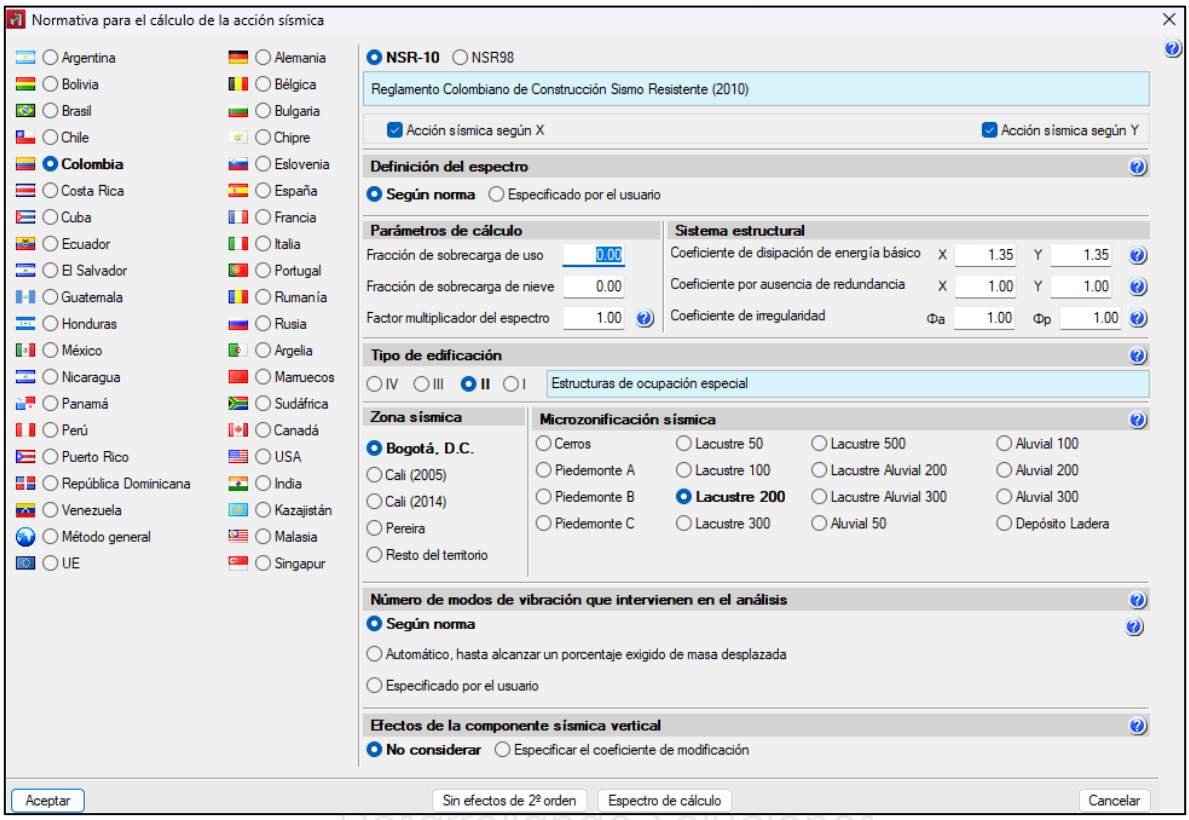
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	Lb_{sup} (m)	Lb_{inf} (m)
Tipo	Designación								
Acero conformado	A572 50ksi	N1/N49	N1/N2	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	1.300	1.00	1.00	-	-
		N49/N2	N1/N2	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	0.600	1.00	1.00	-	-
		N3/N50	N3/N21	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	1.300	1.00	1.00	-	-
		N50/N4	N3/N21	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	0.600	1.00	1.00	-	-
		N4/N22	N3/N21	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	0.880	1.00	1.00	-	-
		N22/N21	N3/N21	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	1.220	1.00	1.00	-	-
		N5/N51	N5/N6	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	1.300	1.00	1.00	-	-
		N51/N6	N5/N6	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	0.600	1.00	1.00	-	-
		N7/N61	N7/N8	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	1.300	1.00	1.00	-	-
		N61/N8	N7/N8	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	0.600	1.00	1.00	-	-
		N9/N140	N9/N10	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	1.300	1.00	1.00	-	-
		N140/N10	N9/N10	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	0.600	1.00	1.00	-	-
		N11/N62	N11/N12	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	1.300	1.00	1.00	-	-
		N62/N12	N11/N12	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	0.600	1.00	1.00	-	-
		N13/N139	N13/N14	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	1.300	1.00	1.00	-	-
		N139/N14	N13/N14	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	0.600	1.00	1.00	-	-
		N15/N58	N15/N16	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	1.300	1.00	1.00	-	-
		N58/N16	N15/N16	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	0.600	1.00	1.00	-	-
		N17/N59	N17/N18	ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm (Perfil estructural cuadrado)	1.300	1.00	1.00	-	-

Fuente: *Programa de diseño, CYPE.*

10. ACCIONES CONSIDERADAS

Para los respectivos análisis estructurales, cabe resaltar que el programa CYPECAD Y CYPE 3D trae consigo integrada la normativa colombiana NSR-10, por lo tanto, al momento de ingresar los parámetros al software estos serán los propios del código colombiano.

Ilustración 19. *Datos de Entrada Sismo, CYPE 3D*



Fuente: *Programa de diseño, CYPE.*

Una vez finalizada el ingreso de datos de entrada y cargas, se procede al análisis estructural de cada módulo, los resultados se podrán verificar con detenimiento en la memoria de cálculo **resultados y acción sísmica**.

Una vez corrido el programa se verifican derivas y los modos de vibración, periodo, participación y ajuste de la masa. En el anexo **justificación sísmica** encontrara la información aquí presentada. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Ilustración 20. *Análisis Sísmico.*

SISMO

Norma utilizada: NSR-10

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010)
Decreto Nº 523 de 16 de diciembre de 2010 (Microzonificación sísmica de Bogotá D.C.)

Método de cálculo: Análisis dinámico espectral (NSR-10, A.3.4.2.2)

1.1. Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — A_a : 0.15 g
A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — A_v : 0.20 g
Microzonificación sísmica (Dº 523, Artículo 4): Lacustre 200

Sistema estructural

R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3) — R_{0X} : 1.35
R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3) — R_{0Y} : 1.35
F_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5) — F_a : 1.00
F_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4) — F_p : 1.00
F_{aX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8) — F_{aX} : 1.00
F_{aY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8) — F_{aY} : 1.00
Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Regular

Tipo de edificación (NSR-10, A.2.5): II

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma
Fracción de sobrecarga de uso : 0.00
Fracción de sobrecarga de nieve : 0.00
Factor multiplicador del espectro : 1.00

Efectos de la componente sísmica vertical

No se consideran

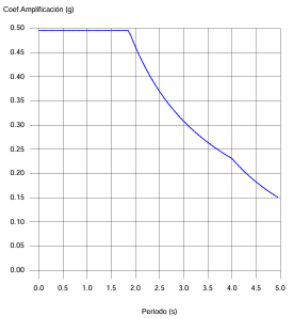
No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X
Acción sísmica según Y

1.2. Espectro de cálculo

1.2.1. Espectro elástico de aceleraciones



Coef.Amplificación:

$$S_{ae} = 2.5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I \qquad T \le T_C$$

$$S_{ae} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \qquad T_C \le T \le T_L$$

$$S_{ae} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \qquad T \ge T_L$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.495 g.

NSR-10 (Dº 523, Artículo 4 - Fig 3.2)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — A_a : 0.15 g
A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — A_v : 0.20 g

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (Dº 523, Tabla 3) — F_a : 1.20
Microzonificación sísmica (Dº 523, Artículo 4): Lacustre 200

F_v: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (Dº 523, Tabla 3) — F_v : 3.50
Microzonificación sísmica (Dº 523, Artículo 4): Lacustre 200

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5) — I : 1.10
Tipo de edificación: II

T_c: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (Dº 523, Tabla 3) — T_c : 1.87 s
Microzonificación sísmica (Dº 523, Artículo 4): Lacustre 200

T_l: Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (Dº 523, Tabla 3) — T_l : 4.00 s
Microzonificación sísmica (Dº 523, Artículo 4): Lacustre 200

1.2.2. Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R} \qquad R \geq 1$$

Coeficiente de capacidad de disipación de energía (NSR-10, A.3.3.3)

R_X: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (X)

$$R_X = MIN(R_{Xi}, 1.25 \cdot R_{Yi})$$

R_Y: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (Y)

$$R_Y = MIN(R_{Yi}, 1.25 \cdot R_{Xi})$$

R_{Xi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X) — R_{Xi} : 1.35

$$R_X = \phi_a \cdot \phi_p \cdot \phi_r \cdot R_{0X}$$

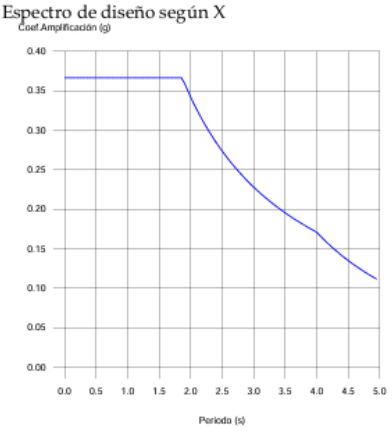
R_{Yi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y) — R_{Yi} : 1.35

$$R_Y = \phi_a \cdot \phi_p \cdot \phi_r \cdot R_{0Y}$$

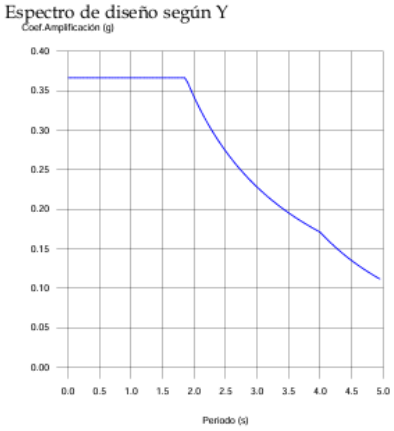
Donde:

R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3) — R_{0X} : 1.35
R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3) — R_{0Y} : 1.35
F_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5) — F_a : 1.00
F_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4) — F_p : 1.00
F_{rX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8) — F_{rX} : 1.00
F_{rY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8) — F_{rY} : 1.00

Espectro de diseño según X



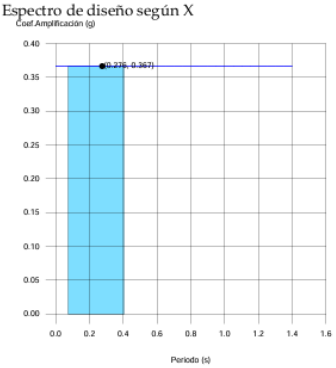
Espectro de diseño según Y



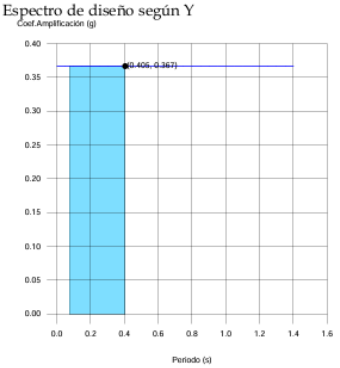
Modo	T	L_x	L_y	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.405	0.0007	1	0 %	66.17 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 14.9272 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 14.9272 mm
Modo 2	0.277	0.8681	0.4963	9.02 %	2.95 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 6.97102 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 6.97102 mm
Modo 3	0.276	0.9949	0.1012	51.67 %	0.53 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 6.92095 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 6.92095 mm
Modo 4	0.227	1	0.001	12.86 %	0 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 4.70562 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 4.70562 mm
Modo 5	0.220	0.0475	0.9989	0 %	0.08 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 4.40512 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 4.40512 mm
Modo 6	0.206	0.1822	0.9833	0.49 %	14.17 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 3.86265 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 3.86265 mm
Modo 7	0.204	0.7279	0.6857	2.49 %	2.21 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 3.77658 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 3.77658 mm
Modo 8	0.187	0.8548	0.519	3.55 %	1.31 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 3.19262 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 3.19262 mm
Modo 9	0.187	0.6097	0.7926	1.5 %	2.53 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 3.17093 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 3.17093 mm
Modo 10	0.150	0.9998	0.0184	0.04 %	0 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 2.05437 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 2.05437 mm
Modo 11	0.123	0.8596	0.511	0.3 %	0.11 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 1.37503 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 1.37503 mm
Modo 12	0.122	0.0476	0.9989	0.01 %	4.43 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 1.36705 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 1.36705 mm
Modo 13	0.116	0.1387	0.9903	0 %	0.07 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 1.22941 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 1.22941 mm
Modo 14	0.114	0.7049	0.7093	0 %	0 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 1.17777 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 1.17777 mm

Modo 15	0.085	0.0044	1	0 %	3.12 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 0.65792 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 0.65792 mm
Modo 16	0.078	0.0163	0.9999	0 %	0.27 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 0.5614 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 0.5614 mm
Modo 17	0.078	0.9821	0.1882	0.12 %	0 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 0.55398 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 0.55398 mm
Modo 18	0.076	0.9888	0.1493	0.64 %	0.01 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 0.52185 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 0.52185 mm
Modo 19	0.074	1	0.0083	11.72 %	0 %	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 0.50029 mm	R = 1.35 A = 3.597 m/s² D = 0.50029 mm
Total				94.41 %	97.96 %		

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



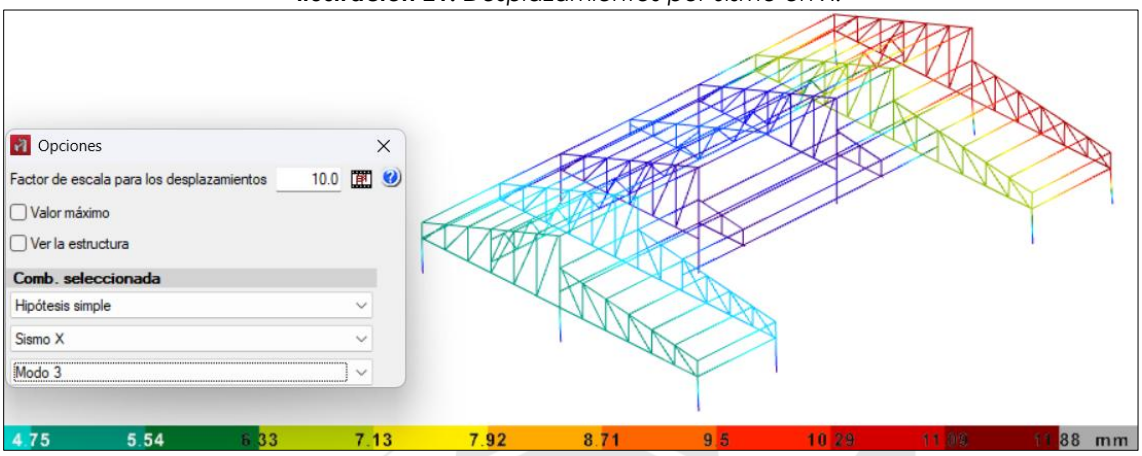
Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.276	0.367

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.405	0.367

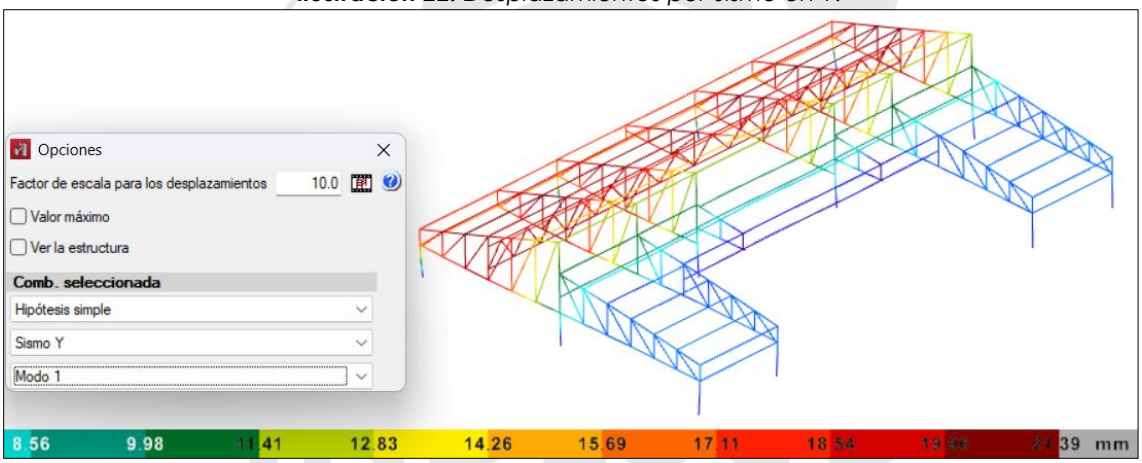
Fuente: *Programa de diseño CYPE.*

Ilustración 21. *Desplazamientos por Sismo en X.*



Fuente: *Programa de diseño CYPE.*

Ilustración 22. *Desplazamientos por Sismo en Y.*



Fuente: *Programa de diseño CYPE.*

Como se puede observar los desplazamientos máximos en la estructura metálica se presentan en la cubierta debido a su rigidez con valores para sismo **X 11.88mm** y para el sismo **Y 21.39mm**, mientras que en la columna es de **17.11 mm** aproximadamente.

Con respecto a los desplazamientos la NSR-10 en A.6.4.1.5 establece que no existen límites para estructuras de 1 piso, siempre y cuando se acomoden las derivas para los muros y elementos no estructurales. Por tal motivo la edificación cumple los requisitos sismorresistentes.

Ilustración 23. *Límite de deriva edificaciones 1 piso NSR-10*

A.6.4.1.5 — No hay límites de deriva en edificaciones de un piso, siempre que los muros y las particiones interiores y exteriores así como los cielorrasos se diseñen para acomodar las derivas del piso.

Fuente: *NSR-10, Título A.*

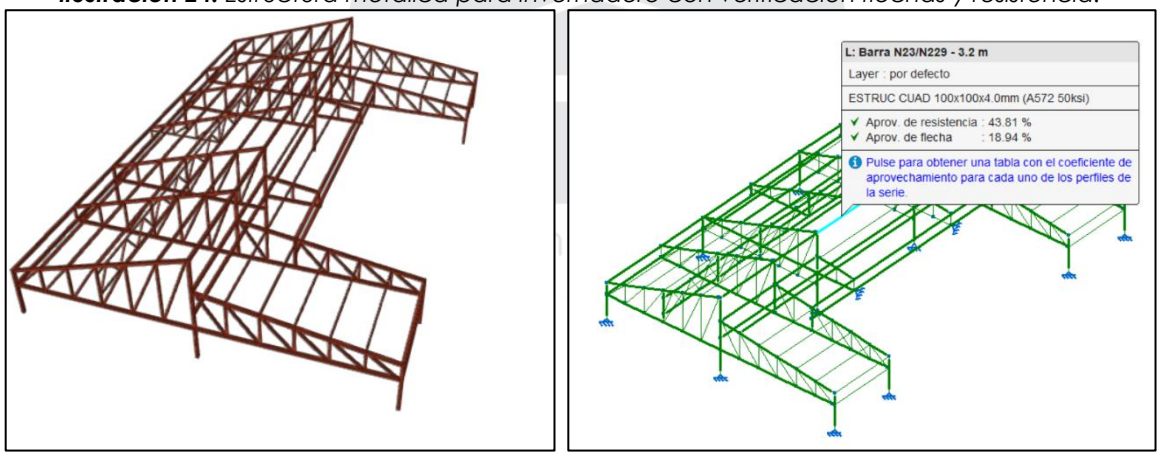
11. INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL PROGRAMA CPECAD

El programa de diseño estructural CYPECAD tiene la normativa NSR-10 integrada, por lo que cada elemento del proyecto en sus respectivos reportes, se podrá evidenciar la geometría, sección, acero y verificaciones normativas como separaciones mínimas, flechas, resistencia y demás. Entre los cuales se destacan los más importantes y los que las entidades solicitan con mayor frecuencia:

Estructura metalica:

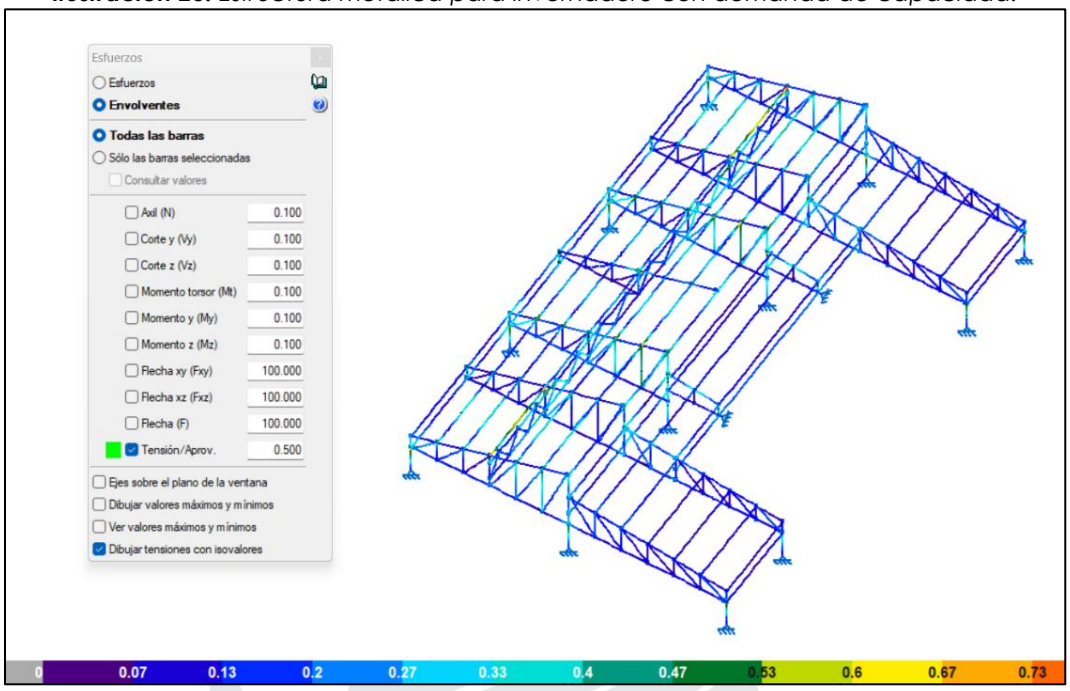
Para las uniones de la estructura metálica de cubierta, la cual fue diseñada en el programa CYPE3D se verifica las flechas con el criterio L/180 y también la resistencia de cada elemento. Una vez finalizada la etapa de comprobación, se procede a diseñar las conexiones y placas de anclaje. A continuación, se presentan los resultados y un ejemplo de conexiones, las demás verificaciones y diseños se podrán ver en los anexos estructura de la cubierta.

Ilustración 24. *Estructura metálica para invernadero con verificación flechas y resistencia.*



Fuente: *Programa de diseño CYPE.*

Ilustración 25. *Estructura metálica para invernadero con demanda de capacidad.*

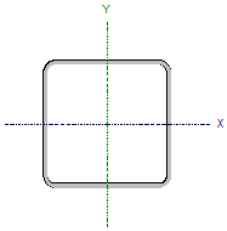


Fuente: *Programa de diseño CYPE.*

Para las cubiertas metálicas se presenta el cumplimiento de las secciones usadas, este mismo procedimiento se puede verificar en los anexos comprobaciones de barras, a continuación, se muestran los perfiles utilizados en la estructura:

Ilustración 26. *Columna de apoyo, cuadrado 100x100x4.0mm*

Perfil: ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm
Material: Acero (A572 50ksi)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x [1] (cm4)	I_y [1] (cm4)	I_t [2] (cm4)
N45	N46	6.400	14.80	222.21	222.21	363.16

Notas:
[1] Inercia respecto al eje indicado
[2] Momento de inercia a torsión uniforme

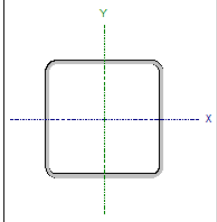
	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_k	6.400	6.400	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_k: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

Fuente: *Programa de diseño CYPE.*

Dirección: Av. Calle 26 No 85D - 55 Local A122 y A123
Centro Empresarial Dorado Plaza
Bogotá D.C. Colombia
PBX: (+57) (601) 467 4681/ Móvil: (57) 322 829 13 64
comercial@indesco.com.co

Ilustración 27. *Columna de apoyo, cuadrado 100x100x4.0mm*



Perfil: ESTRUC CUAD 100x100x4.0mm
Material: Acero (A572 50ksi)

Nudos		Longitud (m)	Característicasmecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x (1) (cm4)	I_y (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N45	N46	6.400	14.80	222.21	222.21	363.16

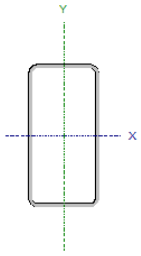
Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_k	6.400	6.400	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_k: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

Fuente: *Programa de diseño CYPE.*

Ilustración 28. *Estructural Rectangular 100x50x3.0mm*



Perfil: ESTRUC RECT 100x50x3.0mm
Material: Acero (A572 50ksi)

Nudos		Longitud (m)	Característicasmecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x (1) (cm4)	I_y (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N236	N241	6.400	8.32	104.20	35.43	88.75

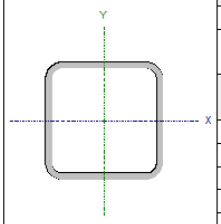
Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_k	6.400	6.400	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_k: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

Fuente: *Programa de diseño CYPE.*

Ilustración 29. *Estructural Cuadrado 50x50x3.0mm*



Perfil: ESTRUC CUAD 50x50x3.0mm
Material: Acero (A572 50ksi)

Nudos		Longitud (m)	Característicasmecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x (1) (cm4)	I_y (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N216	N215	1.600	5.32	18.86	18.86	32.12

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

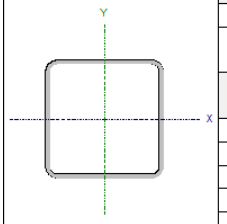
	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_k	1.600	1.600	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_k: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

Fuente: *Programa de diseño CYPE.*

Ilustración 30. *Estructural Cuadrado 70x70x3.0mm*

Perfil: ESTRUC CUAD 70x70x3.0mm
Material: Acero (A572 50ksi)



Nudos		Longitud (m)	Característicasmecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x [1] (cm4)	I_y [1] (cm4)	I_t [2] (cm4)
N134	N133	1.965	7.72	56.38	56.38	92.69

Notas:
[1] Inercia respecto al eje indicado
[2] Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_k	1.965	1.965	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_k: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

Fuente: *Programa de diseño CYPE.*

Uniones: Una vez finaliza la revisión de los elementos estructurales, procedemos a realizar el diseño de las conexiones, las cuales serán soldadas entre elementos. Y las uniones al concreto se realizan mediante placas de anclaje. Se presenta un ejemplo de cada tipo, las demás conexiones se podrán verificar en los anexos y planos estructurales.

- **Unión soldada.**

Ilustración 31. *Ejemplo de la Unión Soldada.*

Ítem del proyecto CON1

Diseño

Nombre	CON1
Descripción	
Análisis	Tensión, deformación/ Cargas en equilibrio
Normativa de cálculo	AISC - LRFD (2022)

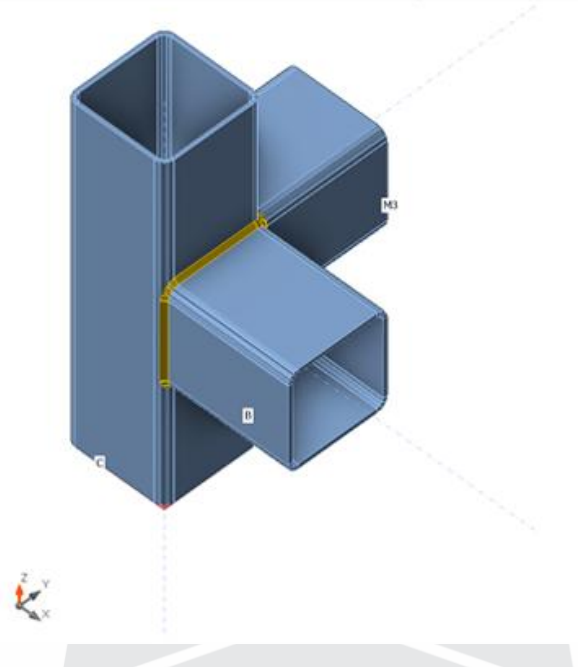
Elementos

Geometría

Nombre	Sección transversal	β – Dirección [°]	γ - Inclinación [°]	α - Rotación [°]	Desplazamiento ex [mm]	Desplazamiento ey [mm]	Desplazamiento ez [mm]
C	3 - RHS100x100	0.0	90.0	0.0	0	0	0
B	3 - RHS100x100	0.0	0.0	0.0	0	0	0
M3	3 - RHS100x100	90.0	0.0	0.0	0	0	0

Apoyos y fuerzas

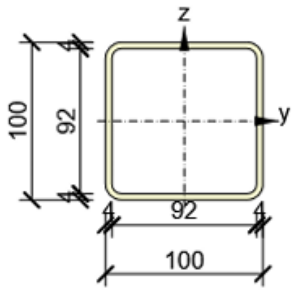
Nombre	Apoyo	Fuerzas en	X [mm]
C / inicial	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nodo	0
C / final		Nodo	0
B / final		Nodo	0
M3 / final		Nodo	0



Secciones

Nombre	Material
3 - RHS100x100	A572 Gr.50

Secciones

Nombre	Material	Dibujo
3 - RHS100x100	A572 Gr.50	

Cargas (Fuerzas en equilibrio)

Nombre	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	C / Inicial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	C / Finalizar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	B / Finalizar	9.7	-0.5	-1.7	0.0	-3.2	1.0
	M3 / Finalizar	15.0	1.5	-1.2	0.0	-4.2	0.1

Verificación

Resumen

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	OK
Placas	0.3 < 5.0%	OK
Deformación loc.	0.2 < 3%	OK
Soldaduras	81.4 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	
GMNA	Calculado	

Placas

Nombre	t_p [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Estado
C	4.0	LE1	310.9	0.3	0.0	OK
B	4.0	LE1	227.0	0.0	0.0	OK
M3	4.0	LE1	267.3	0.0	0.0	OK

Datos de diseño

Material	F_y [MPa]	ε_{lim} [%]
A572 Gr.50	344.7	5.0

Explicación del símbolo

t_p	Espesor de placa
σ_{Ed}	Tensión equivalente
ε_{Pl}	Deformación plástica
$\sigma_{c,Ed}$	Tensiones de Contacto
F_y	Límite elástico
ε_{lim}	Límite de la deformación plástica

Resultado detallado para C

Design values used in the analysis

$\phi F_y =$ 310.3 MPa

Donde:

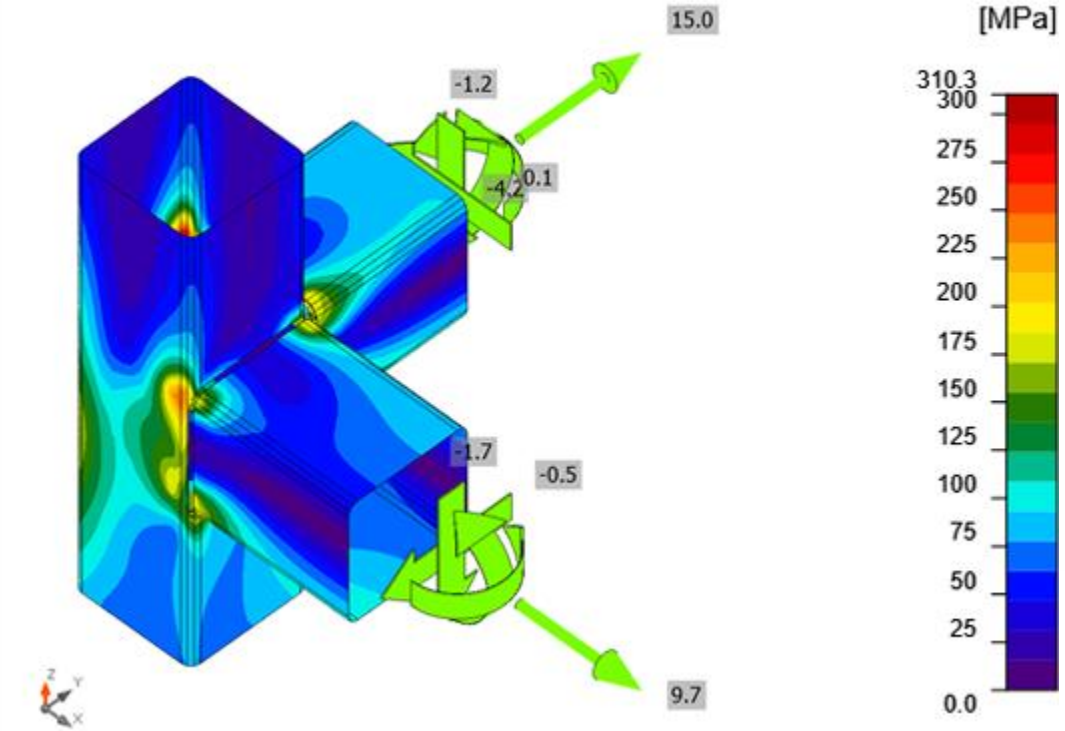
$F_y = 344.7$ MPa – characteristic yield strength

$\phi = 0.90$ – resistance factor for steel material AISC 360-22 – B3.1

Deformación loc.

Nombre	d_0 [mm]	Cargas	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	δ/d_0 [%]	Estado de la verificación
C	100	LE1	0	3	0.2	OK
B	100	LE1	0	3	0.0	OK
M3	100	LE1	0	3	0.0	OK

Verificación de deformación, LE1



Soldaduras

Ítem	Borde	Xu	t_w [mm]	w [mm]	L [mm]	L_c [mm]	Cargas	F_n [kN]	ϕR_n [kN]	Ut [%]	Detallado	Estado
C-w 1	B	E70xx	◢ 2.8	◢ 4.0	368	4	LE1	3.0	3.8	78.3	Aceptar	OK
C-w 2	M3	E70xx	◢ 2.8	◢ 4.0	368	4	LE1	3.0	3.7	81.4	Aceptar	OK

Datos de diseño

Material	F_{exx} [MPa]
E70xx	482.6

Fuente: *Programa de diseño, IDEA STATICA.*

- **Unión conexión concreto placa base cubierta invernadero:** La conexión se diseñó en el programa *IDEA STATICA sin embargo teniendo en cuenta que la estructura se apoyara sobre unos pedestales existentes de 25x25cm es necesario el diseño de anclaje químico para evitar cualquier problema con los anclajes como el arrancamiento del hormigón por ende es necesario el anclaje químico de especificaciones AnchorFix-30x30 – Acero inoxidable F593 SH 5/8". (ver en los anexos).*

Ilustración 32. *Ejemplo de la Unión de Conexión en Concreto Placa.*

Ítem del proyecto CON17

Diseño

Nombre	CON17
Descripción	
Análisis	Tensión, deformación/ Cargas en equilibrio
Normativa de cálculo	AISC - LRFD (2022)

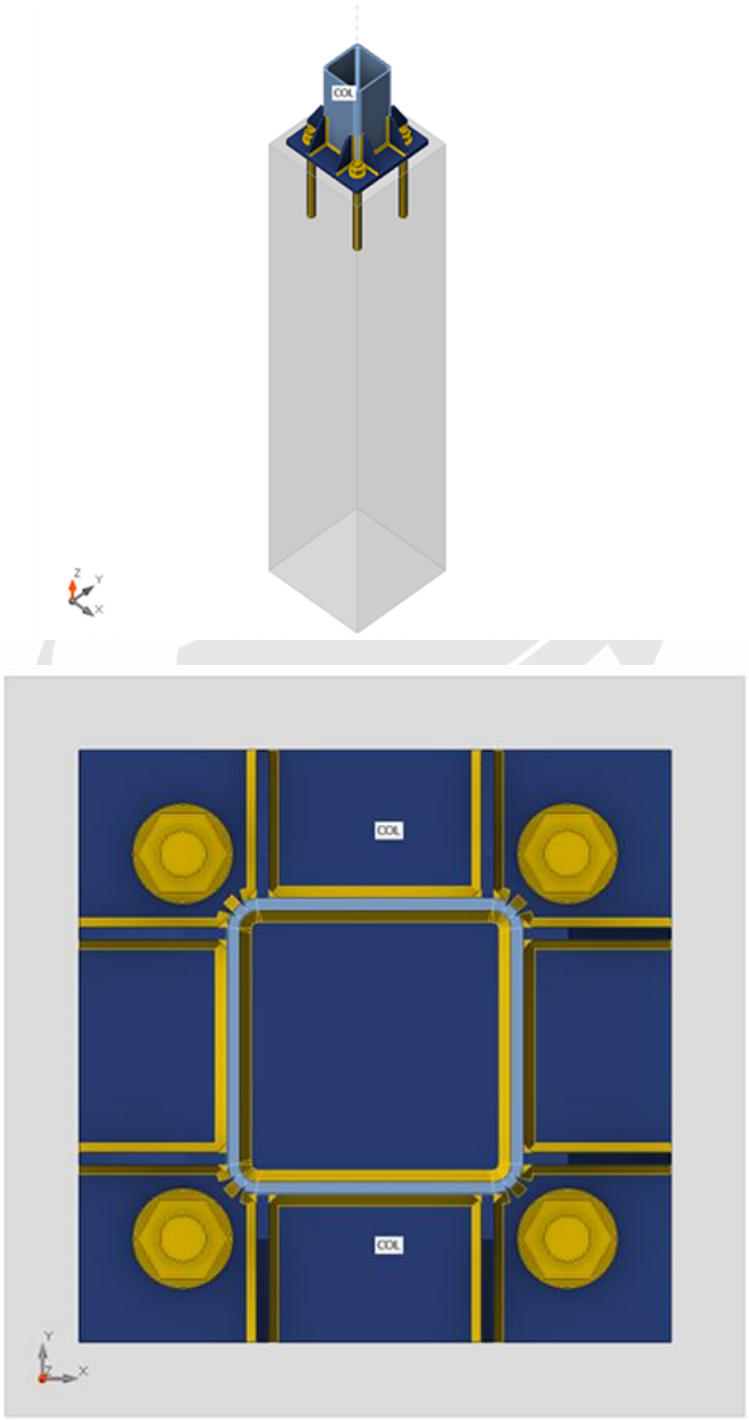
Elementos

Geometría

Nombre	Sección transversal	β – Dirección [°]	γ - Inclinación [°]	α - Rotación [°]	Desplazamiento ex [mm]	Desplazamiento ey [mm]	Desplazamiento ez [mm]
COL	3 - RHS100x100	0.0	90.0	0.0	0	0	0

Apoyos y fuerzas

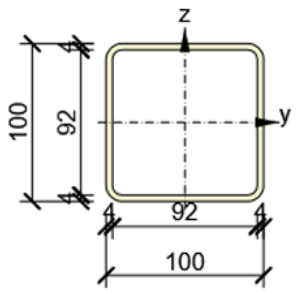
Nombre	Apoyo	Fuerzas en	X [mm]
COL / final		Nodo	0


COL
COL
COL

Secciones

Nombre	Material
3 - RHS100x100	A572 Gr.50

Secciones

Nombre	Material	Dibujo
3 - RHS100x100	A572 Gr.50	

Anclajes

Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [mm]	f_u [MPa]	Área bruta [mm^2]
5/8 A325	5/8 A325	16	827.4	198

Cargas (Fuerzas en equilibrio)

Nombre	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	COL / Finalizar	-76.6	-5.6	6.5	0.0	0.0	0.0

Fuerzas Desbalanceadas

Nombre	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	-6.5	-5.6	-76.6	0.0	0.0	0.0

Bloque de la cimentación

Ítem	Valor	Unidad
CB 1		
Dimensiones	250 x 250	mm
Profundidad	1200	mm
Anclaje	5/8 A325	
Longitud del anclaje	200	mm
Transferencia de la fuerza cortante	Anclajes	

Verificación

Resumen

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	OK
Placas	0.0 < 5.0%	OK
Deformación loc.	0.0 < 3%	OK
Anclajes	117.7 > 100%	**No OK!**
Soldaduras	25.1 < 100%	OK
Bloque de hormigón	13.7 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	

Placas

Nombre	t_p [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Estado
COL	4.0	LE1	103.4	0.0	0.0	OK
BP1	12.7	LE1	24.6	0.0	0.0	OK
RIB1a	4.0	LE1	63.3	0.0	0.0	OK
RIB1b	4.0	LE1	53.2	0.0	0.0	OK
RIB2a	4.0	LE1	51.8	0.0	0.0	OK
RIB2b	4.0	LE1	63.5	0.0	0.0	OK
RIB3a	4.0	LE1	45.3	0.0	0.0	OK
RIB3b	4.0	LE1	55.2	0.0	0.0	OK
RIB4a	4.0	LE1	56.5	0.0	0.0	OK
RIB4b	4.0	LE1	45.1	0.0	0.0	OK

Datos de diseño

Material	F_y [MPa]	ε_{lim} [%]
A572 Gr.50	344.7	5.0

Explicación del símbolo

t_p	Espesor de placa
σ_{Ed}	Tensión equivalente
ε_{Pl}	Deformación plástica
$\sigma_{c,Ed}$	Tensiones de Contacto
F_y	Límite elástico
ε_{lim}	Límite de la deformación plástica

Resultado detallado para COL

Design values used in the analysis

$\phi F_y =$ 310.3 MPa

Donde:

$F_y = 344.7$ MPa – characteristic yield strength

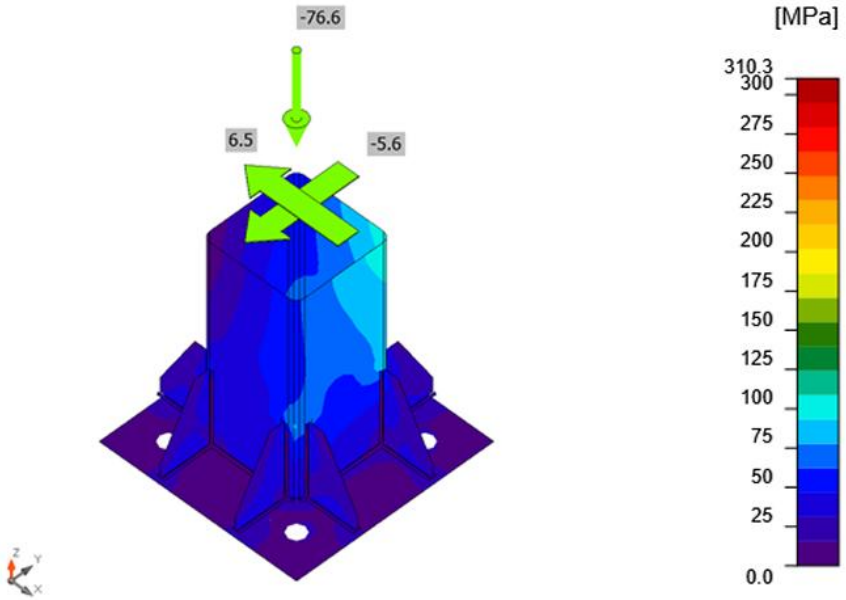
$\phi = 0.90$ – resistance factor for steel material AISC 360-22 – B3.1

Deformación loc.

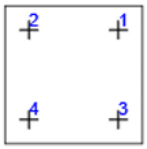
Nombre	d_0 [mm]	Cargas	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	δ/d_0 [%]	Estado de la verificación
COL	100	LE1	0	3	0.0	OK

Explicación del símbolo

d_0	Tamaño de la sección
δ	Deformación local de la sección
δ_{lim}	Deformación permitida



Anclajes

Forma	Ítem	Cargas	N_f [kN]	V [kN]	ϕV_{cbg} [kN]	ϕV_{cp} [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Detallado	Estado
	A1	LE1	0.0	2.1	6.4	30.5	0.0	110.3	117.7	Aceptar	No OK!
	A2	LE1	0.0	2.2	6.4	30.5	0.0	110.3	117.7	Aceptar	No OK!
	A3	LE1	0.0	2.1	-	30.5	0.0	28.2	12.1	Aceptar	OK
	A4	LE1	0.0	2.1	6.7	30.5	0.0	96.7	94.6	Aceptar	OK

Datos de diseño

Calidad	ϕN_{sa} [kN]	ϕV_{sa} [kN]
5/8 A325 - 1	84.4	47.0

Fuente: *Programa de diseño, IDEA STATICA.*

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Una vez finalizado el diseño de remodelación arquitectónico y teniendo en cuenta las nuevas cargas de la cubierta por los equipos MEP y el requerimiento de la nueva estructura metálica para el invernadero, **se recomienda realizar un análisis de vulnerabilidad** el cual dictaminara si es necesario plantear un reforzamiento estructural, debido a las solicitaciones nuevas a las que será sometida la estructura. Esto con el fin de validar que las modificaciones proyectadas no comprometen la seguridad sísmica del edificio construido antes de la entrada en vigor de la NSR-10, garantizando la seguridad y el cumplimiento de la normativa vigente.

2. Se realiza un análisis de cargas detallado para cada fase del proyecto, esto con la finalidad de prever todas las cargas a la cual la estructura estará sometida durante su vida útil.

3. Las cargas utilizadas en el proyecto corresponden a viva de cubierta, cargas muertas, viento y granizo; se incluye el sismo para verificar que la estructura cumple con los requisitos sismorresistentes.

4. Se brinda una solución para la cubierta del invernadero utilizando una estructura metálica, la cual estará apoyada sobre las columnas existentes del proyecto.

5. A todos los elementos estructurales se les dio la importancia que es debida, desde las columnas, vigas, hasta el detalle de placas base y uniones. Para ello se realizó un análisis de carga detallado con el fin de aproximarnos a las solicitaciones reales, en las cuales las edificaciones estarán expuestas en su vida útil. Es importante que durante la etapa de construcción se respeten los espesores, diámetros, traslapos, cordones de soldaduras, anclajes y demás especificaciones constructivas, las cuales surgen de un análisis y diseño estructural cumpliendo con las normativas y códigos legales vigentes.

6. Se recomienda cumplir con las medidas, tamaños y secciones de los elementos, así como verificar y realizar un seguimiento continuo del proyecto en la etapa de ejecución.

7. Se recomienda aplicar pinturas anticorrosivas a las estructuras metálicas, del mismo modo realizar inspecciones a las conexiones metálicas y placas de anclaje. En caso de requerir una protección contra el fuego, se podrán usar pinturas especiales las cuales deberán ser evaluadas por la entidad, supervisión, interventoría y constructor con el fin de seguir las indicaciones dadas en las fichas técnicas para su correcta aplicación.

8. Los demás resultados, comprobaciones y verificaciones deben ser revisadas por la entidad ya que en el presente informe es un resumen de los valores representativos de los puntos más importantes y relevantes para estructuras de concreto y/o estructura metálica.

13. ANEXOS

Adjunto al presente informe técnico se hace entrega de un medio magnético que contiene en carpetas cada una de las memorias de cálculo.

INDESCO
Desarrollando Soluciones