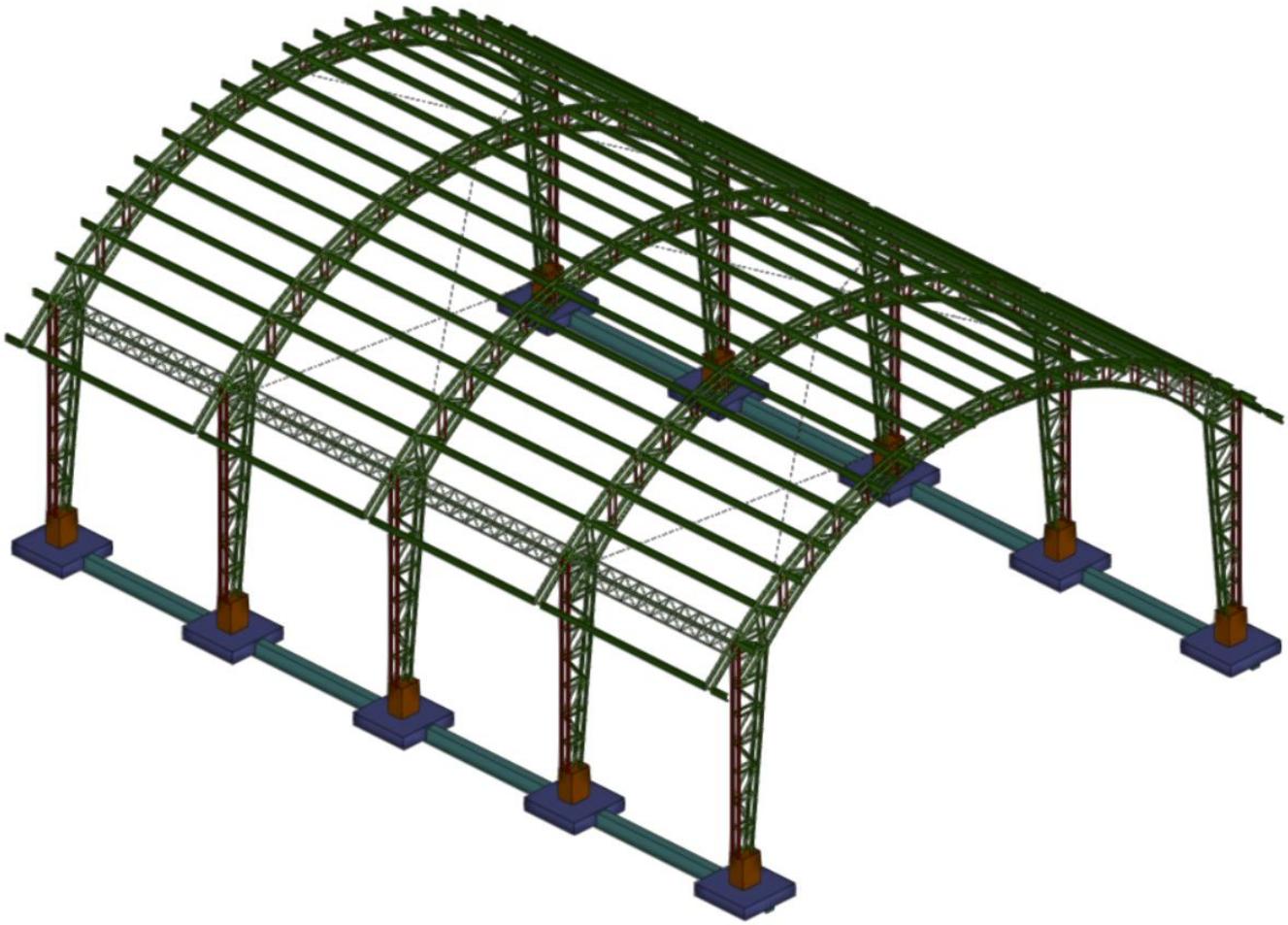
DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CUBIERTA Y PLACA ESCENARIO RECREATIVO VEREDA TOQUILLA DEL MUNICIPIO DE AQUITANIA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

MEMORIAS DE CALCULO

PRESENTADO A:
PLANEACIÓN MUNICIPAL DE AQUITANIA



REALIZADO POR:
ING. FABRICIO JOYA TIBAVIJA
ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS
MAT. PROF. No. 25202-286452 CND

AGOSTO 2025

AQUITANIA - BOYACÁ

Contenido

1. MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD 4
2. MATRICULA PROFESIONAL 5
3. DIPLOMA POSGRADO 6
4. CERTIFICADO DE VIGENCIA Y ANTECEDENTES COPNIA 7
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 8
6. LOCALIZACIÓN 10
7. PROGRAMA UTILIZADO PARA LA MODELACIÓN: CYPECAD. Version-2020.e ¿COMO FUNCIONA EL CYPE CAD? 11
8. PRINCIPIOS DEL PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL 14
8.1. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL DISEÑO SÍSMICO 14
8.2. ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL 15
8.3. CONCRETO 16
8.4. REFUERZO 16
8.5. ACERO ESTRUCTURAL 16
8.6. PROCEDIMIENTO 16
8.7. DETERMINACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO (A.2.3.) 16
8.8. EFECTOS LOCALES: (A.2.4.) 17
8.9. GRUPO DE USO: (A.2.5.1.4.) 17
8.10. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA: 17
8.11. SISTEMA ESTRUCTURAL 17
8.12. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN 17
8.13. IRREGULARIDADES 18
9. AVALUO DE CARGAS 21
10. NORMAS CONSIDERADAS 22
11. LANTEAMIENTO ESTRUCTURAL 23
11.1. VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA 23
11.2. DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA 24
11.3. Normas consideradas 24
11.4. Estados límite 24
11.5. Situaciones de proyecto 24
11.6. E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: NSR-10 25
11.7. E.L.U. de rotura. Acero conformado: AISI S100-2007 (LRFD) 28
11.8. Tensiones sobre el terreno 31
11.9. Desplazamientos 33
11.10. Combinaciones 34
12. Datos generales del Sismo 39

12.1.1. Datos generales de sismo 39
12.2. Caracterización del emplazamiento 40
12.2.1. Sistema estructural 40
12.2.2. Parámetros de cálculo 40
12.2.3. Efectos de la componente sísmica vertical 40
12.2.4. 1.4.- Análisis de la estabilidad global 40
13. 2.- ESTRUCTURA 41
13.1. Geometría 41
13.2. Barras 41
13.3. Materiales utilizados 41
13.4. Resumen de medición 42
13.5. Medición de superficies 42
14. Cargas 42
14.1. Barras 42
14.2. Asignación de cargas a la cubierta 43
15. Resultados 45
15.1. Sismo 45
15.2. Espectro de cálculo 45
15.3. Parámetros necesarios para la definición del espectro 45
15.4. Espectro de diseño de aceleraciones 46
15.5. Coeficiente de capacidad de disipación de energía (NSR-10, A.3.3.3) 46
15.6. Coeficientes de participación 47
15.7. Representación de los periodos modales 48
16. DERIVAS 49
17. COMPROBACIONES DE ELEMENTOS DE ACERO 51
17.1. COLUMNAS 51
17.2. CORDON INFERIOR DE CERCHA 60
17.3. DIAGONALES 68
17.4. VERTICALES 77
18. CIMENTACIÓN 84
18.1. ZAPATAS 84
18.2. VIGAS DE CIMENTACIÓN 88
18.3. DISEÑO DE PLACA DE CONTRAPISO 91
19. REPORTE TÉCNICO PARA CORREAS 92

1. MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Aquitania, agosto de 2025

Yo, **FABRICIO JOYA TIBAVIJA,** Ingeniero Civil con Matrícula Profesional N° 25202-286452 CND, presentó el "**DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CUBIERTA Y PLACA ESCENARIO RECREATIVO VEREDA TOQUILLA DEL MUNICIPIO DE AQUITANIA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ"** el cual fue elaborado teniendo en cuenta la normativa vigente del reglamento Colombiano sismo resistente.

Declaro que asumo la responsabilidad por los prejuicios que a causa de esto puedan deducirse, exonerando al municipio de Aquitania, Departamento de Boyacá de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la entidad es una verificación del cumplimiento de la Norma Sismo resistente del 2010 NSR-10.

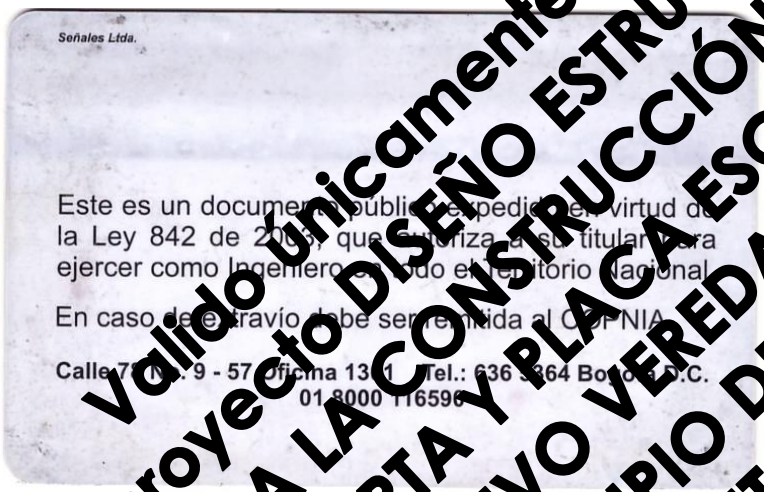
En constancia firmo.



FABRICIO JOYA TIBAVIJA
Ingeniero Civil
Especialista en estructuras
C.C. 1.019.082.853
M.P No. 25202-286452 CND

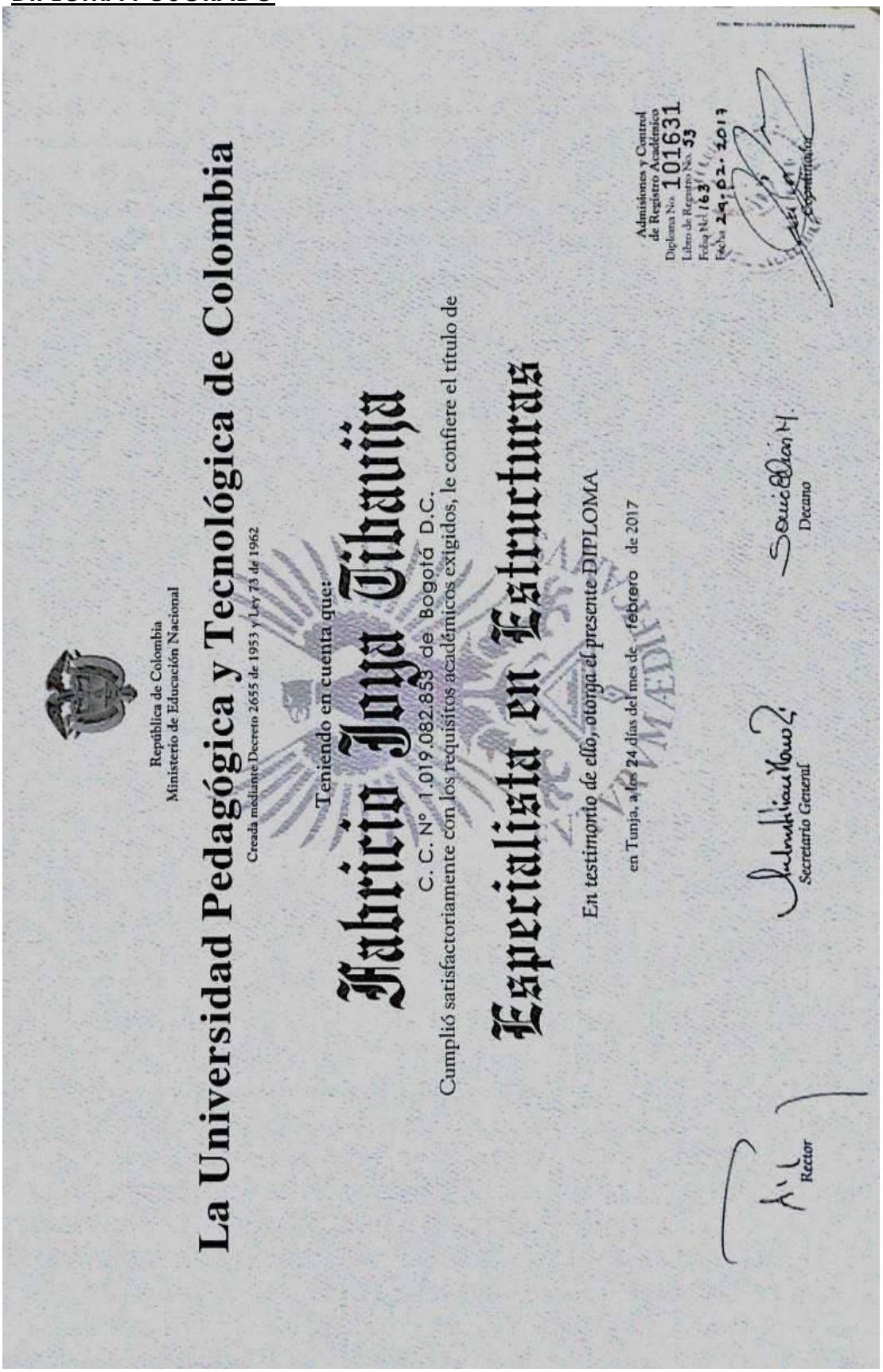
2. MATRICULA PROFESIONAL





Valido unicamente para el proyecto DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CUBIERTA Y PLACA ESCENARIO RECREATIVO VEREDA TOQUILLA DEL MUNICIPIO DE AQUITANIA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

3. DIPLOMA POSGRADO



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Creada mediante Decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

Teniendo en cuenta que:

Fabricio Joya Tibaija

C. C. Nº 1.019.082.853 de Bogotá D.C.

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Especialista en Estructuras

En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA

en Tunja, a los 24 días del mes de febrero de 2017

Admisiones y Control de Registro Académico
Diploma No. 101631
Libro de Registro No. 33
Folio No. 163
Fecha 29-02-2017

Secretario General

Decano

Rector

4. CERTIFICADO DE VIGENCIA Y ANTECEDENTES COPNIA

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3822046

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que FABRICIO JOYA TIBAVIJA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1019082853, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-286452 desde el 01 de Octubre de 2014, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1481.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los once (11) días del mes de Agosto del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA – COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La presente memoria de cálculo describe los procedimientos de diseño empleados para definir la geometría, distribución y composición de los diferentes elementos que conforman la cubierta en estructura metálica para la construcción de la cubierta y placa escenario recreativo vereda toquilla del municipio de Aquitania departamento de Boyacá

El área por cubrir es de aproximadamente 657.05 m², la cubierta se compone de cinco (5) pórticos con trazo curvo, sobre estos descansa la teja liviana tipo termo acústica en UPCV y PVC reforzada con una malla de fibra de vidrio.

Los materiales para emplear dentro del diseño son:

- Tubería estructural rectangular en acero ASTM A-500 Gr C – fy=345 MPa.
- Láminas y ángulos en acero ASTM A572 – fy=350 MPa.
- Soldadura AWS E-7018.
- Tornillería SAE Grado 5 galvanizada.
- Pernos de anclaje acero ASTM A572.

La cubierta tendrá como uso recreacional y tendrá una altura máxima de 11.89 m, en la conformación de pórticos en acero, el diseño incluye el diseño de placa de contrapiso, elementos de cimentación, muros gaviones y conexiones metálicas.

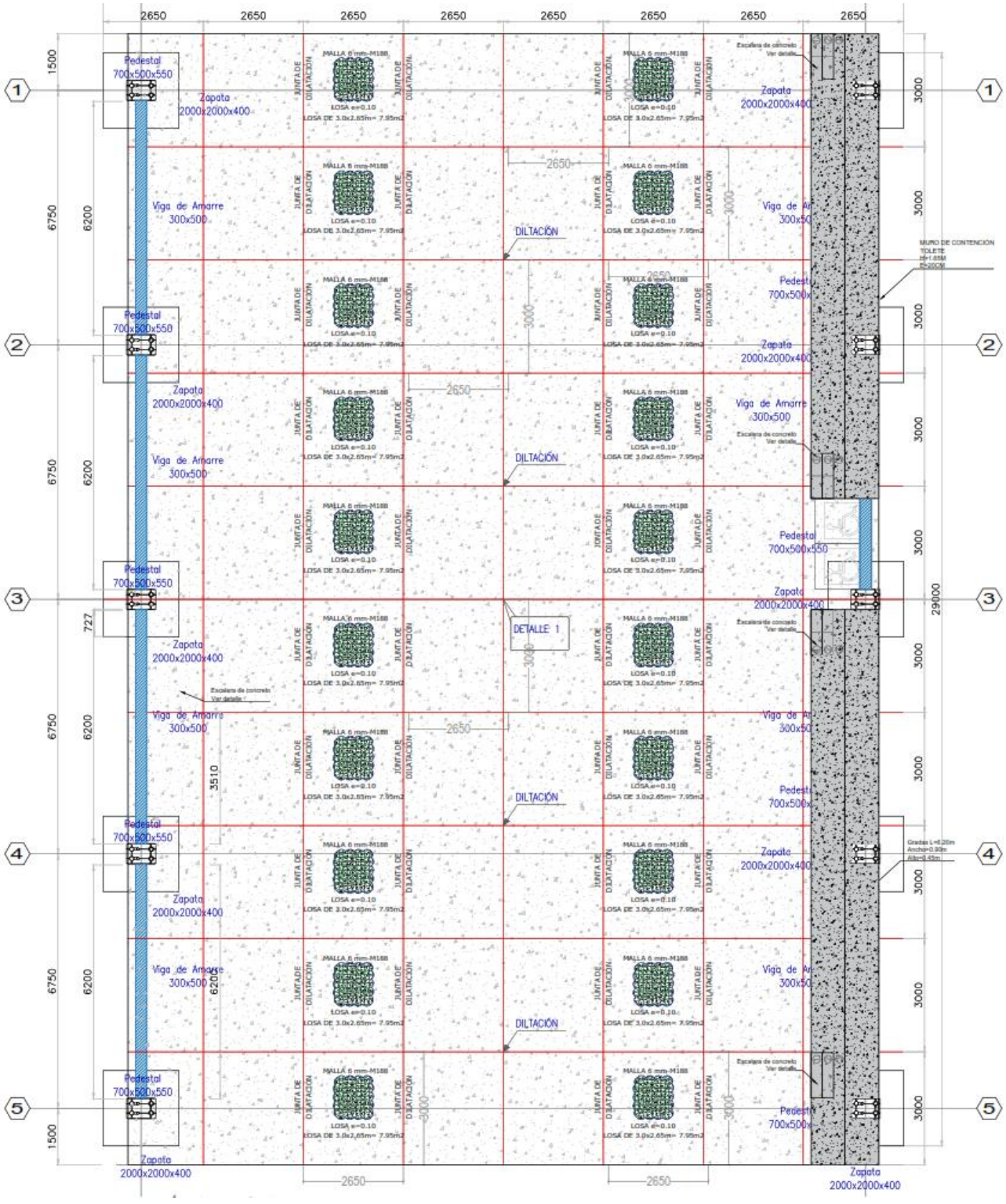
La edificación deberá ser construida con pórticos en acero reforzado resistente a momentos con arriostramientos diagonales en cubierta. La estructura será cimentada sobre un suelo tipo C. Según el estudio de suelo se recomienda un tipo de cimentación superficial conformada por zapatas y vigas de amarre con una profundidad de desplante de -1.30 m con capacidad portante de 1.42kg/m^2. Valores indicados por el geotecnista Jorge Andres Roa Romero en el estudio de suelo E-569-2025 por SISMO ESTRUCTURAS SAS laboratorio de ingeniería civil en agosto del 2025.

GENERALIDADES

Con base en los esquemas suministrados y los parámetros de uso definidos por los estudios preliminares, se generó el diseño estructural optimizando los recursos requeridos sin afectar los niveles de seguridad de la edificación.

Se desea construir una estructura metálica para uso recreativo ubicada en la vereda Toquilla con un nivel de amenaza sísmica alta, la edificación tiene un solo (1) nivel.

PLANTA DE CIMENTACIÓN

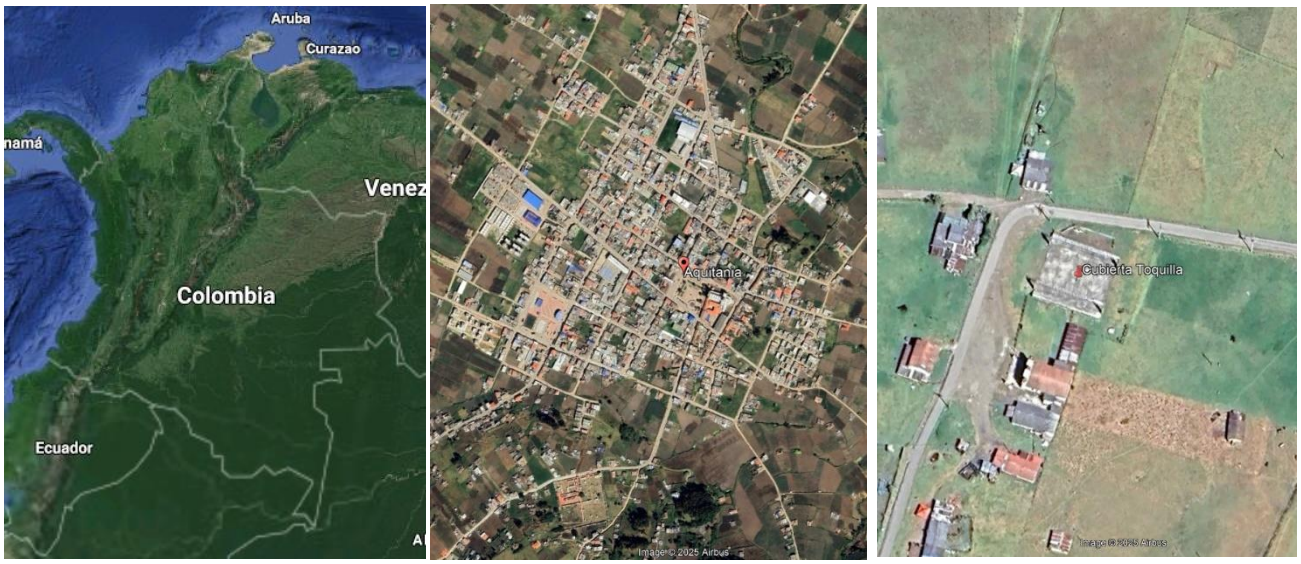


COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL

La estructura está conformada por pórticos de acero resistentes a momentos en sus nudos, la cubierta es teja liviana termoacústica tipo UPVC sin traslapo. La cimentación está conformada por un tipo de cimentación superficial conformada por zapatas y vigas de amarre con una profundidad de cimentación de -1.00m con un mejoramiento de 30 cm en ciclópeo, con unos pedestales en concreto de 700x550 donde se apoya las columnas metálicas PTR Ø4", toda la estructura está diseñada por elementos de acero de resistencia A500 Gr C. Los elementos no estructurales están planteados en sistema convencional de muros divisorios en mampostería confinada, si así lo define el municipio.

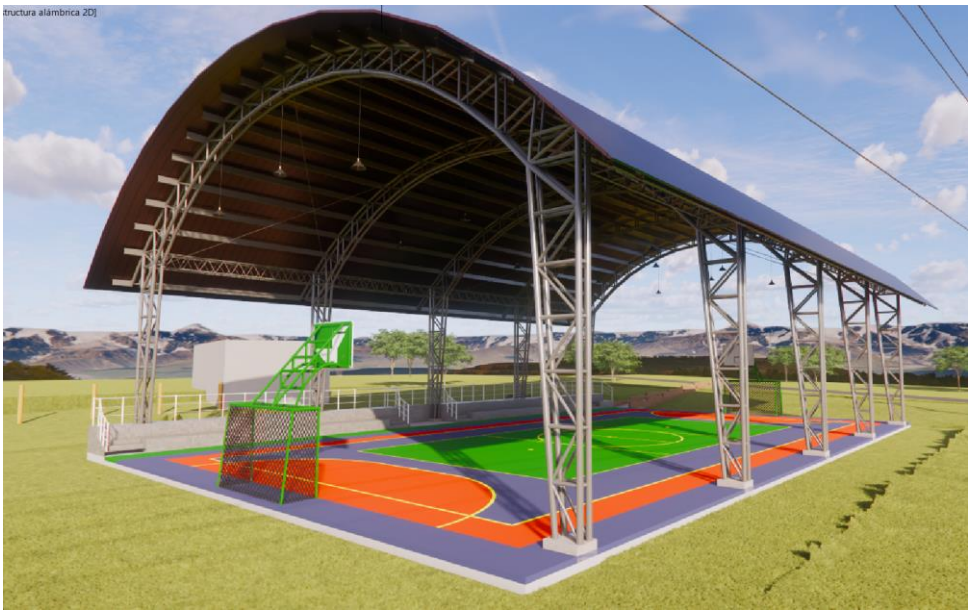
6. LOCALIZACIÓN

La edificación se encuentra en la vereda Toquilla en el municipio de Aquitania.



Localización de la edificación de Estudio. **Fuente:** Google earth 2025.

UBICACIÓN ARQUITECTONICAMENTE



7. PROGRAMA UTILIZADO PARA LA MODELACIÓN: CYPECAD. Version-2020.e

¿COMO FUNCIONA EL CYPE CAD?

VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

Versión: **CYPE CAD 2023**

SOFTWARE UTILIZADO

CYPECAD ha sido concebido para realizar el diseño, cálculo y dimensionado de estructuras de hormigón armado y metálicas para edificación y obra civil, sometidas a acciones horizontales, verticales y a la acción del fuego.

Tipo de elementos estructurales

Estas estructuras pueden estar compuestas por: Columnas (de hormigón, de acero y mixtos), pantallas y muros; vigas de hormigón, metálicas y mixtas; forjados de viguetas (genéricas, armadas, pretensadas, in situ, metálicas de alma llena y de celosía), placas aligeradas, losas mixtas, reticulares y losas macizas; y cimentaciones por losas, vigas de cimentación, zapatas y encepados. También dimensiona y comprueba uniones metálicas soldadas y atornilladas (incluidas las placas de anclaje).

Columnas: Pueden ser de hormigón armado rectangulares y circulares, metálicos y mixtos de hormigón y acero. Puede encontrar más información sobre los Columnas que se pueden introducir en CYPECAD son: Columnas de hormigón, Columnas metálicos y Columnas mixtos de hormigón y acero.

Pantallas y muros: Pueden ser rectangulares o adoptar en planta cualquier forma geométrica compuesta por rectángulos. Igualmente pueden tener empujes horizontales o no, y es posible utilizar muros de hormigón armado, muros de fábrica genéricos y muros de bloques de hormigón con o sin armadura (dimensiones de bloques introducidos por el usuario o de fabricantes como NORMABLOC Asociación Nacional de Fabricantes de Bloques y Mampostería de Hormigón). Los muros pueden tener huecos. El programa calcula los refuerzos necesarios en los huecos de muros de hormigón armado (dintel, antepecho, laterales y diagonales) y el armado del dintel en el caso de que los huecos se introduzcan en muros de bloques de hormigón. Además, es posible obtener los listados de las comprobaciones realizadas en el cálculo de estos refuerzos en pantalla y por impresora. También se calculan la viga de coronación en todos los tipos de muro y la viga alta

a nivel de planta en muros de fábrica genéricos y muros de bloques de hormigón.

Vigas: Las vigas de los forjados pueden ser de hormigón, metálicas (de alma llena o aligerada), mixtas y de madera. Además, podrá introducir ménsulas cortas: Vigas de hormigón, Vigas metálicas, Vigas de madera

Losas o forjados: Los forjados unidireccionales pueden ser de vigueta de hormigón (genéricas), prefabricados armados, prefabricados pretensados, in situ, metálicos (perfiles T y doble T), de madera y JOIST (celosía metálica). En todos ellos se calcula la flecha. El programa también admite forjados de losa maciza, reticulares, de placa aligerada (alveolar), losas mixtas (steel deck) y losas postensadas.

Cargas

Como datos generales inicialmente se eligen las acciones de viento y sismo (análisis modal espectral), seleccionando las características según lo descrito en las normas. En los dos casos puede realizar la consideración de efectos de segundo orden (P-delta). Dispone de libre definición del número de hipótesis. Cargas lineales, superficiales y puntuales, en cualquier posición.

El software genera automáticamente el peso propio de todos los elementos, igualmente, genera automáticamente cualquier combinación de hipótesis definida por el usuario de acuerdo con las premisas que indique (compatibles, incompatibles o simultáneas). Por ejemplo, se genera automáticamente la combinación de hipótesis correspondiente a una situación de cargas compuesta por una sobrecarga genérica y la actuación de un carro de cargas con distintas posiciones. Las posiciones del carro son incompatibles entre sí, pero cada una de ellas es compatible con la sobrecarga genérica y con el resto de hipótesis de diferente naturaleza.

El usuario también puede **definir sus propias situaciones de proyecto** para particularizar las combinaciones que se van a emplear en los cálculos correspondientes a los elementos estructurales de la obra.

Modelación estructural

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: Columnas, pantallas, muros, vigas y forjados.

Se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 grados de libertad, y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta,

para simular el comportamiento rígido del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo (diafragma rígido). Por tanto, cada planta sólo podrá girar y desplazarse en su conjunto (3 grados de libertad).

La consideración de diafragma rígido para cada zona independiente de una planta se mantiene, aunque se introduzcan vigas, y no forjados, en la planta, salvo para las vigas exentas que el usuario desconecte del diafragma rígido y salvo para los muros que no estén en contacto con forjados.

Cuando en una misma planta existan zonas independientes, se considerará cada una de éstas como una parte distinta de cara a la indeformabilidad de esa zona y no se tendrá en cuenta en su conjunto. Por tanto, las plantas se comportarán como planos indeformables independientes. Un pilar no conectado se considera zona independiente.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático (excepto cuando se consideran acciones dinámicas por sismo, en cuyo caso se emplea el análisis modal espectral) y se supone un comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo de primer orden, de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos.

Estructuras integradas

En las Estructuras 3D integradas dispondrá siempre de 6 grados de libertad por nudo. Las escaleras también disponen de 6 grados de libertad, se resuelven de forma aislada y sus reacciones se transmiten.

Elementos de cimentación

La cimentación puede ser fija (por zapatas o encepados) o flotante (con vigas y losas de cimentación, definiendo el coeficiente de balasto al aplicar la teoría de Winkler).

Las zapatas aisladas y combinadas, que pueden ser de hormigón armado o de hormigón en masa, permiten cimentar múltiples soportes.

Los encepados admiten un número múltiple de pilotes. Su tipología es muy amplia.

Tanto las zapatas como los encepados admiten varios Columnas y pantallas con libre posición sobre el mismo elemento de cimentación.

Las vigas centradoras también actúan sobre los encepados, y las vigas de atado o correas los arriostran.

Calcula la placa de anclaje para cualquier disposición de pilar metálico (perfiles simples y compuestos).

Las losas y vigas de cimentación se consideran apoyadas sobre un suelo elástico (método del coeficiente de balasto), de acuerdo al modelo de Winkler, basado en una constante de proporcionalidad entre fuerzas y desplazamientos, cuyo valor es el coeficiente de balasto.

Las vigas y losas de cimentación forman parte de la globalidad de la estructura por lo que interaccionan con el resto de la estructura (forman parte de la matriz global de rigidez de la estructura). Por tanto, se pueden aplicar cargas sobre dichos elementos, al igual que sobre cualquier viga o losa de la estructura de la que forman parte.

Los estados límite a comprobar son los correspondientes al dimensionado de elementos de hormigón armado (estados límite últimos), y a la comprobación de tensiones, equilibrio y despegue (estados límite de servicio).

8. PRINCIPIOS DEL PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL

8.1. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL DISEÑO SÍSMICO

Los objetivos antes mencionados no se logran solo diseñando una estructura que sea competente en la resistencia de fuerzas laterales. La estructura debe tener, además, la capacidad de disipar adecuadamente la energía generada durante un sismo. El logro de los objetivos de diseño implica que la estructura posea una rigidez apropiada para limitar los desplazamientos laterales y estar proporcionada dinámicamente para evitar amplificaciones inadecuadas de la vibración; que la resistencia a la carga lateral sea suficiente para resistir las fuerzas de inercia y que tenga alta capacidad de disipación de energía, lo que se logra a través de la ductilidad.

Por lo tanto, el diseño sísmico de una estructura, para resumirlo de una manera muy simple, debe desarrollarse de la siguiente manera:

1. Selección de un sistema estructural: El sistema deberá absorber y disipar la energía generada por el sismo sin que se desarrollen efectos desfavorables, tales como concentraciones o amplificaciones dinámicas. Para ello deberá tenerse en cuenta la importancia de la configuración del edificio, en términos estrictamente geométricos

2. Análisis sísmico: en el NSR – 10 se definen claramente las acciones sísmicas para las cuales deberá calcularse la competencia estructural de la construcción y se proporcionan

alternativas de análisis. En este aspecto la atención se orientará más hacia la selección del modelo analítico más representativo de la estructura real a través de la utilización del programa CYPE CAD 2020 el cual facilitará, con más refinamiento, la determinación de la solución del sistema estructural.

3. El dimensionamiento de las secciones: para el dimensionamiento de las secciones de los elementos estructurales se seguirá el contenido al respecto del NSR – 10.

4. Detallado de la estructura: Para que la estructura tenga un comportamiento dúctil se detallarán sus elementos y conexiones de manera que se les agregue gran capacidad de deformación antes del colapso, atendiendo los requisitos del NSR – 10

Con el fin de realizar un adecuado y optimizado diseño de las edificaciones a construir, se plantea el uso de una estructura consistente en pórticos resistentes a momentos de acero con disipación moderada de energía, el cual es validado por la tabla A.3-3 (2a) de NSR-10 para el caso del Municipio de Aquitania que corresponde a amenaza sísmica alta (Código de municipio 15001 del apéndice A-4 de NSR-10).

8.2. ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL

Para el desarrollo del análisis tridimensional utilizando el programa CYPE CAD 2020, CYPE 3D Y ARQUIMET V2.0 se dispuso previamente de la siguiente información:

1. Datos generales

- Numero y altura de niveles.
- Determinación del sistema de coordenadas en planta
- Numero y posición de sistemas resistentes
- Valor y posición de fuerzas laterales

2. Datos para cada sistema resistente

- Propiedades de las vigas
- Propiedades de las columnas.
- Propiedades de cimentación.

El programa analiza el edificio o las estructuras de servicio ante cargas verticales, introducidas como fuerzas distribuidas en las vigas. El resultado es que la suma de las fuerzas cortantes en los miembros de un entrepiso (columnas) de un sistema resistente no es nula. Esta condición de equilibrio en ausencia de cargas laterales solo se satisface al sumar las fuerzas cortantes en los entrepisos de todos los sistemas resistentes (pórticos) en cada nivel del edificio o la estructura de servicio que se trate.

Materiales Utilizados

8.3. CONCRETO

Solado y ciclópeo	f'c = 140 kg/cm2 (2.000PSI)
Cimentación, pedestales, placa	f'c = 210 kg/cm^2 (3.000PSI)

8.4. REFUERZO

= > 3/8" fy = 4200 kg/cm2 (420 MPa)

< 3/8" fy = 4200 kg/cm2 (420 MPa)

Malla Electrosoldada fy = 4200 kg/cm2 (420 MPa).

8.5. ACERO ESTRUCTURAL

Tubería estructural circular en acero ASTM A-500 Gr B – fy=322 MPa.

Láminas y ángulos en acero ASTM A572 – fy=350 MPa.

Soldadura AWS E-7018.

Tornillería SAE Grado 5 galvanizada.

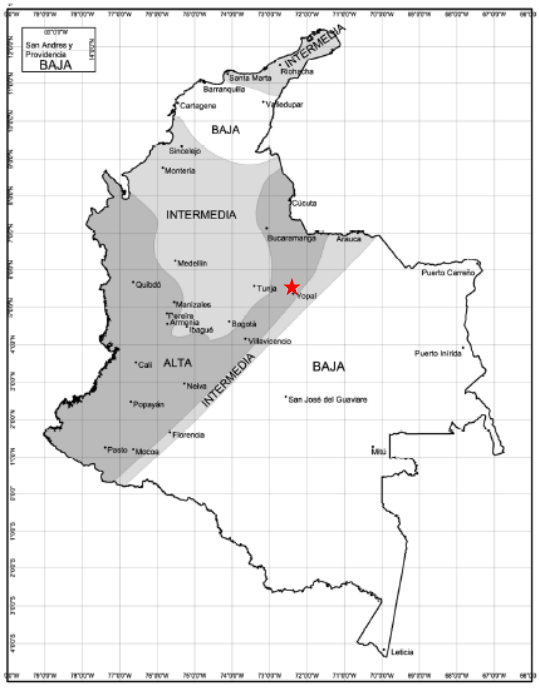
Pernos de anclaje acero ASTM A572.

8.6. PROCEDIMIENTO

Inicialmente seguiremos los pasos que se indican en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente NSR – 10.

8.7. DETERMINACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO (A.2.3.)

Dentro del Mapa de zonas de amenaza sísmica (Figura A.2.3-1) se considera la localización en el municipio de Aquitania tenemos que A_a= 0.25 y A_v=0.30 Zona de amenaza sísmica alta.



8.8. EFECTOS LOCALES: (A.2.4.)

La región está clasificada en una zona sísmica alta.

8.9. GRUPO DE USO: (A.2.5.1.4.)

Se toma como grupo de uso para efectos de la determinación del Coeficiente de Importancia, el Grupo 2, correspondiente a "Estructuras de Ocupación Especial".

8.10. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA:

Según la tabla A.2.5-1 Coeficiente de Importancia I = 1.10

8.11. SISTEMA ESTRUCTURAL

La estructura diseñada para esta sección consiste en una cubierta de un nivel con pendiente a dos aguas, corresponde a la definición del SISTEMA DE PÓRTICO DE ACERO RESISTENTE A MOMENTO y resistirá las solicitaciones horizontales mediante pórticos de acero ASTM A500 Gr C y concreto para pedestales de 210 kg/cm2 reforzado con Acero de 4200 kg/cm2, con capacidad especial de disipación de energía (DES)

8.12. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN

IRREGULARIDADES

Cuando una estructura se clasifique como irregular, el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía R que se utilice en el diseño sísmico de la edificación, debe reducirse multiplicándolo por φ_p, debido a irregularidades en planta, por φ_a debido a irregularidades en altura, y por φ_r debido a ausencia de redundancia, como indica la ecuación A.3.3-1.

$$R = \varphi_a * \varphi_p * \varphi_r * R_0$$

Ausencia de redundancia sentido X= 0.75

Ausencia de redundancia sentido Y= 0.75

8.13. IRREGULARIDADES

Cuando una estructura se clasifique como irregular, el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía R que se utilice en el diseño sísmico de la edificación, debe reducirse multiplicándolo por φ_p, debido a irregularidades en planta, por φ_a debido a irregularidades en altura, y por φ_r debido a ausencia de redundancia, como indica la ecuación A.3.3-1.

$$R = \varphi_a * \varphi_p * \varphi_r * R_0$$

Ausencia de redundancia sentido X= 0.75

Ausencia de redundancia sentido Y= 0.75

IRREGULARIDADES EN PLANTA

Tipo 1aP- Irregularidad torsional φ_p=0.9

$$1.4\left(\frac{\Delta 1 + \Delta 2}{2}\right) \geq \Delta 1 > 1.2\left(\frac{\Delta 1 + \Delta 2}{2}\right)$$

Tipo 1bP- Irregularidad torsional extrema φ_p=0.8

$$\Delta 1 > 1.4\left(\frac{\Delta 1 + \Delta 2}{2}\right)$$

Planta	Columna	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	ESTUDIO	Δ1 Δ2	1.4((Δ1+Δ2)/2) (mm)	1.2((Δ1+Δ2)/2) (mm)	***Tipoa 1aP***	***Tipoa 1bP***
Nivel +7.58 m	A1-	61.73	37.18	2.43	C13-C10 en X	61.73	80.69	69.16	REGULAR	REGULAR
Nivel +7.58 m	B-1	61.73	27.09	1.79		53.54				
Nivel +7.58 m	A-5	53.54	37.18	0.23	C15-C12 en X	61.73	80.75	69.21	REGULAR	REGULAR
Nivel +7.58 m	B-25	53.62	27.09	0.22		53.62				

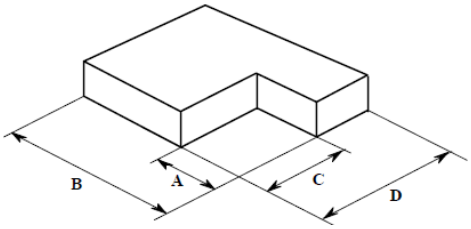
Planta	Columna	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	ESTUDIO	Δ1 Δ2	1.4((Δ1+Δ2)/2) (mm)	1.2((Δ1+Δ2)/2) (mm)	***Tipoa 1aP***	***Tipoa 1bP***
Nivel +7.58 m	A1-	61.73	37.18	2.43	C13-C10 en X	37.18	44.98	38.56	REGULAR	REGULAR
Nivel +7.58 m	B-1	61.73	27.09	1.79		27.09				
Nivel +7.58 m	A-5	53.54	37.18	0.23	C15-C12 en X	37.18	44.98	38.56	REGULAR	REGULAR
Nivel +7.58 m	B-25	53.62	27.09	0.22		27.09				

La Estructura **NO** presenta este tipo de irregularidad torsional
φ_p=1.00

Tipo 2P-Retroceso en las esquinas φ_p=0.9

Tipo 2P — Retrocesos en las esquinas — $\phi_p = 0.9$

$A > 0.15B$ y $C > 0.15D$



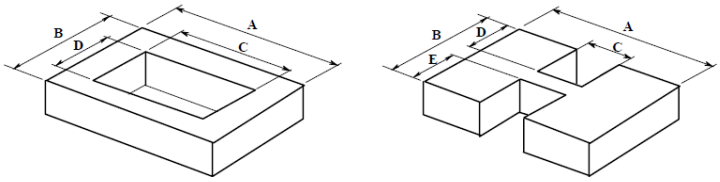
La Estructura **NO** presenta este tipo de retroceso en las esquinas.

φ_p=1.00

Tipo 3P-Irregularidad del diafragma φ_p=0.9

Tipo 3P — Irregularidad del diafragma — $\phi_p = 0.9$

1) $C \times D > 0.5A \times B$ **2) $(C \times D + C \times E) > 0.5A \times B$**

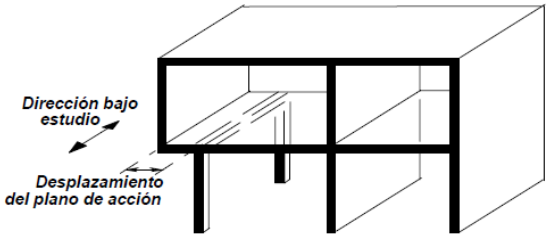


La Estructura **NO** presenta este tipo de irregularidad en el diafragma.

φ_p=0.90

Tipo 4P- Desplazamiento del plano de acción φp=0.8

Tipo 4P — Desplazamiento de los planos de Acción — $\phi_p = 0.8$

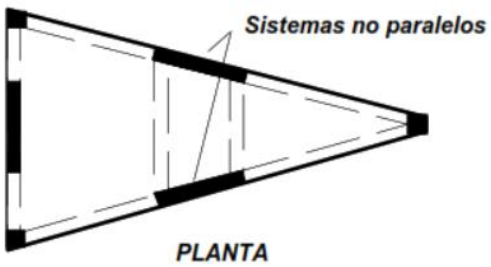


La Estructura **NO** presenta este tipo de irregularidad por desplazamiento del planos de acción.

φ_p=1.00

Tipo 5P- Sistemas no paralelos φp=0.9

Tipo 5P — Sistemas no paralelos — $\phi_p = 0.9$



La Estructura **NO** presenta este tipo de irregularidad el sistema es paralelo.

φ_P=1.0

IRREGULARIDADES EN ALTURA

Tipo 1Aa-Piso flexible

Tipo 1aA — Piso flexible

$\phi_a = 0.9$

$0.60\ \text{Rigidez}\ K_D \le \text{Rigidez}\ K_C < 0.70\ \text{Rigidez}\ K_D$

o

$.70\ (K_D+K_E+K_F)/3 \le \text{Rigidez}\ K_C < 0.80\ (K_D+K_E+K_F)/3$

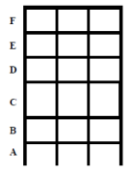
Tipo 1bA — Piso flexible extremo

$\phi_a = 0.8$

$\text{Rigidez}\ K_C < 0.60\ \text{Rigidez}\ K_D$

o

$\text{Rigidez}\ K_C < 0.70\ (K_D+K_E+K_F)/3$



La Estructura **NO** presenta este tipo de irregularidad el sistema no presenta piso flexible.

φ_a=1.0

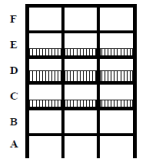
Tipo 2A -Distribución en masa φ_a=0.9

Tipo 2A — Distribución masa — $\phi_a = 0.9$

$m_D > 1.50\ m_E$

o

$m_D > 1.50\ m_C$



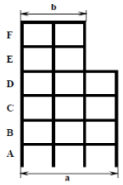
La Estructura **NO** presenta este tipo de irregularidad el sistema no presenta variación de masas.

φ_a=1.0

Tipo 3A-Irregularidad geométrica φ_a=0.9

Tipo 3A — Geométrica — $\phi_a = 0.9$

$a > 1.30\ b$



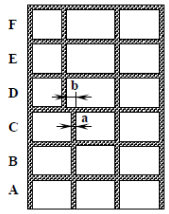
La Estructura **NO** posee este tipo de irregularidad. Debido al retroceso por el altillo de la edificación.

φ_a=1.00

Tipo 4A-Desplazamiento dentro del plano de acción φ_a=0.8

Tipo 4A — Desplazamiento dentro del plano de acción — $\phi_a = 0.8$

b > a



La Estructura **NO** presenta este tipo de irregularidad en el sistema.

φ_a=1.00

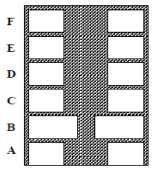
Tipo 5aA-Piso débil φ_a=0.9
Tipo 5Ba-Piso débil extremo φ_a=0.8

Tipo 5aA — Piso débil
$\phi_a = 0.9$

0.65 Resist. Piso C ≤ Resist. Piso B < 0.80 Resist. Piso C

Tipo 5bA — Piso débil extremo
$\phi_a = 0.8$

Resistencia Piso B < 0.65 Resistencia Piso C



La Estructura **NO** presenta este tipo de irregularidad el sistema no presenta piso débil

φ_a=1.0

9. AVALUO DE CARGAS

CARGAS DE CUBIERTA

CARGA MUERTA:	Peso propio de correa	5.62kg/m
	Luz entre apoyos (L)	6.75m
	Carga lineal a la cecha	37.94 kg
	Separacion entre correas	1.23m
	Correa PHR PHR C 203x67x19 (2.0 mm)	0.089Kn/m^2
	Teja metalica sin traslapo	0.05kN/m^2
	Luminarias	0.05kN/m^2
	TOTAL	**0.189Kn/m^2**

CARGA VIVA:

TABLA B.4.2.1-2 → Cubiertas inclinadas con mas de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada.

Pendiente de proyecto: 22,38→ 41.17%

Carga viva: **0.35kN/m² → x 6.75m = 2.36kN/m²**

CARGA DE GRANIZO

B.4.8.3- Las cargas de granizo, G, deben tenerse en cuenta en las regiones del pais conmas de 2.000 metros de altura sobre el nivel del mar.

Aquitania a 3.030 m.s.m.m → ***APLICA***

CARGAS A PISOS

Cargas vivas

Tabla B.4.2.1-1 - NSR-10

Uso u ocupación		Cargas vivas (kN/m²)	Cargas vivas (t/m²)
Coliseos	Graderias	5.0	0.50

Cargas Muertas

Tabla B.3.4.3-1 - NSR-10

ocupación		Cargas muertas (kN/m²)	Cargas muertas (t/m²)
Reunión	Fachada y particiones de mampostería	2.80	0.28

CARGA VIVA TOTAL= **0.50t/m² -500kg/m²**

CARGA MUERTA TOTAL= **0.280t/m² -280kg/m²**

10. NORMAS CONSIDERADAS

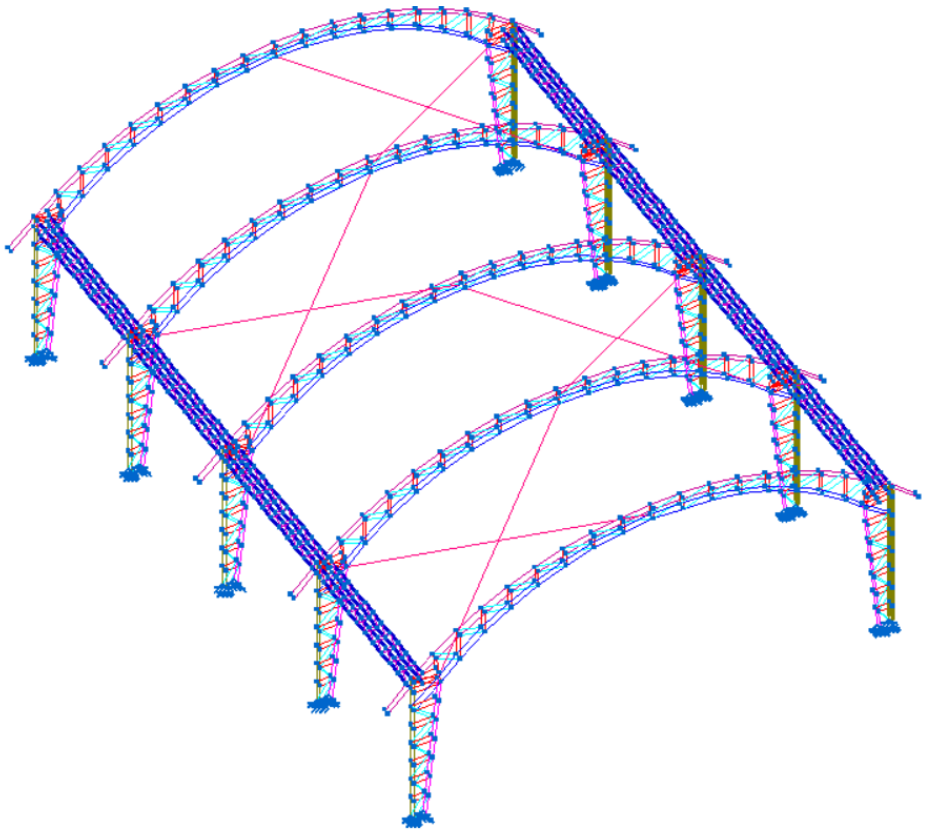
Para el diseño en este reporte se utilizó la siguiente normativa:

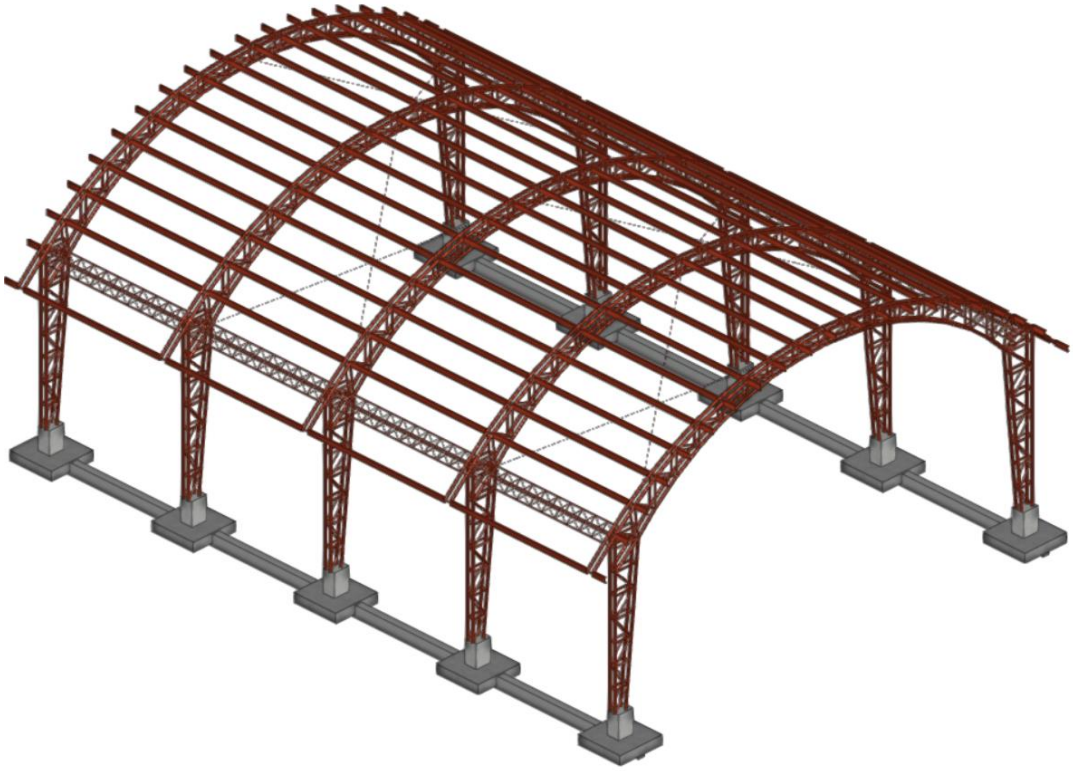
- Normas Colombianas de diseño y construcción Sismo Resistente NSR-10 – Titulo E.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. - Code requeriments for environmental engineering concrete structures and commentary. Detroit:ACI. (ACI 350/350R).

11. LANTEAMIENTO ESTRUCTURAL

11.1. VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

Versión: 2020





11.2. DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: Diseño estructural Cubierta Toquilla

Clave: Cubierta Toquilla Aquitania

11.3. Normas consideradas

Cimentación: NSR-10

Acero conformado: AISI S100-2007 (LRFD)

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-05 (LRFD)

Categoría de uso: Cubiertas

11.4. Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones Tensiones sobre el terreno	NSR-10
E.L.U. de rotura. Acero conformado	AISI/NASPEC-2007 (LRFD) ASCE 7
E.L.U. de rotura. Acero laminado	AISC 360-05 (LRFD) ASCE 7
Desplazamientos	Acciones características

11.5. Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Situaciones persistentes o transitorias

- Situaciones sísmicas

- Donde:

G_k Acción permanente
P_k Acción de pretensado
Q_k Acción variable
A_E Acción sísmica
γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
γ_{AE} Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

11.6. E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: NSR-10

(C.9-1)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.400	1.400
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)		

(C.9-2 Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		
Nieve (Q)		

(C.9-2 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)	0.000	0.500

(C.9-3 Lr, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		
Nieve (Q)		

(C.9-3 S, L)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)	1.600	1.600

(C.9-3 Lr, W)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)	0.000	0.500
Nieve (Q)		

(C.9-3 S, W)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.500
Nieve (Q)	1.600	1.600

(C.9-4 Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.000	1.000
Nieve (Q)		

(C.9-4 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200

(C.9-4 S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	0.500

(C.9-5)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)		
Sismo (E)	-1.000	1.000
Notas: *Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.*		

(C.9-6)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)		

(C.9-7)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)		
Sismo (E)	-1.000	1.000
Notas: *Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.*		

11.7. E.L.U. de rotura. Acero conformado: AISI S100-2007 (LRFD)

E.L.U. de rotura. Acero laminado: ANSI/AISC 360-05 (LRFD)

2.3.2 - [1] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.400	1.400
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)		

2.3.2 - [2 Lr] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)		
Nieve (Q)		

2.3.2 - [2 S] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)	0.000	0.500

2.3.2 - [3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)		
Nieve (Q)		

2.3.2 - [3 S, L] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)	1.600	1.600

2.3.2 - [3 Lr, W] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600
Viento (Q)	0.000	0.800
Nieve (Q)		

2.3.2 - [3 S, W] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	0.800
Nieve (Q)	1.600	1.600

2.3.2 - [4 Lr] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)	0.000	0.500
Viento (Q)	1.600	1.600
Nieve (Q)		

2.3.2 - [4 S] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	1.600	1.600
Nieve (Q)	0.000	0.500

2.3.2 - [5] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.200	1.200
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)	0.000	0.200
Sismo (E)	-1.000	1.000
Notas: *Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.*		

2.3.2 - [6] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.000	1.600
Nieve (Q)		

2.3.2 - [7] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	0.900
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)		
Sismo (E)	-1.000	1.000

2.3.2 - [7] (ASCE/SEI 7-05)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Notas: *Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.*		

11.8. Tensiones sobre el terreno

B.2.3-1, B.2.3-2		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)		

B.2.3-3 (Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)		
Nieve (Q)		

B.2.3-3 (S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)	0.000	1.000

B.2.3-4 (Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	0.750
Viento (Q)		

B.2.3-4 (Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Nieve (Q)		

B.2.3-4 (S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)	0.000	0.750

B.2.3-5, B.2.3-9		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.600	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	1.000	1.000
Nieve (Q)		

B.2.3-6, B.2.3-10		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.600	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)		
Nieve (Q)		
Sismo (E)	-0.700	0.700

B.2.3-7 (Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	0.750
Viento (Q)	0.750	0.750
Nieve (Q)		

B.2.3-7 (S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.750	0.750
Nieve (Q)	0.000	0.750

B.2.3-8 (Lr)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	0.750
Viento (Q)		
Nieve (Q)		
Sismo (E)	-0.525	0.525

B.2.3-8 (S)		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)		
Viento (Q)	0.750	0.750
Nieve (Q)	0.000	0.750

11.9. Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)		
Nieve (Q)	0.000	1.000
Sismo (E)	-1.000	1.000

11.10. Combinaciones

■ Nombres de las hipótesis

PP	Peso propio
CM 1	CM 1
Q 1	Q 1
V +	V +
V -	V -
V Combinado	V Combinado
N 1	N 1
SX	Sismo X
SY	Sismo Y

■ E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V +	V -	V Combinado	N 1	SX	SY
1	1.400	1.400							
2	1.200	1.200							
3	1.200	1.200	1.600						
4	1.200	1.200					1.600		
5	1.200	1.200	1.600	0.500					
6	1.200	1.200	1.600		0.500				
7	1.200	1.200	1.600			0.500			
8	1.200	1.200		0.500			1.600		
9	1.200	1.200			0.500		1.600		
10	1.200	1.200				0.500	1.600		
11	1.200	1.200		1.000					
12	1.200	1.200	0.500	1.000					
13	1.200	1.200			1.000				
14	1.200	1.200	0.500		1.000				
15	1.200	1.200				1.000			
16	1.200	1.200	0.500			1.000			
17	1.200	1.200		1.000			0.500		

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V +	V -	V Combinado	N 1	SX	SY
18	1.200	1.200			1.000		0.500		
19	1.200	1.200				1.000	0.500		
20	1.200	1.200						-0.300	-1.000
21	1.200	1.200						0.300	-1.000
22	1.200	1.200						-1.000	-0.300
23	1.200	1.200						-1.000	0.300
24	1.200	1.200						0.300	1.000
25	1.200	1.200						-0.300	1.000
26	1.200	1.200						1.000	0.300
27	1.200	1.200						1.000	-0.300
28	0.900	0.900							
29	0.900	0.900		1.000					
30	0.900	0.900			1.000				
31	0.900	0.900				1.000			
32	0.900	0.900						-0.300	-1.000
33	0.900	0.900						0.300	-1.000
34	0.900	0.900						-1.000	-0.300
35	0.900	0.900						-1.000	0.300
36	0.900	0.900						0.300	1.000
37	0.900	0.900						-0.300	1.000
38	0.900	0.900						1.000	0.300
39	0.900	0.900						1.000	-0.300

- **E.L.U. de rotura. Acero conformado**
- **E.L.U. de rotura. Acero laminado**

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V +	V -	V Combinado	N 1	SX	SY
1	1.400	1.400							
2	1.200	1.200							
3	1.200	1.200	1.600						
4	1.200	1.200					1.600		
5	1.200	1.200	1.600	0.800					
6	1.200	1.200	1.600		0.800				
7	1.200	1.200	1.600			0.800			
8	1.200	1.200		0.800			1.600		
9	1.200	1.200			0.800		1.600		
10	1.200	1.200				0.800	1.600		
11	1.200	1.200		1.600					
12	1.200	1.200	0.500	1.600					
13	1.200	1.200			1.600				
14	1.200	1.200	0.500		1.600				

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V +	V -	V Combinado	N 1	SX	SY
15	1.200	1.200				1.600			
16	1.200	1.200	0.500			1.600			
17	1.200	1.200		1.600			0.500		
18	1.200	1.200			1.600		0.500		
19	1.200	1.200				1.600	0.500		
20	1.200	1.200						-0.300	-1.000
21	1.200	1.200					0.200	-0.300	-1.000
22	1.200	1.200						0.300	-1.000
23	1.200	1.200					0.200	0.300	-1.000
24	1.200	1.200						-1.000	-0.300
25	1.200	1.200					0.200	-1.000	-0.300
26	1.200	1.200						-1.000	0.300
27	1.200	1.200					0.200	-1.000	0.300
28	1.200	1.200						0.300	1.000
29	1.200	1.200					0.200	0.300	1.000
30	1.200	1.200						-0.300	1.000
31	1.200	1.200					0.200	-0.300	1.000
32	1.200	1.200						1.000	0.300
33	1.200	1.200					0.200	1.000	0.300
34	1.200	1.200						1.000	-0.300
35	1.200	1.200					0.200	1.000	-0.300
36	0.900	0.900							
37	0.900	0.900		1.600					
38	0.900	0.900			1.600				
39	0.900	0.900				1.600			
40	0.900	0.900						-0.300	-1.000
41	0.900	0.900						0.300	-1.000
42	0.900	0.900						-1.000	-0.300
43	0.900	0.900						-1.000	0.300
44	0.900	0.900						0.300	1.000
45	0.900	0.900						-0.300	1.000
46	0.900	0.900						1.000	0.300
47	0.900	0.900						1.000	-0.300

■ **Tensiones sobre el terreno**

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V +	V -	V Combinado	N 1	SX	SY
1	1.000	1.000							
2	1.000	1.000	1.000						
3	1.000	1.000					1.000		
4	0.600	0.600							
5	1.000	0.600							
6	0.600	1.000							
7	0.600	0.600		1.000					
8	1.000	0.600		1.000					
9	0.600	1.000		1.000					
10	1.000	1.000		1.000					
11	0.600	0.600			1.000				
12	1.000	0.600			1.000				
13	0.600	1.000			1.000				
14	1.000	1.000			1.000				
15	0.600	0.600				1.000			
16	1.000	0.600				1.000			
17	0.600	1.000				1.000			
18	1.000	1.000				1.000			
19	0.600	0.600						-0.700	
20	1.000	0.600						-0.700	
21	0.600	1.000						-0.700	
22	1.000	1.000						-0.700	
23	0.600	0.600						0.700	
24	1.000	0.600						0.700	
25	0.600	1.000						0.700	
26	1.000	1.000						0.700	
27	0.600	0.600							-0.700
28	1.000	0.600							-0.700
29	0.600	1.000							-0.700
30	1.000	1.000							-0.700
31	0.600	0.600							0.700
32	1.000	0.600							0.700
33	0.600	1.000							0.700
34	1.000	1.000							0.700
35	1.000	1.000	0.750	0.750					
36	1.000	1.000	0.750		0.750				
37	1.000	1.000	0.750			0.750			
38	1.000	1.000		0.750			0.750		
39	1.000	1.000			0.750		0.750		

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V +	V -	V Combinado	N 1	SX	SY
40	1.000	1.000				0.750	0.750		
41	1.000	1.000	0.750					-0.525	
42	1.000	1.000	0.750					0.525	
43	1.000	1.000	0.750						-0.525
44	1.000	1.000	0.750						0.525
45	1.000	1.000		0.750				-0.525	
46	1.000	1.000			0.750			-0.525	
47	1.000	1.000				0.750		-0.525	
48	1.000	1.000					0.750	-0.525	
49	1.000	1.000		0.750			0.750	-0.525	
50	1.000	1.000			0.750		0.750	-0.525	
51	1.000	1.000				0.750	0.750	-0.525	
52	1.000	1.000		0.750				0.525	
53	1.000	1.000			0.750			0.525	
54	1.000	1.000				0.750		0.525	
55	1.000	1.000					0.750	0.525	
56	1.000	1.000		0.750			0.750	0.525	
57	1.000	1.000			0.750		0.750	0.525	
58	1.000	1.000				0.750	0.750	0.525	
59	1.000	1.000		0.750					-0.525
60	1.000	1.000			0.750				-0.525
61	1.000	1.000				0.750			-0.525
62	1.000	1.000					0.750		-0.525
63	1.000	1.000		0.750			0.750		-0.525
64	1.000	1.000			0.750		0.750		-0.525
65	1.000	1.000				0.750	0.750		-0.525
66	1.000	1.000		0.750					0.525
67	1.000	1.000			0.750				0.525
68	1.000	1.000				0.750			0.525
69	1.000	1.000					0.750		0.525
70	1.000	1.000		0.750			0.750		0.525
71	1.000	1.000			0.750		0.750		0.525
72	1.000	1.000				0.750	0.750		0.525

■ **Desplazamientos**

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V +	V -	V Combinado	N 1	SX	SY
1	1.000	1.000							
2	1.000	1.000	1.000						
3	1.000	1.000		1.000					
4	1.000	1.000	1.000	1.000					

Comb.	PP	CM 1	Q 1	V +	V -	V Combinado	N 1	SX	SY
5	1.000	1.000			1.000				
6	1.000	1.000	1.000		1.000				
7	1.000	1.000				1.000			
8	1.000	1.000	1.000			1.000			
9	1.000	1.000					1.000		
10	1.000	1.000	1.000				1.000		
11	1.000	1.000		1.000			1.000		
12	1.000	1.000	1.000	1.000			1.000		
13	1.000	1.000			1.000		1.000		
14	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000		
15	1.000	1.000				1.000	1.000		
16	1.000	1.000	1.000			1.000	1.000		
17	1.000	1.000						-1.000	
18	1.000	1.000	1.000					-1.000	
19	1.000	1.000					1.000	-1.000	
20	1.000	1.000	1.000				1.000	-1.000	
21	1.000	1.000						1.000	
22	1.000	1.000	1.000					1.000	
23	1.000	1.000					1.000	1.000	
24	1.000	1.000	1.000				1.000	1.000	
25	1.000	1.000							-1.000
26	1.000	1.000	1.000						-1.000
27	1.000	1.000					1.000		-1.000
28	1.000	1.000	1.000				1.000		-1.000
29	1.000	1.000							1.000
30	1.000	1.000	1.000						1.000
31	1.000	1.000					1.000		1.000
32	1.000	1.000	1.000				1.000		1.000

12. Datos generales del Sismo

Norma utilizada: NSR-10

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010)

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

12.1.1. Datos generales de sismo

12.2. Caracterización del emplazamiento

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	**A_a** : *0.25* g
A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	**A_v** : *0.30* g
V_m: Velocidad media de onda de cortante (NSR-10, A.2.4.3)	**V_m** : *550.00* m/s

12.2.1. 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*
Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)	**Φ_a** : *1.00*
Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)	**Φ_p** : *1.00*
Φ_{rX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)	**Φ_{rX}** : *0.75*
Φ_{rY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)	**Φ_{rY}** : *0.75*

Geometría en altura (NSR-10, A.3.3.4 y A.3.3.5): Regular

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

Se aplica reducción a todos los modos, excepto al fundamental

12.2.2. 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*

12.2.3. Efectos de la componente sísmica vertical

No se consideran

Se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Valor para multiplicar los desplazamientos 1.00

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

12.2.4. 1.4.- Análisis de la estabilidad global

Número de hipótesis gravitatorias: 4

Número de hipótesis con análisis dinámico: 2

Número de modos analizados en segundo orden: 2

El momento de vuelco producido por las acciones horizontales en las distintas hipótesis es:

	kN·m
Modo 1	1212.087
Modo 2	0.004

El momento por efecto P-delta producido por las distintas hipótesis de carga gravitatoria bajo la actuación simultánea de las hipótesis de acciones horizontales es:

	Peso propio kN·m	CM 1 kN·m	Q 1 kN·m	N 1 kN·m
Modo 1	7.488	22.669	31.737	0.000
Modo 2	0.000	0.000	0.000	0.000

Las acciones horizontales se ven incrementadas por la actuación simultánea de las acciones gravitatorias según los siguientes factores de amplificación (FA):

	Peso propio	CM 1	Q 1	N 1
Modo 1	0.006	0.019	0.026	0.000
Modo 2	0.022	0.018	0.025	0.000

Cuando en una combinación actúe una acción horizontal con un coeficiente de mayoración Fv y varias acciones gravitatorias con coeficientes de mayoración Fg1...Fgn, el coeficiente de mayoración de la acción horizontal se tomará como:

$$Fv\ (\text{estabilidad global}) = Fv \cdot \frac{1}{1-(Fg1 \cdot FA1+...+Fgn \cdot FAn)}$$

En el caso de sismo se realiza una combinación cuadrática completa, con lo que no tiene sentido la relación entre el coeficiente de mayoración amplificado y el coeficiente de mayoración sin amplificar.

13. 2.- ESTRUCTURA

13.1. Geometría

13.2. Barras

13.3. Materiales utilizados

Materiales utilizados

Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_y (MPa)	$\alpha \cdot t$ (m/m°C)	γ (kN/m³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	A 500 Grado C	200000.00	0.300	80000.00	345.00	0.000012	77.01
Acero conformado	A 500 Grado C	203000.00	0.300	78076.92	345.00	0.000012	77.01

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
f_y: Límite elástico
$\alpha \cdot t$: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

13.4. Resumen de medición

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
			PTE 4"-2.00mm	473.843			0.334			2624.60		
			PTE 4"-2.50mm	138.221			0.121			952.74		
			PTE 4"-3.00mm	128.590			0.135			1058.87		
			PTE 2"-2.00mm	622.102			0.227			1779.67		
			PTE 2-1/2"-2.00mm	301.616			0.135			1056.24		
			PTE 1-1/4"-1.50mm	283.531			0.040			317.28		
		PTE Circular negro ACESCO			1947.902			0.992			7789.40	
			R 15	92.800			0.016			128.73		
		R			92.800			0.016			128.73	
Acero laminado	A 500 Grado C					2040.702			1.009			7918.13

13.5. Medición de superficies

Acero laminado: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria (m²/m)	Longitud (m)	Superficie (m²)
PTE Circular negro ACESCO	PTE 4"-2.00mm	0.359	473.843	170.149
	PTE 4"-2.50mm	0.359	138.221	49.633
	PTE 4"-3.00mm	0.359	128.590	46.175
	PTE 2"-2.00mm	0.188	622.102	117.263
	PTE 2-1/2"-2.00mm	0.229	301.616	69.171
	PTE 1-1/4"-1.50mm	0.100	283.531	28.281
R	R 15	0.047	92.800	4.373
			Total	**485.046**

14. Cargas

14.1. Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

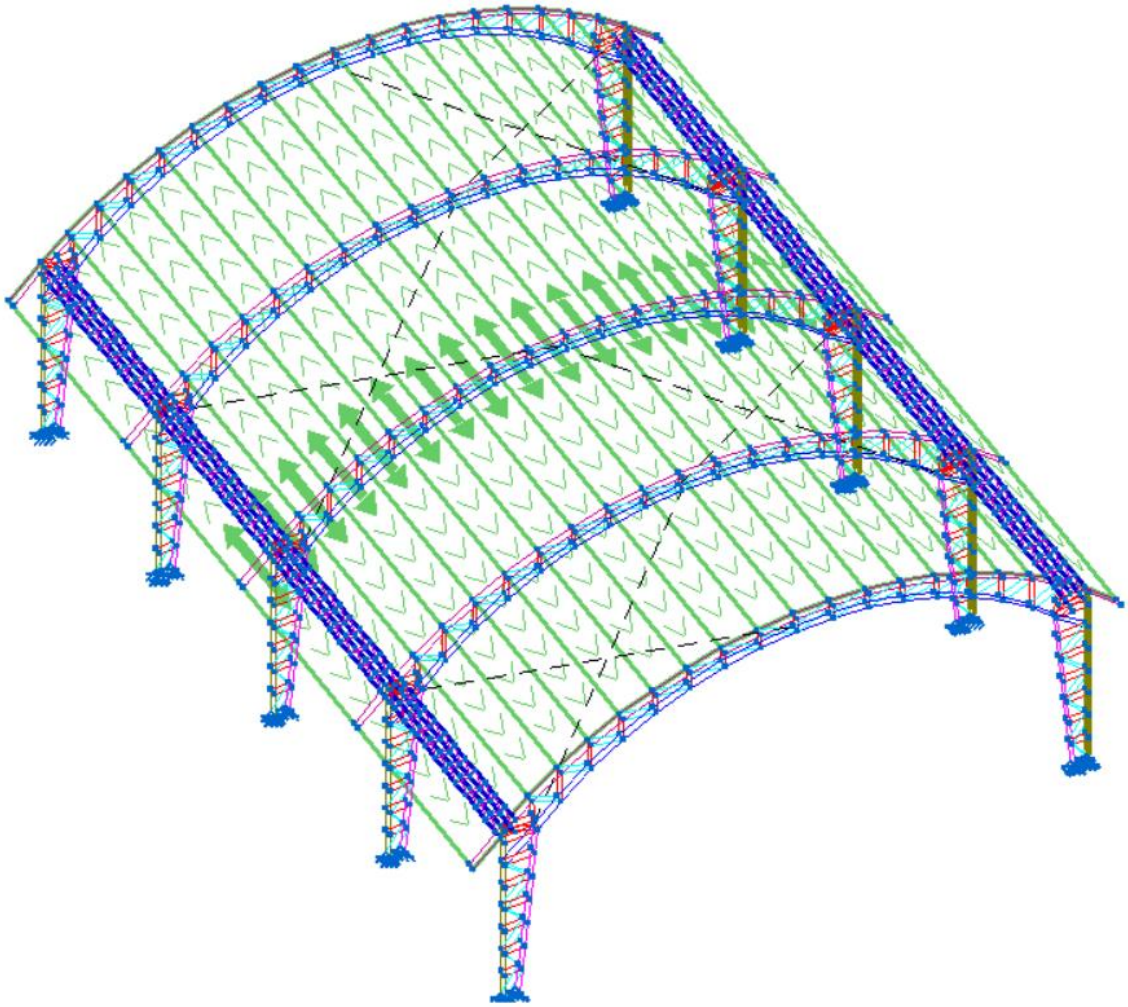
'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

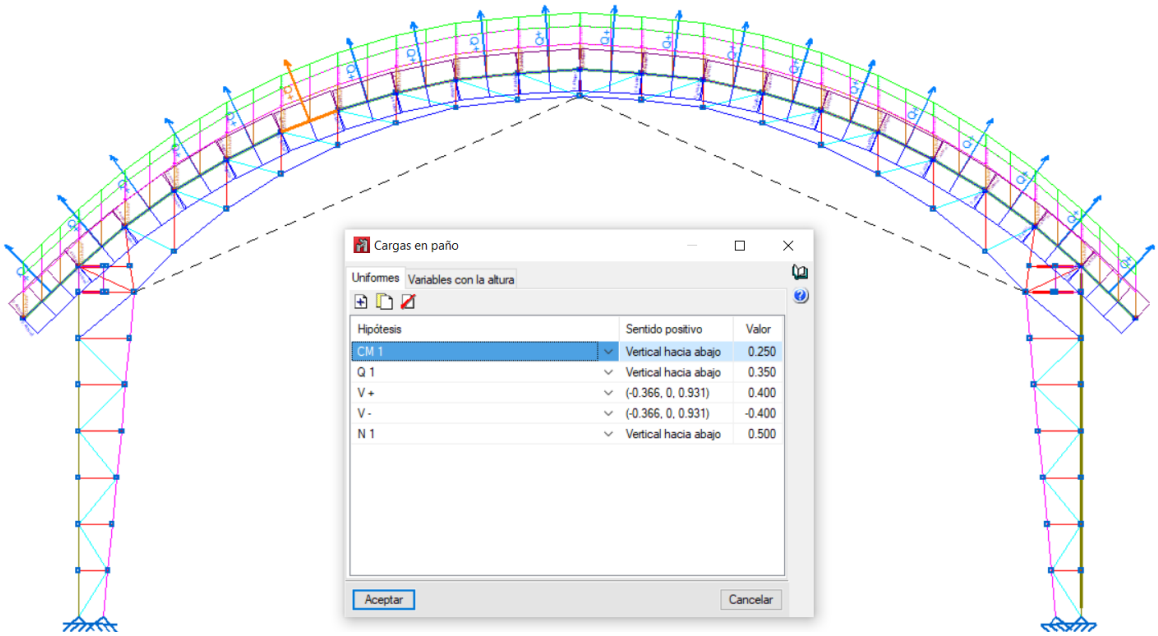
Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

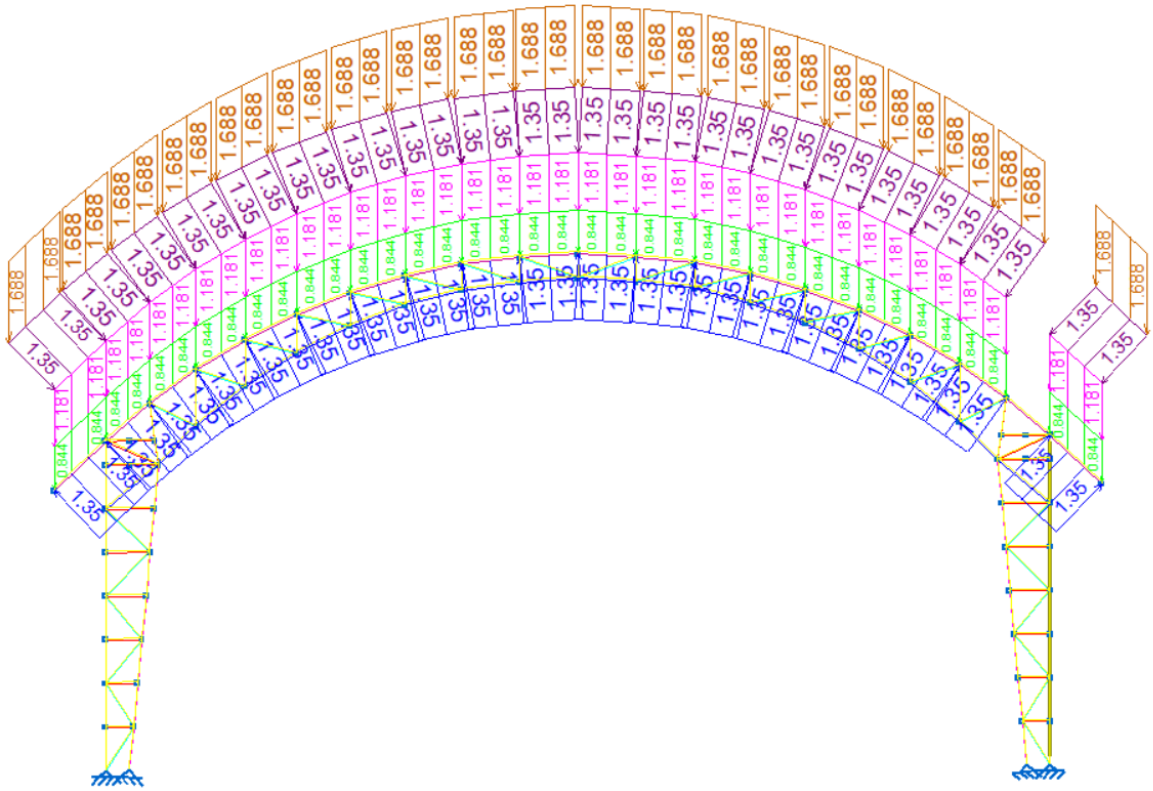
14.2. Asignación de cargas a la cubierta



CARGA POR PAÑO



CARGA DISTRIBUIDA A CERCHAR PRINCIPALES



15. Resultados

15.1. Sismo

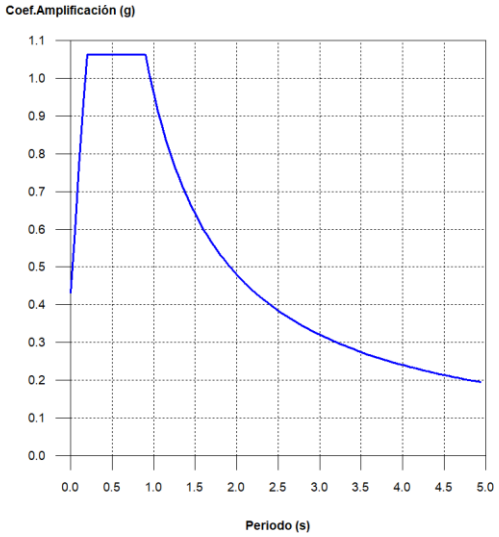
Norma utilizada: NSR-10

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010)

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

15.2. Espectro de cálculo

2.3.1.1.1.- Espectro elástico de aceleraciones



Coef.Amplificación:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.063 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

15.3. Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — **A_a** : *0.25* g

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — **A_v** : *0.30* g

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3) — **F_a** : *1.15*

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4) — **Suelo** : *C*

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — **A_a** : *0.25* g

F_v: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4) — **F_v** : *1.50*

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4) — **Suelo** : *C*

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2) — **A_v** : *0.30* g

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5) **I** : *1.10*

Tipo de edificación: III

T_c: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1) **T_c** : *0.75* s

T_l: Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1) **T_l** : *3.60* s

T_0: Periodo de inicio de la zona de aceleraciones constantes (NSR-10, A.2.6.1) **T_0** : *0.16* s

15.4. 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.

15.5. 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_Y: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (Y)

R_{Xi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X) **R_{Xi}** : *1.01*

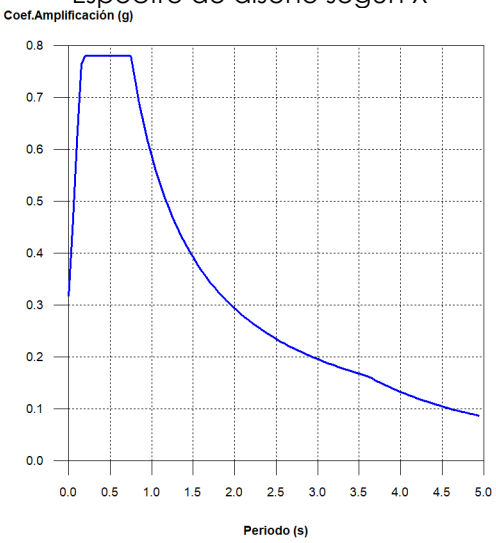
R_{Yi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y) **R_{Yi}** : *1.01*

Donde:

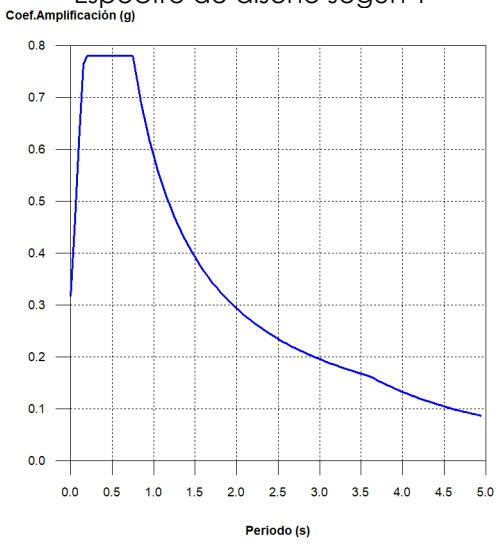
R_{0X}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3) **R_{0X}** : *1.35*
R_{0Y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3) **R_{0Y}** : *1.35*
Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5) **Φ_a** : *1.00*
Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4) **Φ_p** : *1.00*
Φ_{rX}: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8) **Φ_{rX}** : *0.75*
Φ_{rY}: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8) **Φ_{rY}** : *0.75*

NSR-10 (A.3.7)

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



15.6. Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.952	0.0203	0.9998	0.04 %	91.56 %	R = 1.01 A = 6.043 m/s² D = 138.864 mm	R = 1.01 A = 6.043 m/s² D = 138.864 mm
Modo 2	0.526	0.9973	0.0733	0.01 %	0 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 53.6809 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 53.6809 mm
Modo 3	0.467	0.7702	0.6378	0 %	0 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 42.3255 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 42.3255 mm
Modo 4	0.417	0.9528	0.3036	4.61 %	0.45 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 33.7973 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 33.7973 mm
Modo 5	0.401	0.8842	0.4672	1.05 %	0.28 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 31.1415 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 31.1415 mm
Modo 6	0.398	0.988	0.1545	0.01 %	0 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 30.8087 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 30.8087 mm
Modo 7	0.389	0.8964	0.4432	19.49 %	4.56 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 29.322 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 29.322 mm
Modo 8	0.354	0.1334	0.9911	0 %	0.01 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 24.262 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 24.262 mm

Modo	T	L_x	L_y	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 9	0.344	0.9461	0.3238	12.74 %	1.43 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 23.0042 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 23.0042 mm
Modo 10	0.339	0.9345	0.3559	0.02 %	0 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 22.2458 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 22.2458 mm
Modo 11	0.315	0.9989	0.0475	6.25 %	0.01 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 19.2892 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 19.2892 mm
Modo 12	0.303	0.9995	0.0308	48.73 %	0.04 %	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 17.8067 mm	R = 1.01 A = 7.66 m/s² D = 17.8067 mm
Total				92.95 %	98.34 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

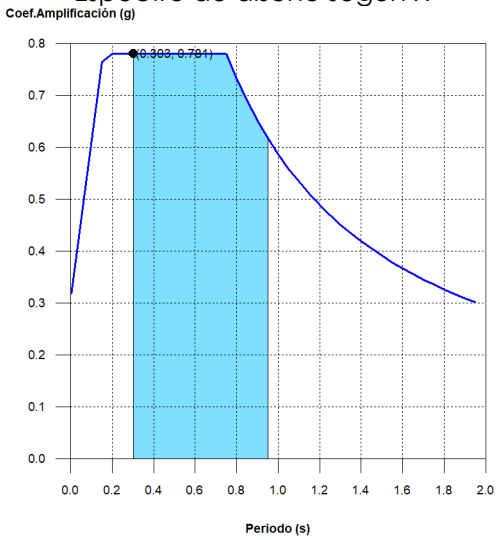
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

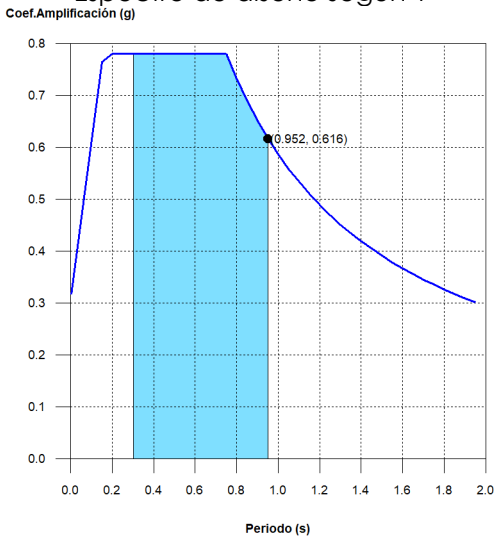
D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

15.7. Representación de los periodos modales

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



Para periodos inferiores a T_0, se aplica reducción a todos los modos excepto al fundamental, en cada dirección de análisis.

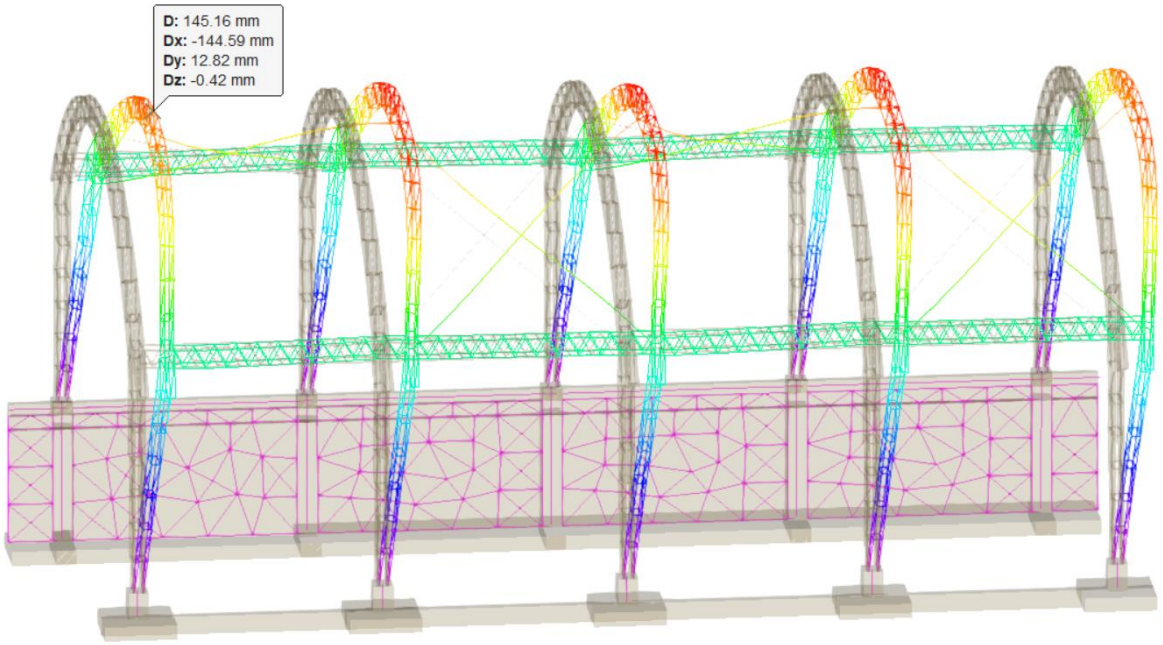
Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 12	0.303	0.781

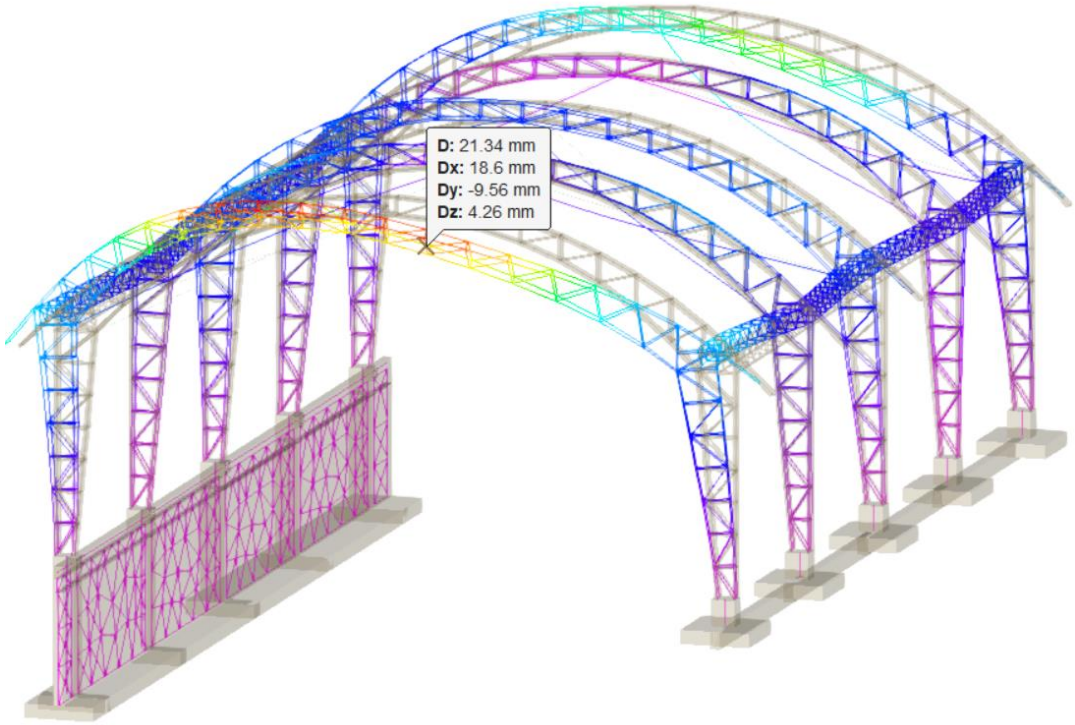
Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.952	0.616

16. DERIVAS

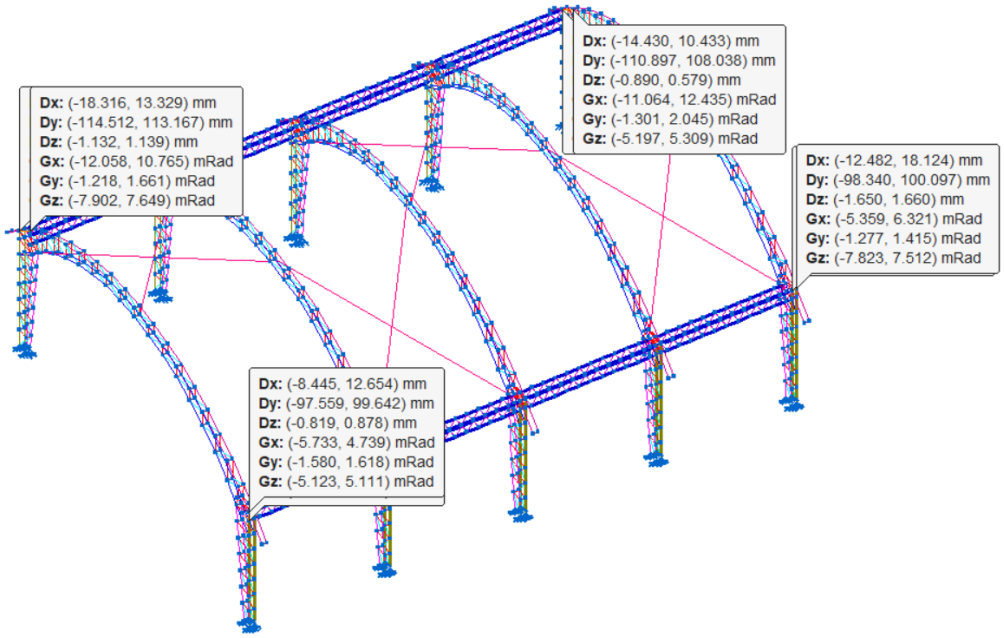
Modo 1 en Y (Escala 10 veces)



Modo 12 en X (Escala 100 veces)



DESPLAZAMIENTOS EN LAS CUATRO ESQUINAS

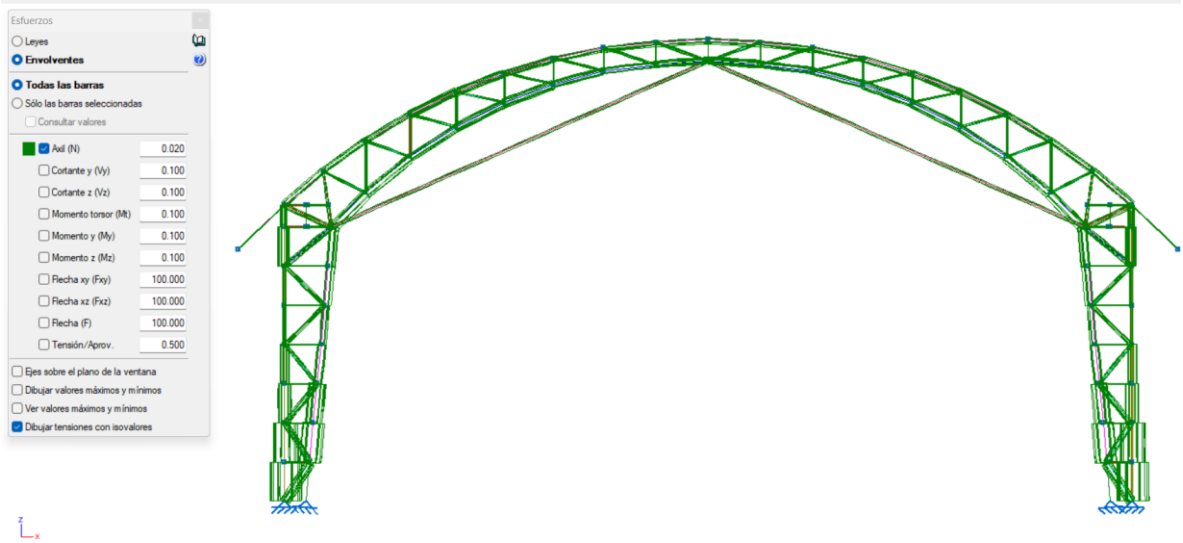


17. COMPROBACIONES DE ELEMENTOS DE ACERO

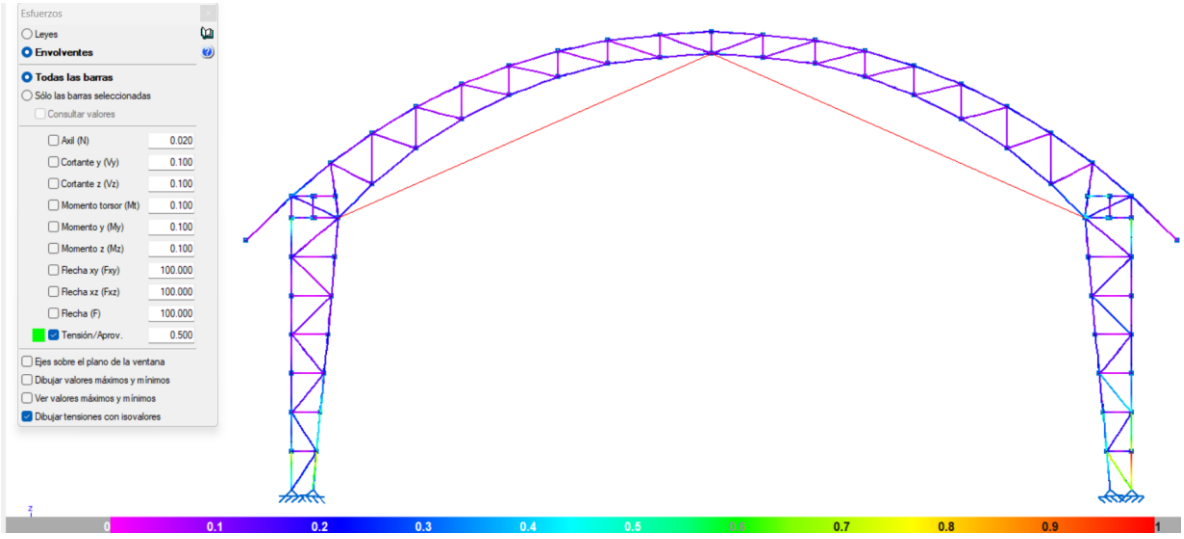
17.1. COLUMNAS

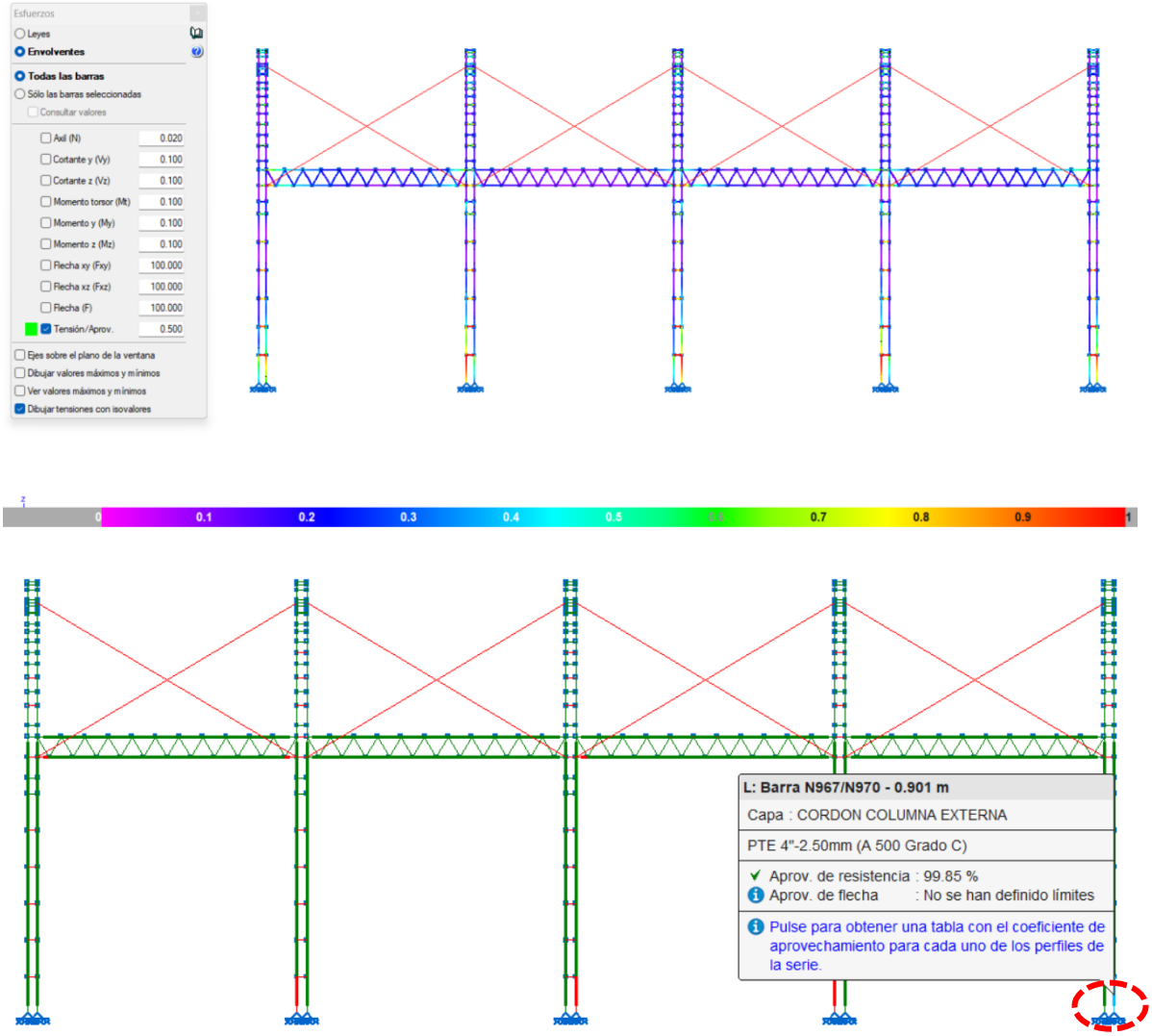
REPORTE DE COLUMNA C9

Esfuerzos axiales



Porcentaje aprovechamiento

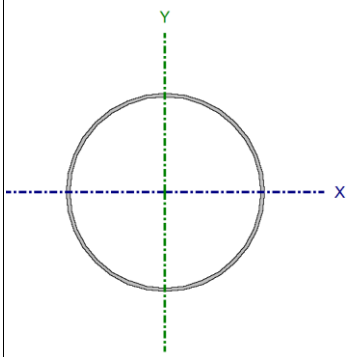




COMPROBACION DE COLUMNA B-4

Barra N967/N970

Perfil: PTE 4"-2.50mm
Material: Acero (A 500 Grado C)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_x^{(1)}$ (cm4)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N967	N970	0.901	8.78	137.26	137.26	274.52

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	0.901	0.901	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-05 (LRFD))								Estado
	P_t	λ_c	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N967/N970	x: 0.225 m η = 54.0	λ ≤ 200.0 Cumple	x: 0.225 m η = 64.8	x: 0.901 m η = 5.5	x: 0.901 m η = 34.4	η = 4.8	η = 0.6	x: 0.901 m η = 99.9	**CUMPLE** **η = 99.9**

Notación:
P_t: Resistencia a tracción
λ_c: Limitación de esbeltez para compresión
P_c: Resistencia a compresión
M_x: Resistencia a flexión eje X
M_y: Resistencia a flexión eje Y
V_x: Resistencia a corte X
V_y: Resistencia a corte Y
$PM_xM_yV_xV_yT$: Esfuerzos combinados y torsión
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

Resistencia a tracción (Capítulo D)

Se debe satisfacer:

η_T : ***0.540*** ✓

El axil de tracción solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en un punto situado a una distancia de 0.225 m del nudo N967, para la combinación de hipótesis 0.9·PP+0.9·CM1-0.3·SX-SY.

Donde:

P_r: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD — **P_r** : *147.27* kN

P_c: Resistencia de diseño a tracción — **P_c** : *272.64* kN

La resistencia de diseño a tracción es el menor valor de los obtenidos según el estado límite de fluencia a tracción de la sección bruta y el de rotura a tracción de la sección neta

Donde:

φ_t: Factor de resistencia a tracción, tomado como: — **φ_t** : *0.90*

a) Para fluencia bajo tracción en la sección bruta:

P_n : *302.94* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra. — **A** : *8.78* cm²

F_y: Límite elástico mínimo especificado — **F_y** : *345.00* MPa

Limitación de esbeltez para compresión (Capítulo E)

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

λ : ***23*** ✓

Donde:

λ: Coeficiente de esbeltez

λ : *23*

Donde:

L: Longitud de la barra — **L** : *6911* mm

K: Factor de longitud efectiva. — **K** : *0.13*

$\mathbf{r_x}$: Radio de giro respecto al eje X — $\mathbf{r_x}$: *3.95* cm

Donde:

$\mathbf{r_x}$: *3.95* cm

Donde:

$\mathbf{I_x}$: Momento de inercia respecto al eje X — $\mathbf{I_x}$: *137.26* cm4

A: Área total de la sección transversal de la barra. — **A** : *8.78* cm²

Notas:

*: La esbeltez máxima admisible está basada en las Notas de Usuario de la sección E2.

Resistencia a compresión (Capítulo E)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_T : ***0.648*** ✓

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en un punto situado a una distancia de 0.225 m del nudo N967, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

$\mathbf{P_r}$: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD — $\mathbf{P_r}$: *170.10* kN

$\mathbf{P_c}$: Resistencia de diseño a compresión — $\mathbf{P_c}$: *262.48* kN

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

φ_p: Factor de resistencia a compresión, tomado como: — φ_p : *0.90*

$\mathbf{P_n}$: Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E7-2-C: — $\mathbf{P_n}$: *291.65* kN

para secciones con elementos esbeltos (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo E - E7-2-C).

A: Área bruta de la sección de la barra. — **A** : *8.78* cm²

$\mathbf{F_{cr}}$: Tensión de pandeo por flexión, tomada como: — $\mathbf{F_{cr}}$: *332.14* MPa

a) Cuando:

Donde:

$\mathbf{F_y}$: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras — $\mathbf{F_y}$: *345.00* MPa

i) para secciones doblemente simétricas, F_e es el menor valor de: — $\mathbf{F_e}$: *3802.05* MPa

$\mathbf{F_e}$: ∞

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero	**E** :	*200000.00*	MPa
C_w: Constante de alabeo de la sección	**C_w** :	*0.00*	cm6
K_z: Factor de longitud efectiva de pandeo alrededor del eje Z	**K_z** :	*0.00*	
L: Longitud de la barra	**L** :	*6911*	mm
G: Módulo de elasticidad transversal del acero	**G** :	*80000.00*	MPa
J: Momento de inercia a torsión uniforme	**J** :	*274.52*	cm4
I_x: Momento de inercia respecto al eje X	**I_x** :	*137.26*	cm4
I_y: Momento de inercia respecto al eje Y	**I_y** :	*137.26*	cm4

F_e: Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:

F_e : *3802.05* MPa

F_{ex} : *3802.05* MPa

F_{ey} : *3802.05* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero	**E** :	*200000.00*	MPa
K: Factor de longitud efectiva.	**K_x** :	*0.13*	
	K_y :	*0.13*	
L: Longitud de la barra	**L** :	*6911*	mm
r: Radio de giro dominante	**r_x** :	*3.95*	cm
	r_y :	*3.95*	cm

Donde:

I: Momento de inercia	**I_x** :	*137.26*	cm4
	I_y :	*137.26*	cm4
A: Área total de la sección transversal de la barra.	**A** :	*8.78*	cm²
	Q :	*1.00*	

2) en secciones formadas únicamente por elementos no rigidizados:

Q_s : *1.00*

c) para secciones circulares con carga axil:

i) Cuando:

Q_a : *1.00*

Donde:

D: Diámetro exterior	**D** :	*114.30*	mm
t: Espesor de la pared	**t** :	*2.50*	mm
E: Módulo de elasticidad del acero	**E** :	*200000.00*	MPa
F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras	**F_y** :	*345.00*	MPa

Resistencia a flexión eje X (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_M : ***0.055*** ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r, se produce en el nudo N970, para la combinacíon de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD	**M_r** : *0.52*	kN·m
M_c: Resistencia de diseño a flexión	**M_c** : *9.44*	kN·m

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión	**φ_b** : *0.90*	
M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 8, Sección 2, División b	**M_n** : *10.49*	kN·m

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida	**M_r^+** : *0.48*	kN·m
	M_r^- : *0.52*	kN·m

1. Fluencia

M_n : *10.78* kN·m

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado	**F_y** : *345.00*	MPa
Z: Módulo resistente plástico	**Z** : *31.25*	cm³

2. Pandeo local del ala

b) para secciones no compactas

M_n : *10.49* kN·m

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero	**E** : *200000.00*	MPa
D: Diámetro exterior	**D** : *114.30*	mm
t: Espesor de la pared	**t** : *2.50*	mm
F_y: Límite elástico mínimo especificado	**F_y** : *345.00*	MPa
S: Módulo resistente elástico	**S** : *24.02*	cm³

Resistencia a flexión eje Y (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_M : ***0.344*** ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r, se produce en el nudo N970, para la combinacíon de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD — M_r : 3.25 kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión — M_c : 9.44 kN·m

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión — φ_b : 0.90

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 8, Sección 2, División b — M_n : 10.49 kN·m

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida — M_r^+ : 3.12 kN·m

M_r^- : 3.25 kN·m

1. Fluencia

M_n : 10.78 kN·m

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado — F_y : 345.00 MPa

Z: Módulo resistente plástico — **Z** : 31.25 cm³

2. Pandeo local del ala

b) para secciones no compactas

M_n : 10.49 kN·m

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : 200000.00 MPa

D: Diámetro exterior — **D** : 114.30 mm

t: Espesor de la pared — **t** : 2.50 mm

F_y: Límite elástico mínimo especificado — F_y : 345.00 MPa

S: Módulo resistente elástico — **S** : 24.02 cm³

Resistencia a corte X (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_v : ***0.048*** ✓

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD — V_r : 3.63 kN

V_c: Resistencia de diseño a cortante

V_c : 76.19 kN

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

φ_v: Factor de resistencia a cortante — φ_v : *0.90*

V_n: se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos redondos, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo G - G-6).

V_n : *84.65* kN

Donde:

F_{cr}: Tensión crítica, tomada como el mayor de los siguientes valores: F_{cr} : *207.00* MPa

F_{cr} : *316.13* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

L_v: La distancia entre los puntos de cortante máximo y cortante cero, tomada, de forma conservadora, como la longitud de la viga — L_v : *6911.06* mm

D: Diámetro exterior — **D** : *114.30* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *2.33* mm

F_{cr} : *452.57* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

D: Diámetro exterior — **D** : *114.30* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *2.33* mm

A: Área bruta del tubo hueco, basada en el espesor de diseño de la pared — **A** : *8.18* cm²

Resistencia a corte Y (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_v : ***0.006*** ✓

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD — V_r : *0.48* kN

V_c: Resistencia de diseño a cortante

V_c : *76.19* kN

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

ϕ_v: Factor de resistencia a cortante — ϕ_v : 0.90

V_n: se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos redondos, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo G - G-6).

V_n : 84.65 kN

Donde:

F_{cr}: Tensión crítica, tomada como el mayor de los siguientes valores: — F_{cr} : 207.00 MPa

F_{cr} : 316.13 MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : 200000.00 MPa

L_v: La distancia entre los puntos de cortante máximo y cortante cero, tomada, de forma conservadora, como la longitud de la viga — L_v : 6911.06 mm

D: Diámetro exterior — **D** : 114.30 mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : 2.33 mm

F_{cr} : 452.57 MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : 200000.00 MPa

D: Diámetro exterior — **D** : 114.30 mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : 2.33 mm

A: Área bruta del tubo hueco, basada en el espesor de diseño de la pared — **A** : 8.18 cm²

Esfuerzos combinados y torsión (Capítulo H)

Se debe cumplir el siguiente criterio:

η : ***0.999*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N970, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

η: calculado según Artículo 1, Sección 1

1. Secciones con simetría doble y simple sometidas a flexión y compresión

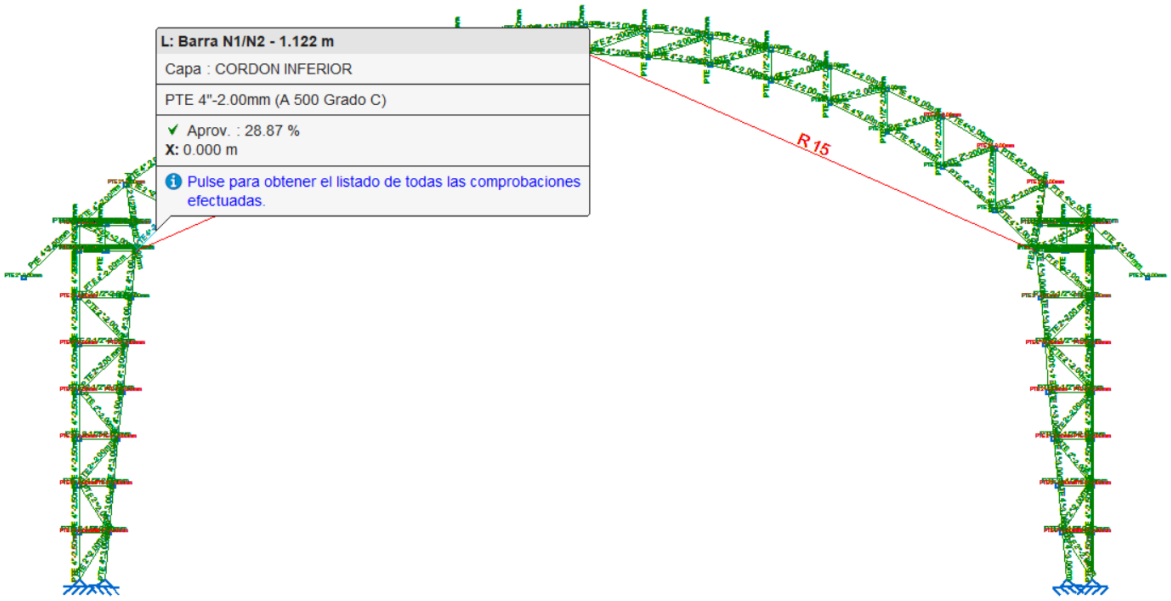
a) Para

η : *1.00*

Donde:

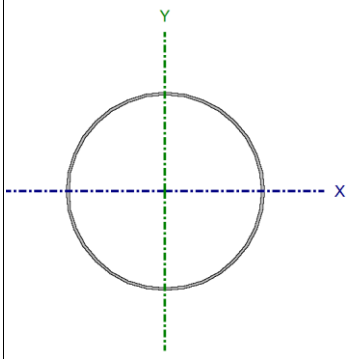
P_r: Resistencia a compresión requerida	**P_r** :	*169.59*	kN
P_c: Resistencia de diseño a compresión, calculado según el Capítulo E	**P_c** :	*262.48*	kN
M_{rx}: Resistencia a flexión requerida en el eje fuerte	**M_{rx}** :	*0.52*	kN·m
M_{cx}: Resistencia de diseño a flexión en el eje fuerte, calculado según el Capítulo F	**M_{cx}** :	*9.44*	kN·m
M_{ry}: Resistencia a flexión requerida en el eje débil	**M_{ry}** :	*3.23*	kN·m
M_{cy}: Resistencia de diseño a flexión en el eje débil, calculado según el Capítulo F	**M_{cy}** :	*9.44*	kN·m

17.2. CORDON INFERIOR DE CERCHA



Barra N1/N2

Perfil: PTE 4"-2.00mm
Material: Acero (A 500 Grado C)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N1	N2	1.122	7.06	111.27	111.27	222.53

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	1.122	1.122	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-05 (LRFD))								Estado
	P_t	λ_c	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N1/N2	x: 0.935 m η = 10.2	λ ≤ 200.0 Cumple	x: 0.935 m η = 21.6	x: 0 m η = 4.8	x: 0 m η = 16.7	x: 0 m η = 1.7	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 28.9	**CUMPLE** **η = 28.9**

Notación:
P_t: Resistencia a tracción
λ_c: Limitación de esbeltez para compresión
P_c: Resistencia a compresión
M_x: Resistencia a flexión eje X
M_y: Resistencia a flexión eje Y
V_x: Resistencia a corte X
V_y: Resistencia a corte Y
$PM_xM_yV_xV_yT$: Esfuerzos combinados y torsión
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

Resistencia a tracción (Capítulo D)

Se debe satisfacer:

η_T : ***0.102*** ✓

El axil de tracción solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en un punto situado a una distancia de 0.935 m del nudo N1, para la combinación de hipótesis 0.9·PP+0.9·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

P_r: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD — **P_r** : *22.25* kN

P_c: Resistencia de diseño a tracción — **P_c** : *219.09* kN

La resistencia de diseño a tracción es el menor valor de los obtenidos según el estado límite de fluencia a tracción de la sección bruta y el de rotura a tracción de la sección neta

Donde:

φ_t: Factor de resistencia a tracción, tomado como: — **φ_t** : *0.90*

a) Para fluencia bajo tracción en la sección bruta:

P_n : *243.43* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra. — **A** : *7.06* cm²

F_y: Límite elástico mínimo especificado — **F_y** : *345.00* MPa

Limitación de esbeltez para compresión (Capítulo E)

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

λ : ***28*** ✓

Donde:

λ: Coeficiente de esbeltez

λ : *28*

Donde:

L: Longitud de la barra — **L** : *1122* mm

K: Factor de longitud efectiva. — **K** : *1.00*

$\mathbf{r_x}$: Radio de giro respecto al eje X — $\mathbf{r_x}$: *3.97* cm

Donde:

$\mathbf{r_x}$: *3.97* cm

Donde:

$\mathbf{I_x}$: Momento de inercia respecto al eje X — $\mathbf{I_x}$: *111.27* cm4

A: Área total de la sección transversal de la barra. — **A** : *7.06* cm²

Notas:

*: La esbeltez máxima admisible está basada en las Notas de Usuario de la sección E2.

Resistencia a compresión (Capítulo E)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_T : ***0.216*** ✓

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en un punto situado a una distancia de 0.935 m del nudo N1, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1-0.3·SX-SY.

Donde:

$\mathbf{P_r}$: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD — $\mathbf{P_r}$: *44.66* kN

$\mathbf{P_c}$: Resistencia de diseño a compresión — $\mathbf{P_c}$: *206.65* kN

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

φ_P: Factor de resistencia a compresión, tomado como: — φ_P : *0.90*

$\mathbf{P_n}$: Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E7-2-C: — $\mathbf{P_n}$: *229.61* kN

para secciones con elementos esbeltos (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo E - E7-2-C).

A: Área bruta de la sección de la barra. — **A** : *7.06* cm²

$\mathbf{F_{cr}}$: Tensión de pandeo por flexión, tomada como: — $\mathbf{F_{cr}}$: *325.41* MPa

a) Cuando:

Donde:

$\mathbf{F_y}$: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras — $\mathbf{F_y}$: *345.00* MPa

i) para secciones doblemente simétricas, F_e es el menor valor de: — $\mathbf{F_e}$: *2470.77* MPa

F_e : ∞

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero	**E** :	*200000.00*	MPa
C_w: Constante de alabeo de la sección	**C_w** :	*0.00*	cm6
K_z: Factor de longitud efectiva de pandeo alrededor del eje Z	**K_z** :	*0.00*	
L: Longitud de la barra	**L** :	*1122*	mm
G: Módulo de elasticidad transversal del acero	**G** :	*80000.00*	MPa
J: Momento de inercia a torsión uniforme	**J** :	*222.53*	cm4
I_x: Momento de inercia respecto al eje X	**I_x** :	*111.27*	cm4
I_y: Momento de inercia respecto al eje Y	**I_y** :	*111.27*	cm4
F_e: Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:	**F_e** :	*2470.77*	MPa
	F_{ex} :	*2470.77*	MPa
	F_{ey} :	*2470.77*	MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero	**E** :	*200000.00*	MPa
K: Factor de longitud efectiva.	**K_x** :	*1.00*	
	K_y :	*1.00*	
L: Longitud de la barra	**L** :	*1122*	mm
r: Radio de giro dominante	**r_x** :	*3.97*	cm
	r_y :	*3.97*	cm

Donde:

I: Momento de inercia	**I_x** :	*111.27*	cm4
	I_y :	*111.27*	cm4
A: Área total de la sección transversal de la barra.	**A** :	*7.06*	cm²
	Q :	*1.00*	

2) en secciones formadas únicamente por elementos no rigidizados:

Q_s : *1.00*

c) para secciones circulares con carga axil:

i) Cuando:

Q_a : *1.00*

Donde:

D: Diámetro exterior	**D** :	*114.30*	mm
t: Espesor de la pared	**t** :	*2.00*	mm
E: Módulo de elasticidad del acero	**E** :	*200000.00*	MPa
F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras	**F_y** :	*345.00*	MPa

Resistencia a flexión eje X (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_M : ***0.048*** ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r, se produce en el nudo N1, para la combinacíon de acciones 1.2·PP+1.2·CM1-0.3·SX-SY.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD — **M_r** : *0.36* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión — **M_c** : *7.33* kN·m

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión — **φ_b** : *0.90*

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 8, Sección 2, División b — **M_n** : *8.15* kN·m

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida — **M_r^+** : *0.20* kN·m; **M_r^-** : *0.36* kN·m

1. Fluencia

M_n : *8.70* kN·m

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado — **F_y** : *345.00* MPa

Z: Módulo resistente plástico — **Z** : *25.23* cm³

2. Pandeo local del ala

b) para secciones no compactas

M_n : *8.15* kN·m

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

D: Diámetro exterior — **D** : *114.30* mm

t: Espesor de la pared — **t** : *2.00* mm

F_y: Límite elástico mínimo especificado — **F_y** : *345.00* MPa

S: Módulo resistente elástico — **S** : *19.47* cm³

Resistencia a flexión eje Y (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_M : ***0.167*** ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r, se produce en el nudo N1, para la combinacíon de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+SX+0.3·SY.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD — **M_r** : *1.23* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión — **M_c** : *7.33* kN·m

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión — **φ_b** : *0.90*

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 8, Sección 2, División b — **M_n** : *8.15* kN·m

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida — **M_r^+** : *1.20* kN·m

M_r^- : *1.23* kN·m

1. Fluencia

M_n : *8.70* kN·m

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado — **F_y** : *345.00* MPa

Z: Módulo resistente plástico — **Z** : *25.23* cm³

2. Pandeo local del ala

b) para secciones no compactas

M_n : *8.15* kN·m

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

D: Diámetro exterior — **D** : *114.30* mm

t: Espesor de la pared — **t** : *2.00* mm

F_y: Límite elástico mínimo especificado — **F_y** : *345.00* MPa

S: Módulo resistente elástico — **S** : *19.47* cm³

Resistencia a corte X (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_V : ***0.017*** ✓

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en el nudo N1, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+SX+0.3·SY.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD — **V_r** : *1.06* kN

V_c: Resistencia de diseño a cortante

V_c : *61.20* kN

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

φ_v: Factor de resistencia a cortante — **φ_v** : *0.90*

V_n: se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos redondos, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo G - G-6).

V_n : *68.00* kN

Donde:

F_{cr}: Tensión crítica, tomada como el mayor de los siguientes valores: — **F_{cr}** : *207.00* MPa

F_{cr} : *593.51* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

L_v: La distancia entre los puntos de cortante máximo y cortante cero, tomada, de forma conservadora, como la longitud de la viga — **L_v** : *1122.41* mm

D: Diámetro exterior — **D** : *114.30* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *1.86* mm

F_{cr} : *323.84* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

D: Diámetro exterior — **D** : *114.30* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *1.86* mm

A: Área bruta del tubo hueco, basada en el espesor de diseño de la pared — **A** : *6.57* cm²

Resistencia a corte Y (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_v : ***0.005*** ✓

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en el nudo N1, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+SX+0.3·SY.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD — **V_r** : *0.31* kN

V_c: Resistencia de diseño a cortante

V_c : *61.20* kN

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

φ_v: Factor de resistencia a cortante — **φ_v** : *0.90*

V_n: se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos redondos, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo G - G-6).

V_n : *68.00* kN

Donde:

F_{cr}: Tensión crítica, tomada como el mayor de los siguientes valores: — **F_{cr}** : *207.00* MPa

F_{cr} : *593.51* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

L_v: La distancia entre los puntos de cortante máximo y cortante cero, tomada, de forma conservadora, como la longitud de la viga — **L_v** : *1122.41* mm

D: Diámetro exterior — **D** : *114.30* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *1.86* mm

F_{cr} : *323.84* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

D: Diámetro exterior — **D** : *114.30* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *1.86* mm

A: Área bruta del tubo hueco, basada en el espesor de diseño de la pared — **A** : *6.57* cm²

Esfuerzos combinados y torsión (Capítulo H)

Se debe cumplir el siguiente criterio:

η : ***0.289*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1-0.3·SX-SY.
Donde:

η: calculado según Artículo 1, Sección 1

1. Secciones con simetría doble y simple sometidas a flexión y compresión

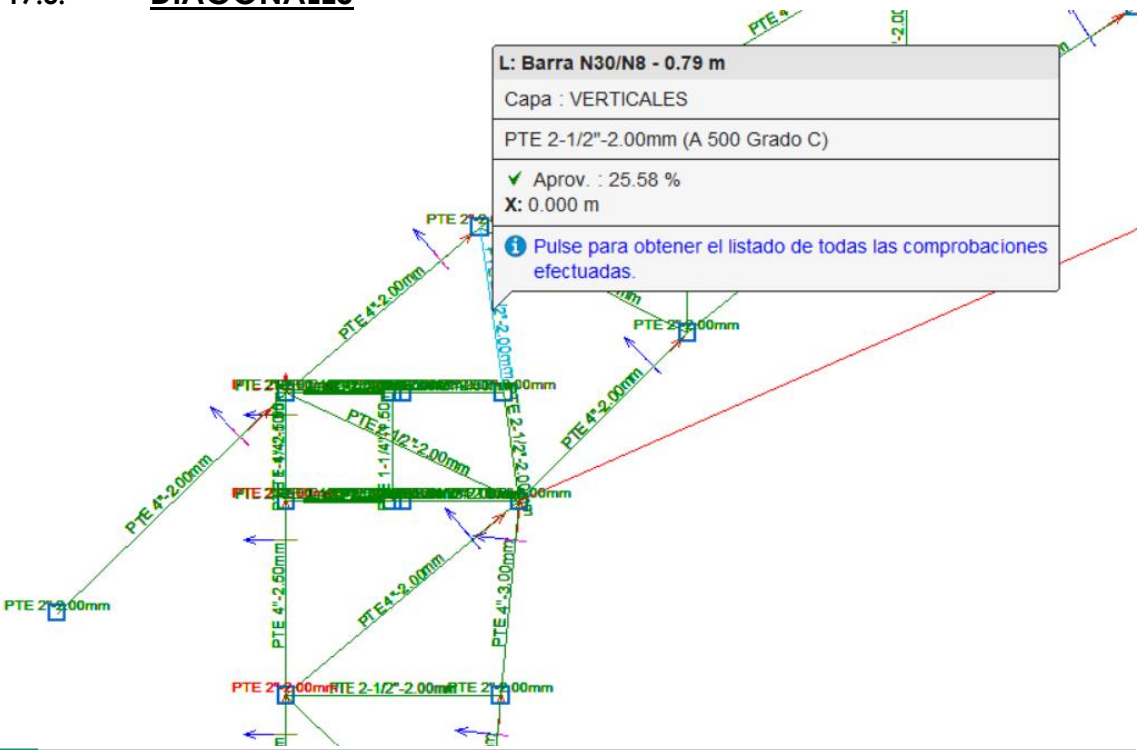
a) Para

η : *0.29*

Donde:

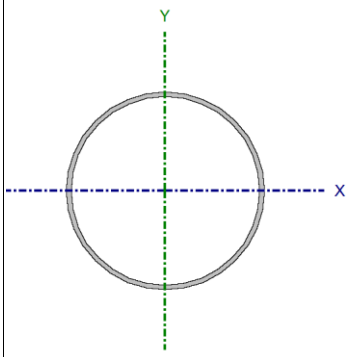
P_r: Resistencia a compresión requerida	**P_r** : *41.76*	kN
P_c: Resistencia de diseño a compresión, calculado según el Capítulo E	**P_c** : *206.65*	kN
M_{rx}: Resistencia a flexión requerida en el eje fuerte	**M_{rx}** : *0.35*	kN·m
M_{cx}: Resistencia de diseño a flexión en el eje fuerte, calculado según el Capítulo F	**M_{cx}** : *7.33*	kN·m
M_{ry}: Resistencia a flexión requerida en el eje débil	**M_{ry}** : *0.37*	kN·m
M_{cy}: Resistencia de diseño a flexión en el eje débil, calculado según el Capítulo F	**M_{cy}** : *7.33*	kN·m

17.3. DIAGONALES



Barra N30/N8

Perfil: PTE 2-1/2"-2.00mm
Material: Acero (A 500 Grado C)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_x^{(1)}$ (cm4)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N30	N8	0.790	4.46	28.13	28.13	56.27

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	0.790	0.790	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-05 (LRFD))								Estado
	P_t	λ_c	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N30/N8	x: 0.79 m η = 6.5	λ ≤ 200.0 Cumple	x: 0 m η = 8.7	x: 0.79 m η = 1.5	x: 0 m η = 21.3	η = 3.5	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 25.6	**CUMPLE** **η = 25.6**

Notación:
P_t: Resistencia a tracción
λ_c: Limitación de esbeltez para compresión
P_c: Resistencia a compresión
M_x: Resistencia a flexión eje X
M_y: Resistencia a flexión eje Y
V_x: Resistencia a corte X
V_y: Resistencia a corte Y
$PM_xM_yV_xV_yT$: Esfuerzos combinados y torsión
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

Resistencia a tracción (Capítulo D)

Se debe satisfacer:

η_T : ***0.065*** ✓

El axil de tracción solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en el nudo N8, para la combinación de hipótesis 0.9·PP+0.9·CM1-SX-0.3·SY.

Donde:

P_r: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD — **P_r** : *8.99* kN

P_c: Resistencia de diseño a tracción — **P_c** : *138.52* kN

La resistencia de diseño a tracción es el menor valor de los obtenidos según el estado límite de fluencia a tracción de la sección bruta y el de rotura a tracción de la sección neta

Donde:

φ_t: Factor de resistencia a tracción, tomado como: — **φ_t** : *0.90*

a) Para fluencia bajo tracción en la sección bruta:

P_n : *153.91* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra. **A** : *4.46* cm²
F_y: Límite elástico mínimo especificado **F_y** : *345.00* MPa

Limitación de esbeltez para compresión (Capítulo E)

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

λ : ***31*** ✓

Donde:

λ: Coeficiente de esbeltez

λ : *31*

Donde:

L: Longitud de la barra **L** : *790* mm
K: Factor de longitud efectiva. **K** : *1.00*
r_x: Radio de giro respecto al eje X **r_x** : *2.51* cm

Donde:

r_x : *2.51* cm

Donde:

I_x: Momento de inercia respecto al eje X **I_x** : *28.13* cm4
A: Área total de la sección transversal de la barra. **A** : *4.46* cm²

Notas:

*: La esbeltez máxima admisible está basada en las Notas de Usuario de la sección E2.

Resistencia a compresión (Capítulo E)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_T : ***0.087*** ✓

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en el nudo N30, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+SX+0.3·SY.

Donde:

P_r: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD	**P_r** : *11.26*	kN
P_c: Resistencia de diseño a compresión	**P_c** : *128.85*	kN

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

φ_p: Factor de resistencia a compresión, tomado como:	**φ_p** : *0.90*	
P_n: Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E7-2-C:	**P_n** : *143.17*	kN

para secciones con elementos esbeltos (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo E - E7-2-C).

A: Área bruta de la sección de la barra.	**A** : *4.46*	cm²
F_{cr}: Tensión de pandeo por flexión, tomada como:	**F_{cr}** : *320.94*	MPa

a) Cuando:

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras	**F_y** : *345.00*	MPa
i) para secciones doblemente simétricas, F_e es el menor valor de:	**F_e** : *1997.08*	MPa
	F_e : ∞	

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero	**E** : *200000.00*	MPa
C_w: Constante de alabeo de la sección	**C_w** : *0.00*	cm6
K_z: Factor de longitud efectiva de pandeo alrededor del eje Z	**K_z** : *0.00*	
L: Longitud de la barra	**L** : *790*	mm
G: Módulo de elasticidad transversal del acero	**G** : *80000.00*	MPa
J: Momento de inercia a torsión uniforme	**J** : *56.27*	cm4
I_x: Momento de inercia respecto al eje X	**I_x** : *28.13*	cm4
I_y: Momento de inercia respecto al eje Y	**I_y** : *28.13*	cm4
F_e: Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:	**F_e** : *1997.08*	MPa
	F_{ex} : *1997.08*	MPa

F_{ey} : *1997.08* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

K: Factor de longitud efectiva. — K_x : *1.00*; K_y : *1.00*

L: Longitud de la barra — **L** : *790* mm

r: Radio de giro dominante — r_x : *2.51* cm; r_y : *2.51* cm

Donde:

I: Momento de inercia — I_x : *28.13* cm4; I_y : *28.13* cm4

A: Área total de la sección transversal de la barra. — **A** : *4.46* cm²

Q : *1.00*

2) en secciones formadas únicamente por elementos no rigidizados:

Q_s : *1.00*

c) para secciones circulares con carga axil:

i) Cuando:

Q_a : *1.00*

Donde:

D: Diámetro exterior — **D** : *73.00* mm

t: Espesor de la pared — **t** : *2.00* mm

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras — F_y : *345.00* MPa

Resistencia a flexión eje X (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_M : ***0.015*** ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r, se produce en el nudo N8, para la combinacíon de acciones 1.2·PP+1.2·CM1-SX-0.3·SY.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD — M_r : *0.05* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión — **M_c** : *3.13* kN·m

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión — **φ_b** : *0.90*

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 8, Sección 1 — **M_n** : *3.48* kN·m

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida — **M_r^+** : *0.05* kN·m; **M_r^-** : *0.03* kN·m

1. Fluencia

M_n : *3.48* kN·m

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado — **F_y** : *345.00* MPa

Z: Módulo resistente plástico — **Z** : *10.08* cm³

2. Pandeo local del ala

a) para secciones compactas, el estado límite de pandeo local del ala no se aplica

Resistencia a flexión eje Y (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_M : ***0.213*** ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r, se produce en el nudo N30, para la combinacíon de acciones 1.2·PP+1.2·CM1-SX-0.3·SY.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD — **M_r** : *0.67* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión — **M_c** : *3.13* kN·m

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión — **φ_b** : *0.90*

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 8, Sección 1 — **M_n** : *3.48* kN·m

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida — **M_r^+** : *0.66* kN·m; **M_r^-** : *0.67* kN·m

1. Fluencia

M_n : *3.48* kN·m

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado — **F_y** : *345.00* MPa

Z: Módulo resistente plástico — **Z** : *10.08* cm³

2. Pandeo local del ala

a) para secciones compactas, el estado límite de pandeo local del ala no se aplica

Resistencia a corte X (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_v : ***0.035*** ✓

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+SX+0.3·SY.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD — **V_r** : *1.36* kN

V_c: Resistencia de diseño a cortante

V_c : *38.72* kN

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

φ_v: Factor de resistencia a cortante — **φ_v** : *0.90*

V_n: se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos redondos, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo G - G-6).

V_n : *43.02* kN

Donde:

F_{cr}: Tensión crítica, tomada como el mayor de los siguientes valores: — **F_{cr}** : *207.00* MPa

F_{cr} : *990.54* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

L_v: La distancia entre los puntos de cortante máximo y cortante cero, tomada, de forma conservadora, como la longitud de la viga — **L_v** : *789.50* mm

D: Diámetro exterior — **D** : *73.00* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *1.86* mm

F_{cr} : *634.47* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

D: Diámetro exterior — **D** : *73.00* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *1.86* mm

A: Área bruta del tubo hueco, basada en el espesor de diseño de la pared — **A** : *4.16* cm²

Resistencia a corte Y (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_V : ***0.003*** ✓

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en el nudo N30, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1-SX-0.3·SY.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD — **V_r** : *0.11* kN

V_c: Resistencia de diseño a cortante

V_c : *38.72* kN

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

φ_v: Factor de resistencia a cortante — **φ_v** : *0.90*

V_n: se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos redondos, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo G - G-6).

V_n : *43.02* kN

Donde:

F_{cr}: Tensión crítica, tomada como el mayor de los siguientes valores: — **F_{cr}** : *207.00* MPa

F_{cr} : *990.54* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

L_v: La distancia entre los puntos de cortante máximo y cortante cero, tomada, de forma conservadora, como la longitud de la viga — **L_v** : *789.50* mm

D: Diámetro exterior — **D** : *73.00* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *1.86* mm

F_{cr} : *634.47* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

D: Diámetro exterior — **D** : *73.00* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *1.86* mm

A: Área bruta del tubo hueco, basada en el espesor de diseño de la pared — **A** : *4.16* cm²

Esfuerzos combinados y torsión (Capítulo H)

Se debe cumplir el siguiente criterio:

η : ***0.256*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N30, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+SX+0.3·SY.

Donde:

η: calculado según Artículo 1, Sección 1

1. Secciones con simetría doble y simple sometidas a flexión y compresión

b) Para

η : *0.26*

Donde:

P_r: Resistencia a compresión requerida — P_r : *11.26* kN

P_c: Resistencia de diseño a compresión, calculado según el Capítulo E — P_c : *128.85* kN

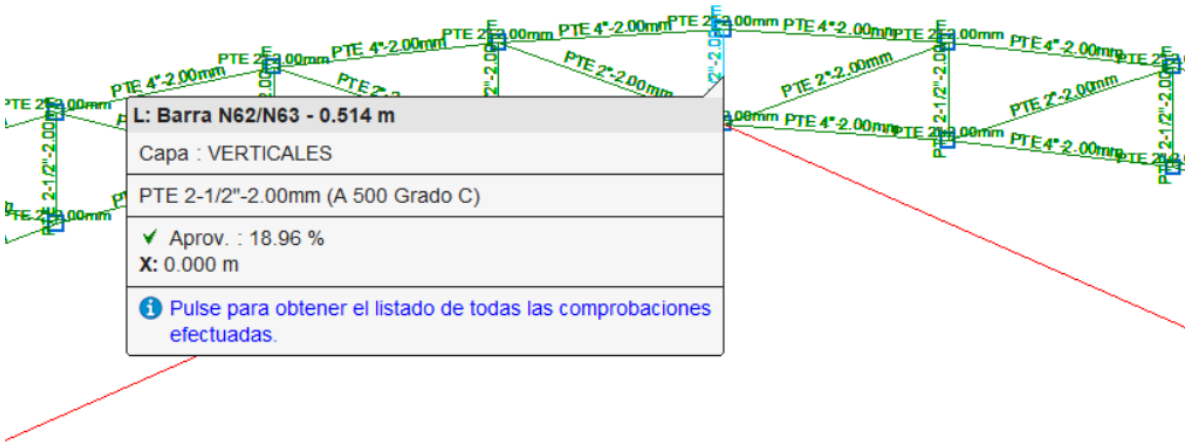
M_{rx}: Resistencia a flexión requerida en el eje fuerte — M_{rx} : *0.01* kN·m

M_{cx}: Resistencia de diseño a flexión en el eje fuerte, calculado según el Capítulo F — M_{cx} : *3.13* kN·m

M_{ry}: Resistencia a flexión requerida en el eje débil — M_{ry} : *0.66* kN·m

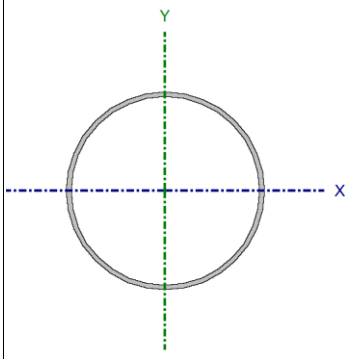
M_{cy}: Resistencia de diseño a flexión en el eje débil, calculado según el Capítulo F — M_{cy} : *3.13* kN·m

17.4. VERTICALES



Barra N62/N63

Perfil: PTE 2-1/2"-2.00mm
Material: Acero (A 500 Grado C)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N62	N63	0.514	4.46	28.13	28.13	56.27

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	0.514	0.514	0.000	0.000
C_b	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-05 (LRFD))								Estado
	P_t	λ_c	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N62/N63	x: 0.514 m η = 1.4	λ ≤ 200.0 Cumple	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η = 6.4	x: 0 m η = 15.3	η = 4.7	x: 0.514 m η = 2.0	x: 0 m η = 19.0	**CUMPLE** **η = 19.0**

Notación:
P_t: Resistencia a tracción
λ_c: Limitación de esbeltez para compresión
P_c: Resistencia a compresión
M_x: Resistencia a flexión eje X
M_y: Resistencia a flexión eje Y
V_x: Resistencia a corte X
V_y: Resistencia a corte Y
$PM_xM_yV_xV_yT$: Esfuerzos combinados y torsión
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

Resistencia a tracción (Capítulo D)

Se debe satisfacer:

η_T : ***0.014*** ✓

El axil de tracción solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en el nudo N63, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1+0.8·V-.

Donde:

P_r: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD — **P_r** : *2.00* kN

P_c: Resistencia de diseño a tracción — **P_c** : *138.52* kN

La resistencia de diseño a tracción es el menor valor de los obtenidos según el estado límite de fluencia a tracción de la sección bruta y el de rotura a tracción de la sección neta

Donde:

φ_t: Factor de resistencia a tracción, tomado como: — **φ_t** : *0.90*

a) Para fluencia bajo tracción en la sección bruta:

P_n : *153.91* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra. — **A** : *4.46* cm²

F_y: Límite elástico mínimo especificado — **F_y** : *345.00* MPa

Limitación de esbeltez para compresión (Capítulo E)

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

λ : ***20*** ✓

Donde:

λ: Coeficiente de esbeltez

λ : *20*

Donde:

L: Longitud de la barra — **L** : *514* mm

K: Factor de longitud efectiva. — **K** : *1.00*

r_x: Radio de giro respecto al eje X — **r_x** : *2.51* cm

Donde:

r_x : *2.51* cm

Donde:

I_x: Momento de inercia respecto al eje X — **I_x** : *28.13* cm4

A: Área total de la sección transversal de la barra. — **A** : *4.46* cm²

Notas:

*: La esbeltez máxima admisible está basada en las Notas de Usuario de la sección E2.

Resistencia a compresión (Capítulo E)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_T : ***0.002*** ✓

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en el nudo N62, para la combinación de hipótesis 0.9·PP+0.9·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

P_r: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD — **P_r** : *0.33* kN

P_c: Resistencia de diseño a compresión — **P_c** : *134.34* kN

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

φ_p: Factor de resistencia a compresión, tomado como: — **φ_p** : *0.90*

P_n: Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E7-2-C: — **P_n** : *149.27* kN

para secciones con elementos esbeltos (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo E - E7-2-C).

A: Área bruta de la sección de la barra. — **A** : *4.46* cm²

F_{cr}: Tensión de pandeo por flexión, tomada como: — **F_{cr}** : *334.60* MPa

a) Cuando:

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras — **F_y** : *345.00* MPa

i) para secciones doblemente simétricas, F_e es el menor valor de: — **F_e** : *4717.35* MPa

F_e : ∞

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

C_w: Constante de alabeo de la sección — **C_w** : *0.00* cm6

K_z: Factor de longitud efectiva de pandeo alrededor del eje Z — **K_z** : *0.00*

L: Longitud de la barra — **L** : *514* mm

G: Módulo de elasticidad transversal del acero — **G** : *80000.00* MPa

J: Momento de inercia a torsión uniforme — **J** : *56.27* cm4

I_x: Momento de inercia respecto al eje X — **I_x** : *28.13* cm4

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y — **I_y** : *28.13* cm4

F_e: Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de: — **F_e** : *4717.35* MPa

F_{ex} : *4717.35* MPa

F_{ey} : *4717.35* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

K: Factor de longitud efectiva. — K_x : *1.00*; K_y : *1.00*

L: Longitud de la barra — **L** : *514* mm

r: Radio de giro dominante — r_x : *2.51* cm; r_y : *2.51* cm

Donde:

I: Momento de inercia — I_x : *28.13* cm4; I_y : *28.13* cm4

A: Área total de la sección transversal de la barra. — **A** : *4.46* cm²

Q : *1.00*

2) en secciones formadas únicamente por elementos no rigidizados:

Q_s : *1.00*

c) para secciones circulares con carga axil:

i) Cuando:

Q_a : *1.00*

Donde:

D: Diámetro exterior — **D** : *73.00* mm

t: Espesor de la pared — **t** : *2.00* mm

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras — F_y : *345.00* MPa

Resistencia a flexión eje X (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_M : ***0.064*** ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r, se produce en el nudo N62, para la combinacíon de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+SX+0.3·SY.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD — M_r : *0.20* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión — M_c : *3.13* kN·m

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión — φ_b : *0.90*

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 8, Sección 1 — M_n : *3.48* kN·m

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida — M_r^+ : *0.20* kN·m

M_r^- : *0.20* kN·m

1. Fluencia

M_n : *3.48* kN·m

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado — F_y : *345.00* MPa

Z: Módulo resistente plástico — Z : *10.08* cm³

2. Pandeo local del ala

a) para secciones compactas, el estado límite de pandeo local del ala no se aplica

Resistencia a flexión eje Y (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_M : ***0.153*** ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r, se produce en el nudo N62, para la combinacíon de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD — M_r : *0.48* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión — M_c : *3.13* kN·m

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión — φ_b : *0.90*

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 8, Sección 1 — M_n : *3.48* kN·m

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida — M_r^+ : *0.48* kN·m

M_r^- : *0.44* kN·m

1. Fluencia

M_n : *3.48* kN·m

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado — F_y : *345.00* MPa

Z: Módulo resistente plástico — Z : *10.08* cm³

2. Pandeo local del ala

a) para secciones compactas, el estado límite de pandeo local del ala no se aplica

Resistencia a corte X (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_v : ***0.047*** ✓

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD — **V_r** : *1.83* kN

V_c: Resistencia de diseño a cortante

V_c : *38.72* kN

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

φ_v: Factor de resistencia a cortante — **φ_v** : *0.90*

V_n: se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos redondos, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo G - G-6).

V_n : *43.02* kN

Donde:

F_{cr}: Tensión crítica, tomada como el mayor de los siguientes valores: — **F_{cr}** : *207.00* MPa

F_{cr} : *1228.00* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

L_v: La distancia entre los puntos de cortante máximo y cortante cero, tomada, de forma conservadora, como la longitud de la viga — **L_v** : *513.69* mm

D: Diámetro exterior — **D** : *73.00* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *1.86* mm

F_{cr} : *634.47* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero — **E** : *200000.00* MPa

D: Diámetro exterior — **D** : *73.00* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal — **t** : *1.86* mm

A: Área bruta del tubo hueco, basada en el espesor de diseño de la pared **A** : *4.16* cm²

Resistencia a corte Y (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-05 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

η_v : ***0.020*** ✓

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en el nudo N63, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+SX+0.3·SY.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD **V_r** : *0.77* kN

V_c: Resistencia de diseño a cortante

V_c : *38.72* kN

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

φ_v: Factor de resistencia a cortante **φ_v** : *0.90*

V_n: se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos redondos, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-05 (LRFD), Capítulo G - G-6).

V_n : *43.02* kN

Donde:

F_{cr}: Tensión crítica, tomada como el mayor de los siguientes valores: **F_{cr}** : *207.00* MPa

F_{cr} : *1228.00* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero **E** : *200000.00* MPa

L_v: La distancia entre los puntos de cortante máximo y cortante cero, tomada, de forma conservadora, como la longitud de la viga **L_v** : *513.69* mm

D: Diámetro exterior **D** : *73.00* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal **t** : *1.86* mm

F_{cr} : *634.47* MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero **E** : *200000.00* MPa

D: Diámetro exterior **D** : *73.00* mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal	**t** :	*1.86*	mm
A: Área bruta del tubo hueco, basada en el espesor de diseño de la pared	**A** :	*4.16*	cm²

Esfuerzos combinados y torsión (Capítulo H)

Se debe cumplir el siguiente criterio:

η : ***0.190*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N62, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+0.3·SX+SY.

Donde:

η: calculado según Artículo 1, Sección 1

18. CIMENTACIÓN

18.1. ZAPATAS

ZAPATA TIPO 1

Las columnas metálicas se contemplan pivotadas sobre pedestales en concreto, los cuales transferirán las cargas a las zapatas.

- Carga máxima a cimentación = 20,5 t
- f'c = 210 Kg/cm²
- **s**suelo = 14,2 t/m²
- Pedestal = 70 x 55 cm.

$$Acontacto = \frac{20{,}5\ t}{14{,}2\ t/m^2} = 1{,}39\ m^2 \rightarrow \sqrt{1{,}39 m^2} = 1{,}18\ m$$
$$\rightarrow 2{,}0\ m\ (\boldsymbol{POR\ CORTANTE})$$

Se define zapata cuadrada de 2,0 m x 2,0 m

$$\frac{P}{A} < \sigma_{SUELO} = \frac{20{,}5\ t}{2\ m \times 2\ m} = 5{,}13\ t/m^2\ (\sigma_{contacto}) < 14{,}8\ t/m^2 \rightarrow CUMPLE$$

$$\sigma_{diseño} = 1{,}6 \times \sigma_{contacto} = 1{,}6 \times 5{,}13\ t/m^2 = 8{,}20\ t/m^2$$

- **CHEQUEO DE CORTANTE UNIDIRECCIONAL SENTIDO**

$$h_{zapata} = \frac{2{,}0\ m - 0{,}68\ m}{4} = 0{,}33\ m \rightarrow \boldsymbol{0{,}4\ m}$$

$$d = 0{,}4m - 0.075m(recub) = 0{,}325\ m$$

$$Vu = \sigma_{diseño} \times \left[\frac{Lzap - Lped}{2} - d\right] \times Lzap$$

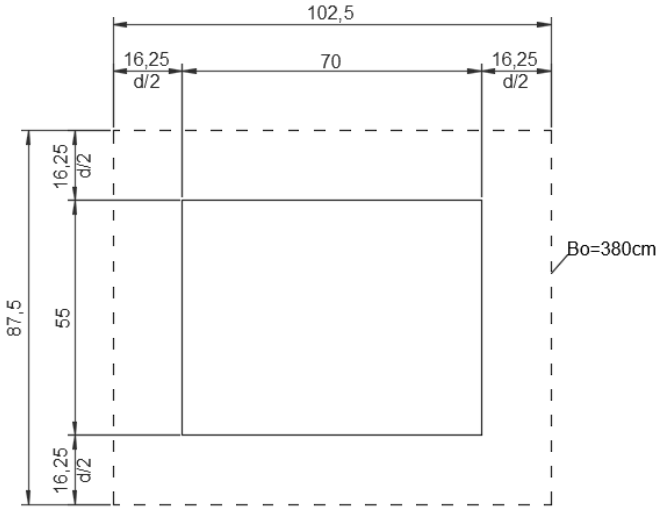
$$Vu = 8{,}20\ t/m^2 \times \left[\frac{2m - 0{,}55m}{2} - 0{,}325m\right] \times 2m = \mathbf{6{,}56\ t}$$

$$\emptyset Vc = 0{,}85 \times 0{,}53 \times \sqrt{f'c} \times Lzap \times d$$

$$\emptyset Vc = 0{,}85 \times 0{,}53 \times \sqrt{210\ Kg/cm^2} \times 200cm \times 32{,}5cm/1000 = \mathbf{42{,}43\ t}$$

$$\emptyset Vc > Vu \rightarrow \boldsymbol{CUMPLE}$$

- **CHEQUEO DE PUNZONAMIENTO (CORTANTE BIDIRECCIONAL)**



Esquema 12. Perímetro punzonable Bo, dimensiones en metros.

Bo = 3,80 m

$$V_U = \sigma_{diseño} \times (Lzap^2 - (L_1 bo)^2) = 8{,}20\ t/m^2 \times (2m^2 - (0.875m)^2) = \mathbf{10{,}12\ t}$$

CHEQUEOS:

A. Por ecuación C.11-31 de NSR-10:

$$\emptyset Vc_A = 0.85 \times 0.53 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \sqrt{f'c} \times bo \times d$$

$$\beta = \frac{70\ cm}{55\ cm} = 1{,}27.$$

$$\emptyset Vc_A = 0{,}85 \times 0{,}53 \times \left(1 + \frac{2}{1{,}27}\right) \times \sqrt{210\ Kg/cm^2} \times 380cm \times 32{,}5cm/1000 = \mathbf{207{,}59\ t}$$

$$\emptyset Vc_A > \emptyset V_U \rightarrow \boldsymbol{CUMPLE}$$

B. Por ecuación C.11-32 de NSR-10:

$$\emptyset Vc_B = 0{,}85 \times 0{,}27 \times \left(\frac{\alpha_S \times d}{bo} + 2\right) \times \sqrt{f'c} \times bo \times d$$

$$\alpha_S = 40\ para\ columna\ central$$

$$\emptyset Vc_B = 0{,}85 \times 0{,}27 \times \left(\frac{40 \times 32{,}5cm}{380\ cm} + 2\right) \times \sqrt{210\ Kg/cm^2} \times 380cm \times 32{,}5\ cm/1000$$

$$\emptyset Vc_B = \mathbf{222{,}66\ t}$$

$$\emptyset Vc_B > \emptyset V_U \rightarrow \boldsymbol{CUMPLE}$$

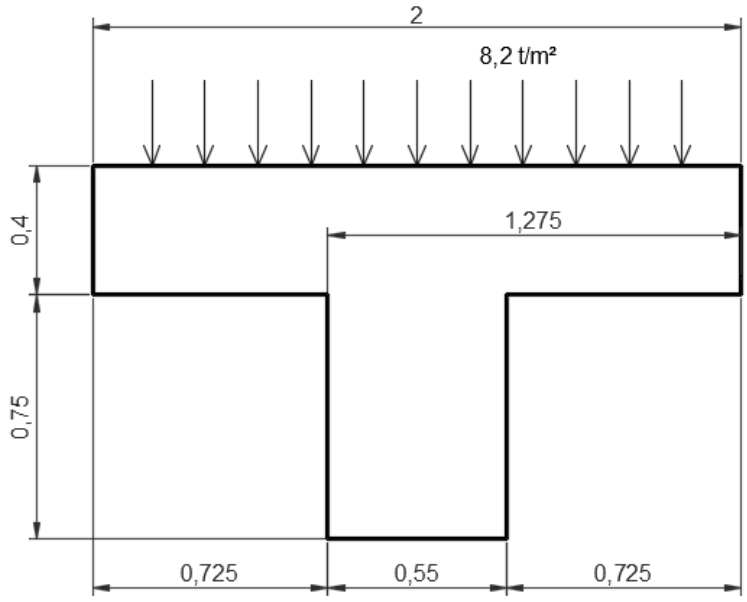
C. Por ecuación C.11-33 de NSR-10:

$$\emptyset Vc_c = 0.85 \times \sqrt{f'c} \times bo \times d$$

$$\emptyset Vc_c = 0{,}85 \times \sqrt{210\ Kg/cm^2} \times 380cm \times 32{,}5cm/1000 = \mathbf{152{,}12\ Ton}$$

$$\emptyset Vc_c > \emptyset V_U \rightarrow \boldsymbol{CUMPLE}$$

- **REFUERZO A FLEXIÓN**



Esquema 13. Zapata como viga con doble voladizo, dimensiones en metros.

$$Mu = \frac{WL^2}{2} = \frac{(8{,}2\, t/m^2 \times 2m) \times (1{,}275m)^2}{2} = \mathbf{13{,}33\ t * m}$$

Con este valor de momento y con la geometría de la zapata, se obtiene cuantía $\rho = 0{,}0018$, valor menor a la cuantía mínima de 0,0033, con esta última se halla el refuerzo de la zapata:

$$As = 10{,}725\ cm^2/m$$

Al usar varilla #5 con área transversal de 1,98 cm², se tiene:

$$\frac{1{,}98m^2}{10{,}725\ cm^2/m} = 0{,}185 \ \rightarrow \mathbf{\#5\ C/0{,}18\ m\ en\ ambos\ sentidos}$$

18.2. VIGAS DE CIMENTACIÓN

Referencia: VG-30x50 [(N620 - N653)-(N243 - N575)] (Viga centradora) -Dimensiones: 30.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 2#6+ 1#5 -Armadura inferior: 2#6+ 1#5 -Estribos: 1x#3c/9		
Comprobación	Valores	Estado
Anchura mínima de la viga centradora: *Se aplica criterio de viga de atado por tener axiles de compresión.: Norma NSR-10. Artículo C.21.12.3.2*	Mínimo: 21.7 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Canto mínimo de la viga centradora: *Se aplica criterio de viga de atado por tener axiles de compresión.: Norma NSR-10. Artículo C.21.12.3.2*	Mínimo: 21.7 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 9.52 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Norma NSR-10. Artículo C.7.6*	Mínimo: 4 cm Calculado: 8 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Norma NSR-10. Artículo C.7.6*	Mínimo: 4 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Norma NSR-10. Artículo C.7.10.5.2*	Máximo: 25.4 cm Calculado: 9 cm	Cumple
Recomendación para la separación máxima de estribos en vigas comprimidas por axiles en combinaciones sísmicas: *Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.15*	Máximo: 23.8 cm Calculado: 9 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: *Artículo 5.4.2.1 del Eurocódigo-2*	Mínimo: 0.0015	
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.0039	Cumple
- Armadura inferior (Situaciones accidentales sísmicas):	Calculado: 0.0039	Cumple
- Armadura superior (Situaciones accidentales sísmicas):	Calculado: 0.0039	Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: *Norma NSR-10. Artículo C.10.5*	Calculado: 5.93 cm²	
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 0.13 cm²	Cumple
- Armadura inferior (Situaciones accidentales sísmicas):	Mínimo: 0.18 cm²	Cumple
- Armadura superior (Situaciones accidentales sísmicas):	Mínimo: 0.23 cm²	Cumple

Referencia: VG-30x50 [(N620 - N653)-(N243 - N575)] (Viga centradora)
-Dimensiones: 30.0 cm x 50.0 cm
-Armadura superior: 2#6+ 1#5
-Armadura inferior: 2#6+ 1#5
-Estribos: 1x#3c/9

Comprobación	Valores	Estado
Armadura mínima por cuantía mecánica de esfuerzos axiles:		
- Armadura total (Situaciones accidentales sísmicas):	Mínimo: 6 cm²	
Criterio de CYPE basado en el Artículo 38.4 de la EH-91	Calculado: 11.87 cm²	Cumple
Armadura necesaria por cálculo para el axil de compresión:		
- Situaciones accidentales sísmicas:	Mínimo: 0 cm²	
Norma NSR-10. Artículo C.10.3.6.2	Calculado: 11.87 cm²	Cumple
Armadura necesaria por cálculo para el axil de tracción:		
- Situaciones accidentales sísmicas:		
Criterio de CYPE, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.15	Mínimo: 0.03 cm² Calculado: 11.87 cm²	Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta:		
- Situaciones persistentes:	Momento flector: -1.07 kN·m Axil: ± 0.00 kN	Cumple
- Situaciones accidentales sísmicas:		
Ver listado de esfuerzos pésimos en 'Información adicional'.		Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen:		
El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares	Mínimo: 0 cm	
- Situaciones persistentes:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen:		
El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares	Mínimo: 0 cm	
- Situaciones persistentes:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo:		
El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares	Mínimo: 0 cm	
- Situaciones persistentes:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo:		
El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares	Mínimo: 0 cm	
- Situaciones persistentes:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Situaciones accidentales sísmicas:	Calculado: 25 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Información adicional:

- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 15.9 mm (Cumple)
- Esfuerzos pésimos:
- Situaciones accidentales sísmicas
- Momento flector: 1.24 kN·m - Axil: ± 0.10 kN (Cumple)
- Momento flector: -1.56 kN·m - Axil: ± 0.15 kN (Cumple)
- Momento flector: 0.00 kN·m - Axil: ± 0.15 kN (Cumple)

La viga de amarre se diseña como un elemento tensor entre zapatas para garantizar una correcta transferencia de esfuerzos; su acero de refuerzo debe soportar el *0,25xAa* de la carga máxima vertical de las columnas (A.3.6.4.2 NSR 10).

Sección de viga de amarre = 30 x 50 cm.

Fuerza para soportar por refuerzo longitudinal (*Pc*)=

- Aa = 0,15
- Pu = 30,27 t

$$Pc = 0{,}25 \times 0{,}15 \times 30270\ kgf$$

$$Pc = 1135{,}13\ kgf$$

fy acero de refuerzo = 4200 kgf/cm².

Área requerida para soportar *Pc* (*Asv*) =

$$Asv = \frac{1135{,}13Kg}{4200\ kgf/cm^2 \times 0{,}85} = \mathbf{0,32\ cm^2}$$

La cuantía de refuerzo mínima es de 0,0033 para vigas de amarre, con este valor se tendría un área de refuerzo longitudinal de 3,96 cm², se definen cuatro varillas Ø3/4" +dos varillas Ø5/8", las cuales aportan un área de 15,36 cm².

18.3. DISEÑO DE PLACA DE CONTRAPISO

La placa de contrapiso estará apoyada sobre terreno con un mejoramiento en recebo compactado de acuerdo con el estudio de suelos

Posteriormente, se realiza el avaluó de carga del piso 1 a nivel 0.00m.

Espesor de placa= 10cm.
Cargas de diseño:
Carga muerta: 4.20 kN/m^2
Peso propio: 2.4kN/m^2
Pesos acabados y sobre piso: 1.8 kN/m^2
Carga viva :5.0 kN/m^2
Carga Total= 8.8 kN/m^2
Carga amplificada:

W_u= 1.2 D +1.6 L
W_u= 1.2 (4.2 kN/m^2)+1.6(5.0kN/m^2)
w_u= 13.04 kN/m^2

L=50cm
t=5cm

$$\frac{wl^2}{8} = \frac{13.04\frac{kN}{m^2} * 1.0cm^2}{8} = 1.63kg/m$$

Calculo de acero por temperatura como valor mínimo a utilizar.

$$A = 0.0018 * b * t$$
$$A = 0.0018 * 100 * 10$$
$$A = 1.8cm^2/\text{m}$$

$$A_S = 1.8cm^2/m$$

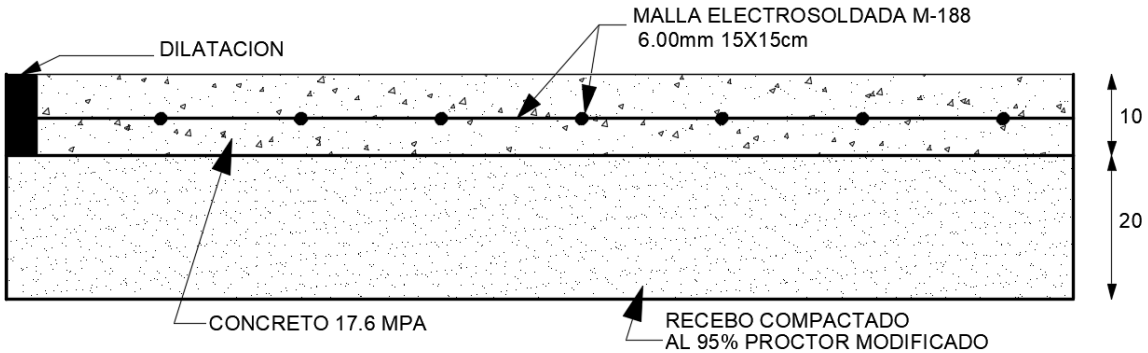
Equivale: Ø6mm= área = 0.283cm^2

Malla 6.0 mm-15x15 o M-188= 1.88 cm^2 /m

As< malla 6.0 mm

1.80 cm^2 <1.88 cm^2

DETALLE ESTRUCTURAL DE PLACA CONTRAPISO



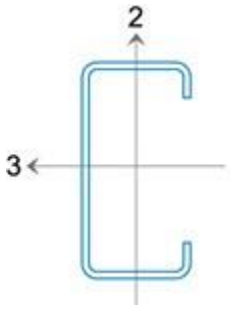
19. REPORTE TÉCNICO PARA CORREAS

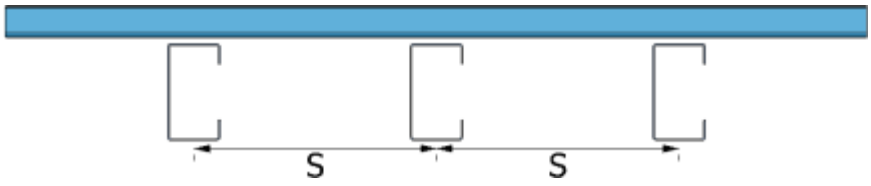
PHR C 203x67x19-2mm, Fy = 345 MPa

Separación (S) 1.20 m

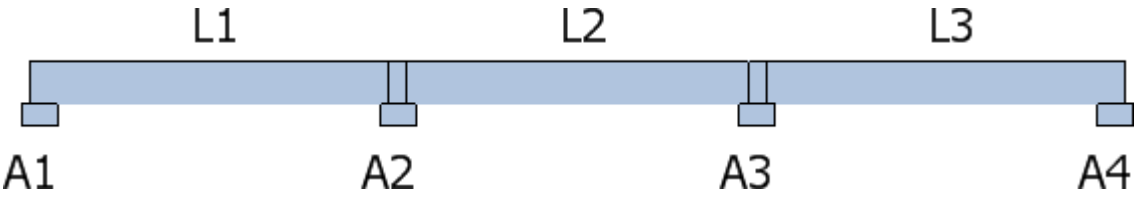
REGLAMENTO NSR-10 / AISC S100-12

CUMPLE	OBSERVACIONES
✓	Sin Observaciones





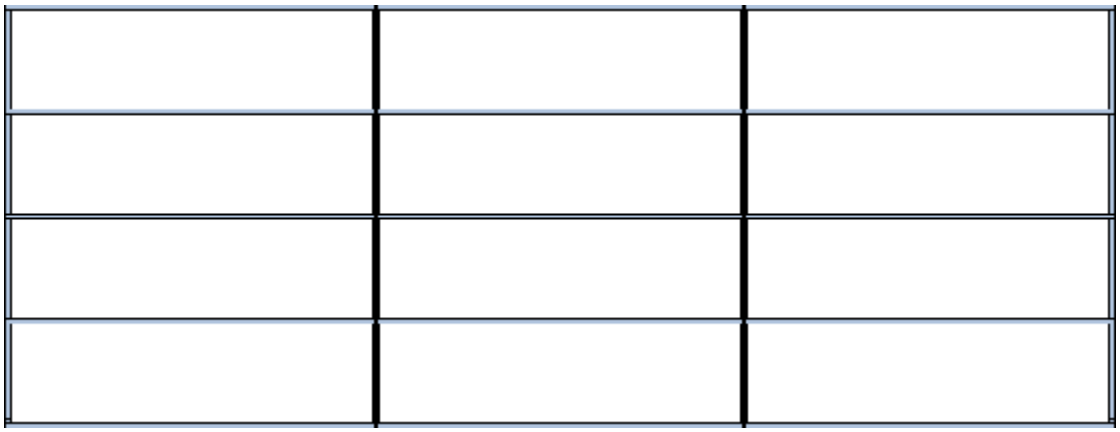
SECCIÓN LONGITUDINAL



En el diseño se consideran apoyos con continuidad

Las solicitaciones se calculan al borde del apoyo

VISTA EN PLANTA



CONFIGURACIÓN Y PESO POR CORREA

Vano	Arriostramiento del vano	Espesor del perfil (m)	Longitud vano (m)	Longitud correa (m)	Peso propio (kgf/m)	Total (kgf)
1	L/2	2.00E-03	6.75	6.75	5.62	37.94
2	L/2	2.00E-03	6.75	6.75	5.62	37.94
3	L/2	2.00E-03	6.75	6.75	5.62	37.94
						113.81

APOYOS

A1	0.10(m)
A2	0.10(m)
A3	0.10(m)

GEOMETRÍA

Pendiente en %	41.17%
Pendiente en Grados	22.38°
Separación - S (m)	1.20
Sujeción de cubierta	Clip de fijación

CARGAS DISTRIBUIDAS UNIFORMES

Caso de carga	Carga muerta sobreimpuesta	Carga viva de cubierta	Carga de granizo	Carga de viento a succión	Carga de viento a compresión
Dirección	Gravedad	Gravedad	Gravedad	Eje 2-2 (+)	Eje 2-2 (-)
Magnitud (kgf/m2)	15.00	50.00	0.00	-40.00	40.00

PARÁMETROS DE DISEÑO

Consideración de cubierta como panel rígido*	NO
Consideración de arrugamiento del alma	NO

Deflexión debido a carga viva de cubierta (L/??)	240.00

DISEÑO DE LAS CORREAS

Solicitación	Resistente	Calculada/Requerida	Luz/apoyo	Cumplimiento
Envolvente a flexión	1.00	0.56	2	✓
Envolvente a cortante	1.00	0.15	3	✓
Envolvente a flexión y cortante	1.00	0.50	1	✓
Deflexión (m)	0.0281	8.8252E-03	1	✓



INGENIERO CALCULISTA
ING. FABRICIO JOYA TIBAVIJA
MAT. PROF. No. 25202-286452 CND
ESP. EN ESTRUCTURAS – UPTC