 Alcaldía Municipal de San Agustín	PLANEACIÓN ESTRATÉGICA	Código: FOR-PE-110-09
		Fecha: aprobación: SEPTIEMBRE 2015
	COMUNICACIONES OFICIALES	Versión: 02
		Página 4 de 11

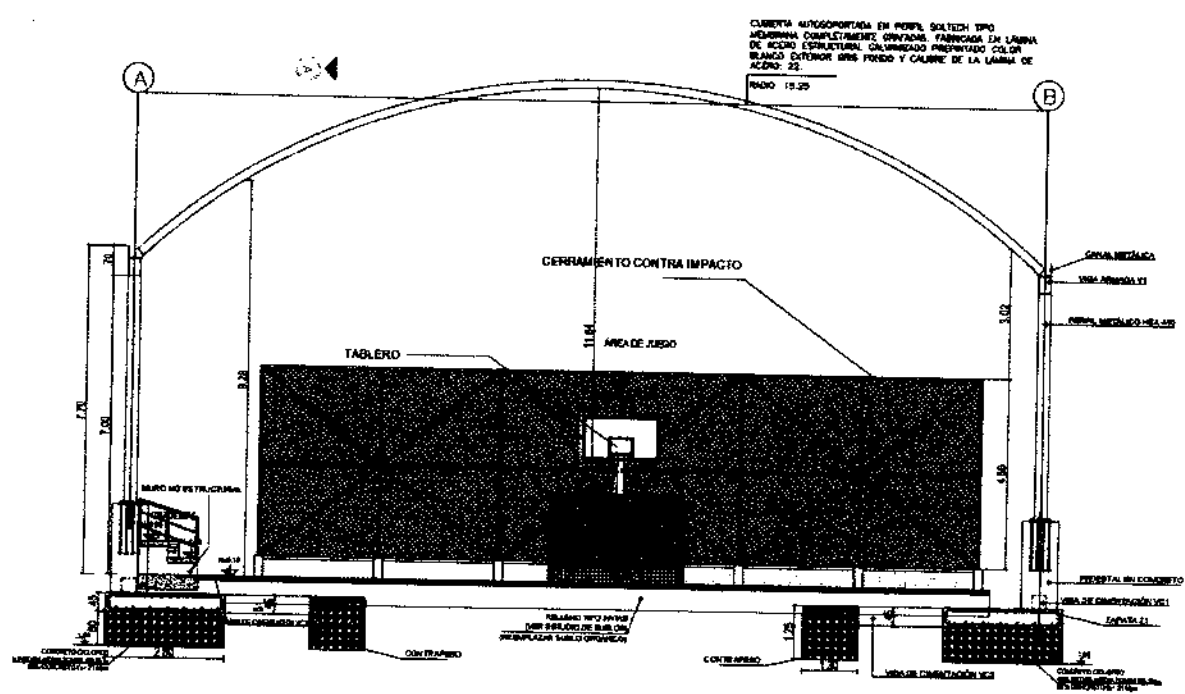
DISEÑO ESTRUCTURAL

433

452



SSCONSTRUCCIÓN CUBIERTA, GRADERÍA, CERRAMIENTO CONTRA IMPACTO, E ILUMINACIÓN, VEREDA LAS CHINAS MUNICIPIO DE SAN AGUSTÍN, HUILA



PRESENTADO POR:

ANDRÉS FELIPE CORAL VARGAS
M.P #19202 - 387076 CAU
ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS



**CONSTRUCCIÓN CUBIERTA, GRADERÍA, CERRAMIENTO CONTRA
IMPACTO, E ILUMINACIÓN, VEREDA LAS CHINAS MUNICIPIO DE SAN
AGUSTÍN, HUILA**

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

**ANDRÉS FELIPE CORAL VARGAS
M.P #19202 - 387076 CAU
ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS**

MAYO DEL 2025



431
457

MEMORIA DE CÁLCULO
CONSTRUCCIÓN CUBIERTA, GRADERÍA, CERRAMIENTO CONTRA
IMPACTO, E ILUMINACIÓN, VEREDA LAS CHINAS MUNICIPIO DE SAN
AGUSTÍN, HUILA

SISTEMA ESTRUCTURAL:

SISTEMA PÉNDULO INVERTIDO

GRADO DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA:

Disipación Especial de Energía (DES)

MATERIALES:

Acero de Refuerzo: $f_y: 420 \text{ MPa}$
Acero laminado: $f_y: 350 \text{ MPa}$
Concreto (Losa cimentacion, vigas, escalera y columnas): $f'_c: 21 \text{ MPa}$
Concreto (solado de cimentacion y sobrecimiento): $f'_c: 17.5 \text{ MPa}$

CARGAS:

Carga muerta de cubierta : 0.2 kN/m^2
Carga viva de cubierta : 0.35 kN/m^2
Carga de viento : *Ver cálculo*

- Las cargas de vigas y columnas son calculadas por el programa

Nota1: el programa de modelación CYPE 3D considera por defecto las cargas debidas al peso propio de la edificación como son: (vigas, columnas y losas de entrepiso).

Nota2: Las cargas de muros fachas fueron agregadas manualmente en la modelación de CYPE 3D



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. DATOS GENERALES	9
2.1 NOMBRE DE LOS PROGRAMAS DE DISEÑO	9
2.2 VERSION DEL PROGRAMA	9
2.3 NORMAS CONSIDERADAS	9
2.4 ACCIONES CONSIDERADAS	9
2.4.1 SISMO	9
2.5 COMBINACIONES DE CARGAS	9
2.5.1 Combinaciones de carga para diseño de la estructura	10
2.5.2 Combinaciones de carga para control de derivas	11
3. CARGAS DE DISEÑO	11
3.1 Cargas muertas	11
3.2 Carga viva	12
3.3 Cargas de viento	12
3.4 Cargas en Cype3d	19
4. JUSTIFICACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA	20
4.1 Cálculo del espectro elástico	20
4.2 ESPECTROS	21
5. ANÁLISIS DINÁMICO	25
5.1 Espectro de diseño de aceleraciones	26
5.1 Coeficientes de participación	27
5.2 Representación de los periodos modales	28
6. DERIVAS	29
6.1 Chequeo derivas por umbral de daños	30
7. COMPROBACIÓN DE LAS COLUMNAS	36
8. COMPROBACIÓN DE VIGAS 2C	46
9. CIMENTACIÓN	61
9.1 Comprobación de vigas de cimentación	61
9.2 Chequeo de zapata típica	62
9.3 Chequeo viga de conexión muerto y zapata VC3	67
9.3.1 Diseño a cortante	67
10. MUROS NO ESTRUCTURALES	68
10.1 Muros de graderías y placa de gradería	69



435
454

10.2	Muro en mampostería confinada para malla contra impacto	71
11.	DISEÑO DE PLACA BASE PARA HEA 450.....	75
12.	CONEXIÓN COLUMNA HEA 450 VIGA 2C.....	80
12.1	Distancia mínima al borde.....	80
12.2	Espaciamiento mínimo.....	81
12.3	Cortante en la conexión.....	81
13.	CONEXIÓN CANAL A TEJA	84
14.	DISEÑO BARANDAS Y PASAMANOS.....	85
14.1	Chequeo tipo barandas superior	86
14.2	Columna de baranda y pasamanos crítica	93
14.3	Chequeo baranda inferior o travesaño.....	102
14.4	Placa base Barandas y pasamanos.....	111



TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Localización del proyecto	8
Figura 2 Zonas de viento NSR-10	12
Figura 3 Cargas de viento como estructura parcialmente cerrada en arco	14
Figura 4 Resultados de las presiones de viento edificio abierto y SPRFV	15
Figura 5 Presiones de viento para edificios abiertos componentes y revestimientos	16
Figura 6 Reacciones de la carga viva	17
Figura 7 Reacciones de la carga muerta	17
Figura 8 Cargas de viento compresión y succión	18
Figura 9 Reacciones de la cubierta caso compresión succión	18
Figura 10 Cargas de la cubierta caso Succión	18
Figura 11 Reacciones de la cubierta caso Succión	19
Figura 12 Cargas de las reacciones de la cubierta	19
Figura 13 Datos para el cálculo del espectro	21
Figura 14 Espectro elástico e inelástico de aceleraciones dirección x	23
Figura 15 Espectro elástico e inelástico de aceleraciones dirección y	23
Figura 16 Espectro del umbral de daño en dirección X	24
Figura 17 Espectro del umbral de daño en dirección Y	25
Figura 18 Limite de derivas por Umbral de daños	30
Figura 19 Columnas más críticas	36
Figura 20 Planta de cimentación	61
Figura 21 Modelo cimentación	62
Figura 22 Especificación mampostería parcialmente reforzada	68
Figura 23 Muros de gradería y Losa de gradería	69
Figura 24 Modelo general para las mallas contra impacto	71
Figura 25 Modelo cargas de empuje	72
Figura 26 Modelo para sismo	72
Figura 27 Modelo para viento	73
Figura 28 Modelo zapata	74
Figura 29 Conexión columna HEA 450 A 2C	80
Figura 30 Cortante en la conexión	81
Figura 31 Modelo pasamanos y barandas	85



436
455

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Combinaciones de carga para diseño	10
Tabla 2 Combinaciones de carga para derivas	11
Tabla 3 Cargas muertas	11
Tabla 4 Cargas Vivas	12
Tabla 5 Datos para obtener C_p y calcular las presiones de viento	13
Tabla 6 Datos para cálculos coeficientes CNW Y CNL, cubierta abierta y para el SPRFV ...	14
Tabla 7 Tabla para obtener CN y calcular la presión de viento Para la cubierta	15
Tabla 8 Tabla para determinar el periodo fundamental	20
Tabla 9 Coeficiente R_0 de disipación de energía	21
Tabla 10 Valores del coeficiente básico debido a la redundancia ϕ_r	22
Tabla 11 Datos para el espectro del Umbral de daño	24
Tabla 12 Participación de masa modal	28
Tabla 13 Derivas de la estructura	30
Tabla 14 Datos de entrada para chequeo de capacidad y estabilidad zapata (1)	62
Tabla 15 Datos de entrada para chequeo de capacidad y estabilidad zapata (2)	62
Tabla 16 Comprobación de excentricidad en zapata	63
Tabla 17 Comprobación capacidad, volcamiento y deslizamiento zapata	64
Tabla 18 Chequeo tipo zapata (1)	65
Tabla 19 Chequeo tipo zapata (2)	66
Tabla 20 Chequeo momento de diseño VC3	67
Tabla 21 f'm mampostería de graderías	68
Tabla 22 Diseño a flexión losa de gradería	69
Tabla 23 Comprobación de deflexión losa de gradería	69
Tabla 24 Masa de la malla contra impacto y del muro de soporte	72
Tabla 25 Cargas y reacciones por empuje en la malla contra impacto	72
Tabla 26 Datos y resultados para las reacciones del sismo	73
Tabla 27 Datos y resultados para las reacciones del viento	73
Tabla 28 Chequeo de la columneta de confinamiento	73
Tabla 29 Chequeo zapata corrida (1)	74
Tabla 30 Chequeo zapata corrida (2)	74



1. INTRODUCCIÓN

El diseño estructural es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en las edificaciones por lo que estas se ven sometidas a fuerzas sísmicas u otras fuerzas impuestas por la naturaleza o el uso. Su diseño se realiza para que la estructura sea capaz de resistir todas las posibles combinaciones de carga con la rigidez y resistencia adecuada.

El siguiente informe comprende del diseño estructural del proyecto de la **CONSTRUCCIÓN CUBIERTA, GRADERÍA, CERRAMIENTO CONTRA IMPACTO, E ILUMINACIÓN, VEREDA LAS CHINAS MUNICIPIO DE SAN AGUSTÍN, HUILA.**

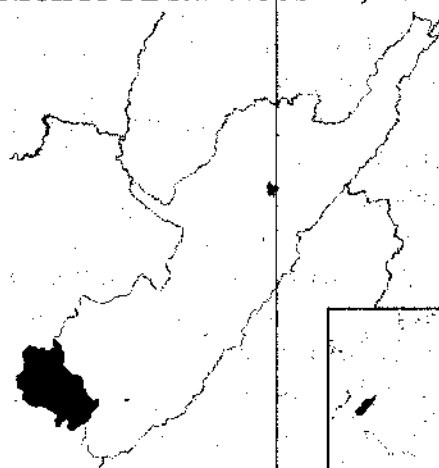


Figura 1 Localización del proyecto

Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. Disponible en la web:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_-_Huila_-_San_Agust%C3%ADn.svg

Se utiliza el sistema de péndulo invertido. El sistema principal de resistencia de fuerzas de viento es el mismo. Este sistema se compone de columnas en acero y pedestales en concreto, con esfuerzo máximo a la compresión del concreto (f'_c) de **21 Mpa** y esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo (f_y) de **420 Mpa** (60Ksi), y para aceros laminados (f_y) de **350 Mpa** (50Ksi).

Las cargas en consideración para el diseño son producto del peso propio de estructura (carga muerta), las cargas debido a su funcionamiento que no se encuentran de forma permanente (carga viva), las fuerzas impuestas por la posible ocurrencia de un sismo y las cargas producto de fuerzas naturales como el viento, su modelación se realiza con el programa CYPE 3D.

Para determinar las fuerzas horizontales debidas ante la posible ocurrencia de sismos se determina el espectro de diseño que, de acuerdo al estudio de suelos entregado, el suelo corresponde a un perfil de suelo tipo E acorde a la clasificación de la NSR-10, Por lo que los coeficientes de aceleración (A_a) y velocidad pico efectiva (A_v) son de **0.25** y **0.20** respectivamente y a su vez los coeficientes F_a y F_v son de **1.45** y **3.2** respectivamente.

Para el sistema estructural se usan pedestales de **0.85m x 0.75m** distribuidas de forma estratégica para un buen funcionamiento de la estructura, las vigas en su mayoría son de **0.35mx0.35m** y vigas secundarias de **0.5mx0.35m** y **0.40mx0.45m**. La cimentación consta de zapatas aisladas con contrapeso y zapatas corridas para los elementos no estructurales.

El presente diseño se realiza bajo los requerimientos y especificaciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.



437
456

2. DATOS GENERALES

2.1 NOMBRE DE LOS PROGRAMAS DE DISEÑO

CYPE 3D: El módulo "CYPE 3D" es el núcleo básico de las herramientas de CYPE 3D y es necesario para el funcionamiento de todas las versiones del programa.

Con este módulo, CYPE 3D calcula estructuras tridimensionales de nudos y barras con perfiles de acero, hormigón y materiales genéricos, y de láminas planas. También permite tirantes que trabajan sólo a tracción y obtiene el dimensionamiento y comprobación de las barras de perfiles de acero.

CYPE 3D, además de funcionar como programa independiente, se integra en CYPECAD mediante la función "Estructuras 3D integradas".

2.2 VERSION DEL PROGRAMA

Versión CYPE 3D :2022

2.3 NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: NSR-10

Aceros conformados: AISI S100-2007 (LRFD)

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-10 (LRFD)

Grupo de uso: I

2.4 ACCIONES CONSIDERADAS

2.4.1 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)

2.5 COMBINACIONES DE CARGAS

Para las combinaciones de carga se utilizarán las siguientes abreviaturas

PP	Peso propio
Superdead	Superdead
Live_cubierta	Live_cubierta
Viento X POS	Viento en dirección x positivo
VIENTO X NEGATIVO	Viento en dirección x negativo
SUCCIÓN CRÍTICA	Viento en succión
SX	Sismo X
SY	Sismo Y



2.5.1 Combinaciones de carga para diseño de la estructura

Comb.	PP	Superdead	Live cubierta	Viento X POS	VIENTO X NEGATIVO	SUCCIÓN CRÍTICA	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	0.500				
5	1.200	1.200	1.600		0.500			
6	1.200	1.200	1.600			0.500		
7	1.200	1.200		1.000				
8	1.200	1.200	0.500	1.000				
9	1.200	1.200			1.000			
10	1.200	1.200	0.500		1.000			
11	1.200	1.200				1.000		
12	1.200	1.200	0.500			1.000		
13	1.200	1.200					-0.300	-1.000
14	1.200	1.200					0.300	-1.000
15	1.200	1.200					-1.000	-0.300
16	1.200	1.200					-1.000	0.300
17	1.200	1.200					0.300	1.000
18	1.200	1.200					-0.300	1.000
19	1.200	1.200					1.000	0.300
20	1.200	1.200					1.000	-0.300
21	0.900	0.900						
22	0.900	0.900		1.000				
23	0.900	0.900			1.000			
24	0.900	0.900				1.000		
25	0.900	0.900					-0.300	-1.000
26	0.900	0.900					0.300	-1.000
27	0.900	0.900					-1.000	-0.300
28	0.900	0.900					-1.000	0.300
29	0.900	0.900					0.300	1.000
30	0.900	0.900					-0.300	1.000
31	0.900	0.900					1.000	0.300
32	0.900	0.900					1.000	-0.300

Tabla 1 Combinaciones de carga para diseño



2.5.2 Combinaciones de carga para control de derivas

Comb	pp	Superdeada	Live_cubierta	Viento X POS	VIENTO X NEGATIVO	SUCCIÓN CRÍTICA	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			
5	1.000	1.000				1.000		
6	1.000	1.000					0.300	1.000
7	1.000	1.000					-0.300	1.000
8	1.000	1.000					1.000	0.300
9	1.000	1.000					1.000	-0.300
10	1.000	1.000	0.750	0.750				
11	1.000	1.000	0.750		0.750			
12	1.000	1.000	0.750			0.750		
13	1.000	1.000	0.750				0.225	0.750
14	1.000	1.000	0.750				-0.225	0.750
15	1.000	1.000	0.750				0.750	0.225
16	1.000	1.000	0.750				0.750	-0.225
17	0.600	0.600						
18	0.600	0.600		1.000				
19	0.600	0.600			1.000			
20	0.600	0.600				1.000		
21	0.600	0.600					0.300	1.000
22	0.600	0.600					-0.300	1.000
23	0.600	0.600					1.000	0.300
24	0.600	0.600					1.000	-0.300

Tabla 2 Combinaciones de carga para derivas

Las combinaciones para deriva, se hacen teniendo en cuenta el siguiente apartado:

B.2.3.2.1 — Verificación de las derivas por el método de esfuerzos de trabajo para el sismo de diseño — Para evaluar las derivas obtenidas de las deflexiones horizontales causadas por el sismo de diseño, deben utilizarse los requisitos del capítulo A.6, los cuales exigen que las derivas se verifiquen para las fuerzas sísmicas F_s , sin haber sido divididas por R , empleando $1.0E$ en vez de $0.7E$ en las ecuaciones que incluyan E en B.2.3.

3. CARGAS DE DISEÑO

3.1 Cargas muertas

CARGA MUERTA	Carga(KN/m2)
Peso de la cubierta	0.1
Luminarias y accesorios	0.1
Carga muerta cubierta programa	0.2
Carga muerta cubierta total	0.2

Tabla 3 Cargas muertas



3.2 Carga viva

• Cubierta

Descripción	Valor(kN/m ²)
Carga viva Para inclinación > 15°	0.35

Tabla 4 Cargas Vivas

3.3 Cargas de viento

La tabla y la nota de la figura B.6.4-1 deben quedar así:

Región	Velocidad del viento			
	Combinaciones de carga de			
	B.2.3		B.2.4	
	m/s	km/h	m/s	km/h
1	17	60	22	75
2	22	80	28	100
3	28	100	35	125
4	33	120	42	150
5	36	130	46	165

Nota: Estas zonas no han sido estudiadas y se recomienda ser conservador al evaluar las fuerzas eólicas que puedan presentarse en ellas. Mientras no se disponga de datos confiables se calcularán con base en una velocidad de 28 m/s (100 km/h) para las combinaciones de B.2.3 y de 35 m/s (125 km/h) para las combinaciones de B.2.4.

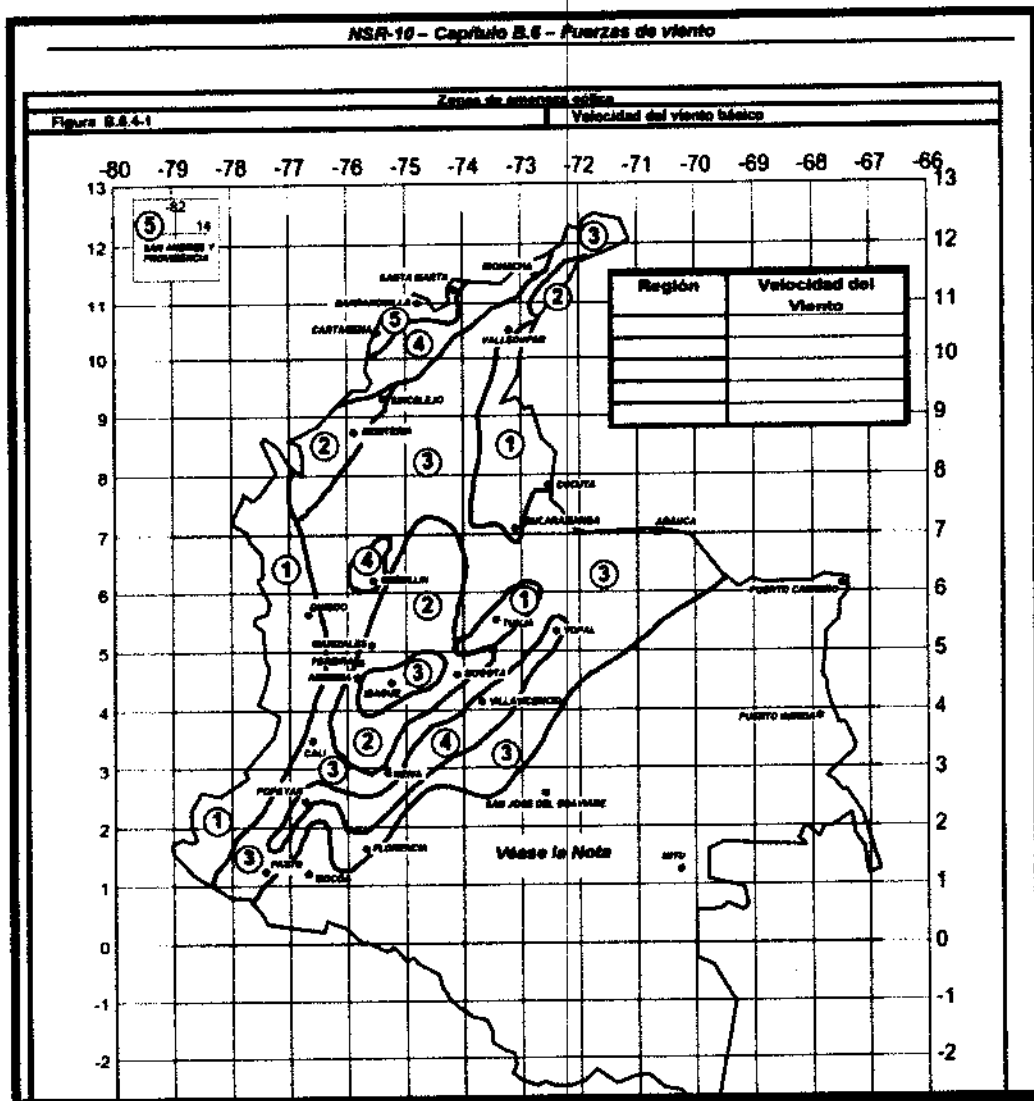


Figura 2 Zonas de viento NSR-10



439
438

Para el cálculo de las presiones de viento se realizó con el programa Airo correas y el método Analítico de la norma.

Se realizó teniendo en cuenta, como si la estructura fuera parcialmente cerrada, es decir, con los factores de CP de la figura B.6.5-5, donde se calculan las presiones de viento para el SPRFV, componentes y revestimientos. Considerando la cubierta como si fuera un arco.

Sistema Principal Resistente a la Fuerza de Viento-Componentes y Revestimientos. Método 2		Todas las alturas		
Figura B.6.5-5		Coeficientes de presión externa, C_p		
Edificios y Estructuras total y Parcialmente Cerrados		Cubiertas en Arcos		
Condiciones	Relación Altura/Long. r	C_p		
		Cuarto a Barlovento	Medio Central	Cuarto a Sotavento
Cubierta sobre estructura elevada	$0 \leq r \leq 0.2$	-0.9	$-0.7 \cdot r$	-0.5
	$0.2 \leq r \leq 0.3^*$	$1.5r - 0.3$	$-0.7 \cdot r$	-0.5
	$0.3 \leq r \leq 0.6$	$2.75r - 0.7$	$-0.7 \cdot r$	-0.5
Cubierta con el arranque desde nivel del piso	$0 < r \leq 0.6$	1.4r	$-0.7 \cdot r$	-0.5

* Cuando la relación altura a longitud es $0.2 \leq r \leq 0.3$, los coeficientes alternativos dados por $6r - 2.1$ podrán también ser usados para cuarto a barlovento.

Notas:

1. Los valores listados se usarán para determinar las cargas promedio sobre los sistemas principales resistentes a las fuerzas del viento.
2. Los signos positivos y negativos indican presiones y succiones actuando sobre las superficies, respectivamente.
3. Para viento en dirección paralela a la cumbrera, use los coeficientes de presión de la figura B.6.5-3 con el viento en dirección paralela a la M M cumbrera.
4. Para los componentes y revestimientos: (1) En el perímetro de la cubierta, use los coeficientes de presión externa dados en las figuras B.6.5-8 M con el ángulo θ medido desde la base de la pendiente y (2) para las áreas de cubierta restantes, use los coeficientes de presión externa de M esta tabla multiplicados por 0.87.

Tabla 5 Datos para obtener C_p y calcular las presiones de viento

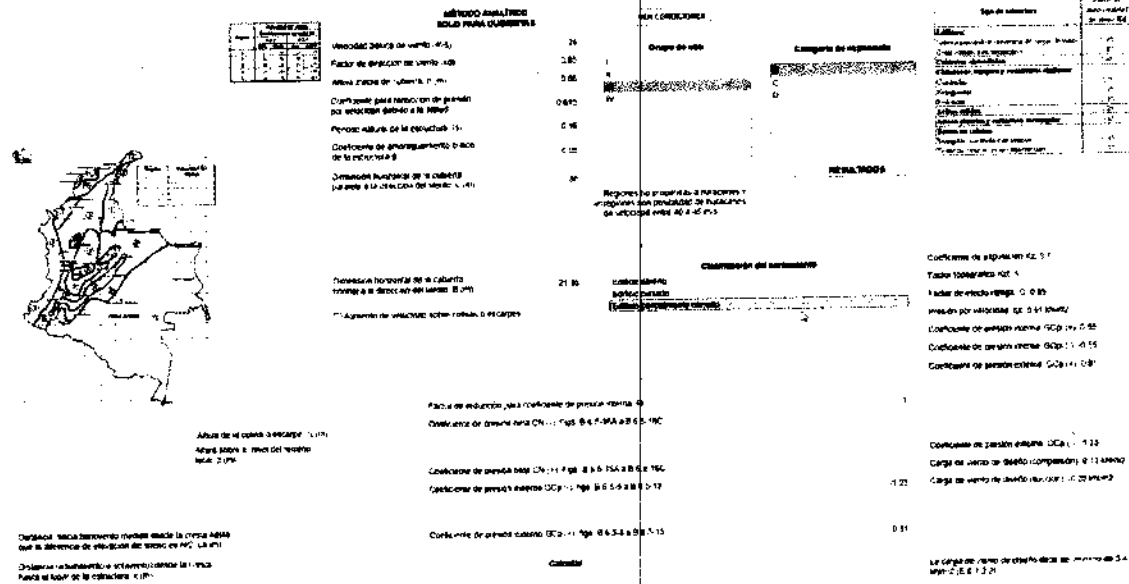


Figura 3 Cargas de viento como estructura parcialmente cerrada en arco

Además, se calculó de acuerdo a los coeficientes CNW Y CNL de la figura B.6.5-15B de la NSR-10 donde se calcula la presión para el SPRFV

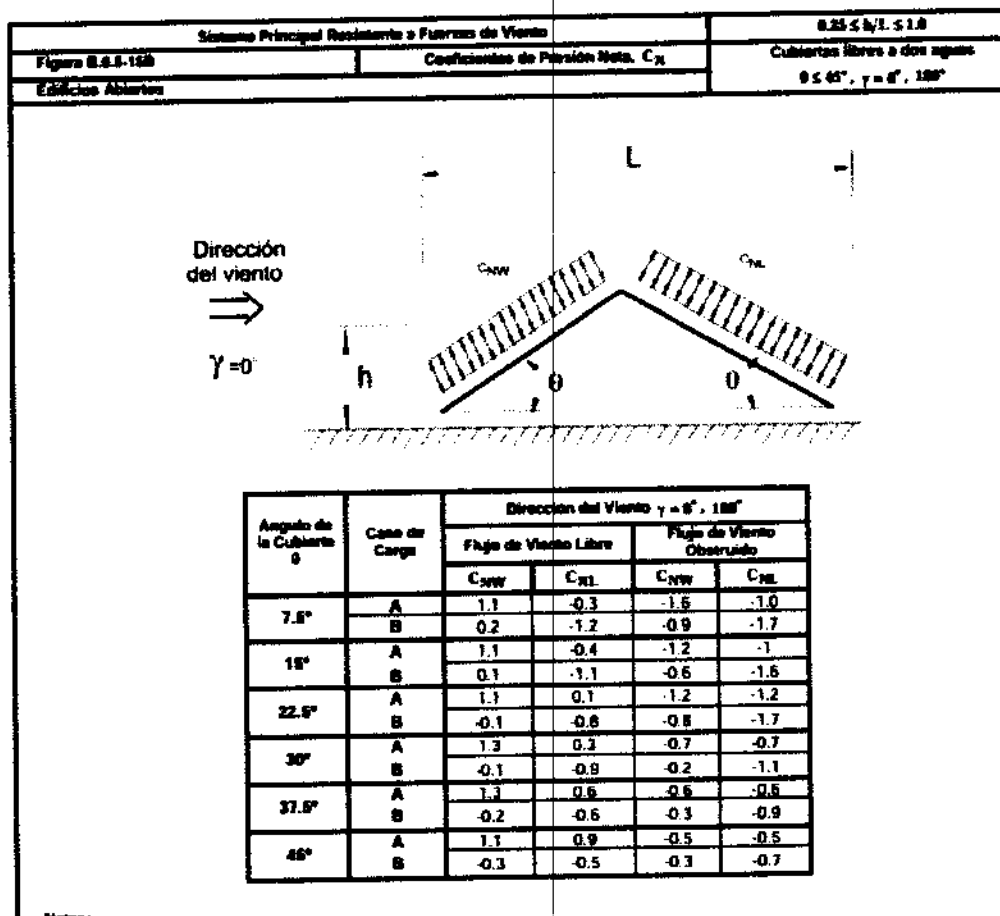
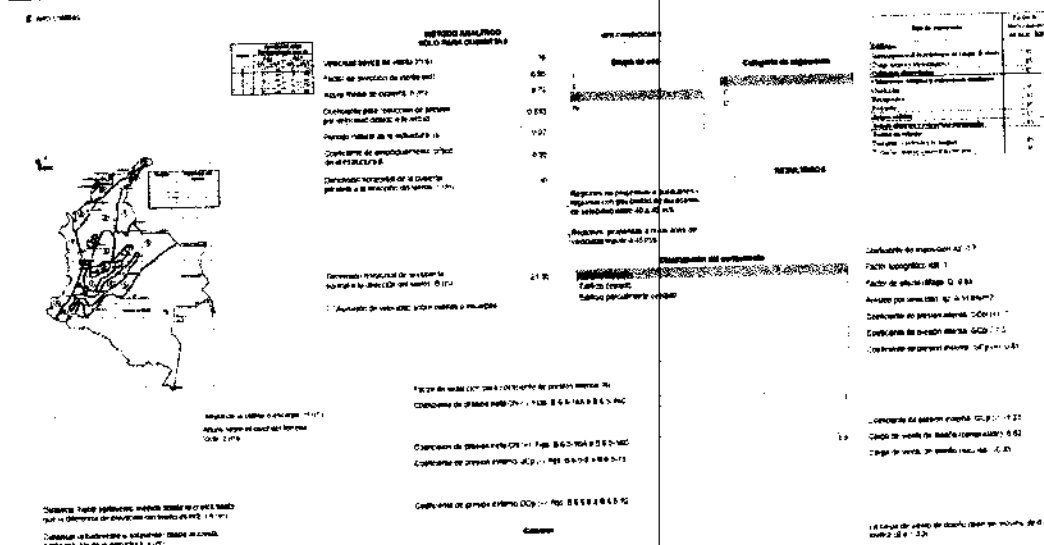


Tabla 6 Datos para cálculos coeficientes CNW Y CNL, cubierta abierta y para el SPRFV



Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se concluye que las columnas resistirán las fuerzas que genere la cubierta. Por lo tanto, las presiones más críticas obtenidas son:

$$W_{pos} = 0.52 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{neg} = -0.43 \text{ kN/m}^2$$

Los fabricantes de la cubierta Brindaron información de las reacciones que genera la teja.

**Ctechos y
Cubiertas**

PROYECTO: P.N. DEPORTIVO VEREDA LAS CHINAS

Ciudad SAN AGUSTIN DELA

REACTIONS DE ARCO

Eje libre	21,35 m
Fuero	31 m
Espesor de la cobertura	0,8 mm
Calibre	22
Peso unitario de la cobertura	9,57 kg/m ²
Flacha	20°
Flecha	4,27 m
Radio	15,48 m
Longitud del Arco	23,56 m

Peso de Carga	35 kg.m ²
Carga Viva	10 kg.m ²
Peso de luminarias, otros	10 kg.m ²
Velocidad máxima de viento	100 km/h
Presión de viento básica	25,0 kg.m ²

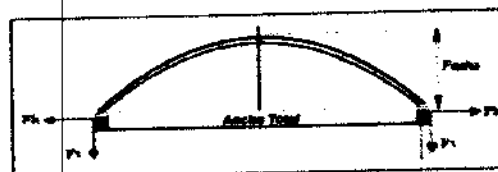
Restricciones del arte en los apogeos en ligeros *

Cargas Variables	
Carga muerta	229.17 kg/m
Carga viva	373.63 kg/m
Cargas Horizontales	
Carga muerta	275.3 kg/m
Carga viva	467.0 kg/m
Carga de viento	217.4 kg/m

4) an abstract system of formal rules and a domain for application of these rules

Caratteristiche del nostro

Ancho lateral	0,91 m
Ancho total	0,60 m
ay. acero	1.800,00 kg/cm ²
ay. admisible	2.520,00 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	2.070.000,00 kg/cm ²



Ángulo de inclinación	43,60°
Peso total de la cobertura	7.013,81 kg

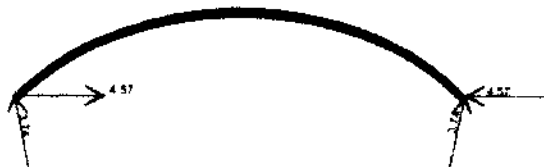
Velocidad de viento de diseño	140 km/h
Presión de viento de diseño	90,9 kg/m ²





441
460

Las cargas y reacciones suministradas por el fabricantes fueron probadas manualmente y con software.



Load Case/Load Combination/Model Case

☒ Case ☐ Combo

Line

Plot Type

☒ Arrows ☐ Tabulated

Display Results for These Components

☒ Fx	☐ Mx
☒ Fy	☐ My
☒ Fz	☐ Mz

OK Clear Apply

Figura 6 Reacciones de la carga viva



Load Case/Load Combination/Model Case

☒ Case ☐ Combo

SDDead

Plot Type

☒ Arrows ☐ Tabulated

Display Results for These Components

☒ Fx	☐ Mx
☒ Fy	☐ My
☒ Fz	☐ Mz

OK Clear Apply

Figura 7 Reacciones de la carga muerta

En el caso de la carga de viento, se contempló el valor más crítico donde el viento tiene cierta inclinación y la cubierta está sometida a compresión y succión al mismo tiempo. Como se muestra a continuación.

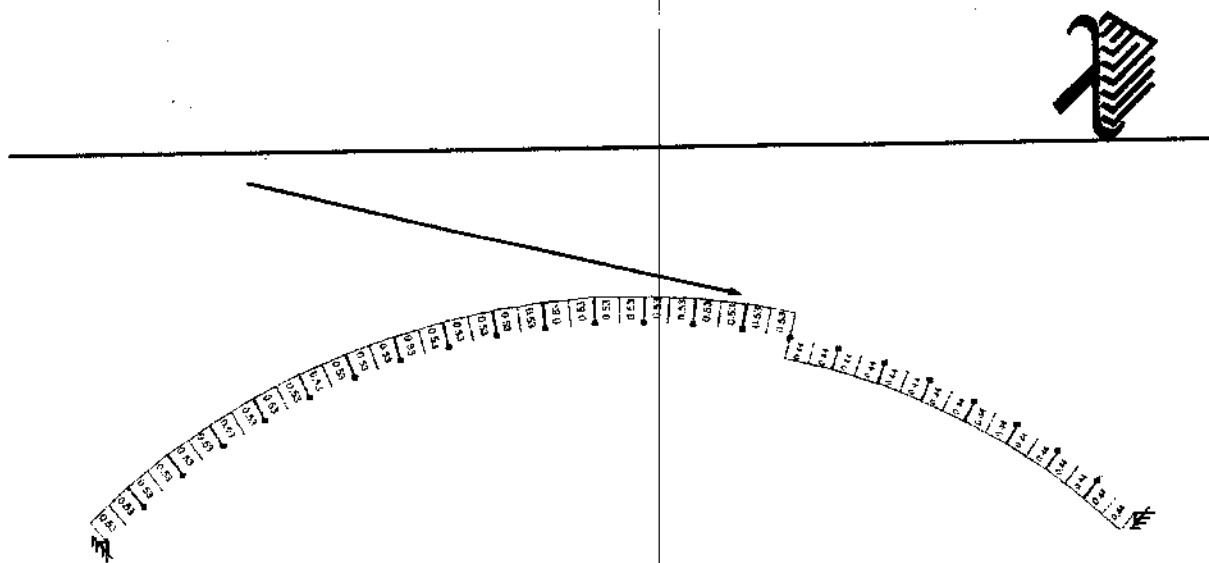


Figura 8 Cargas de viento compresión y succión

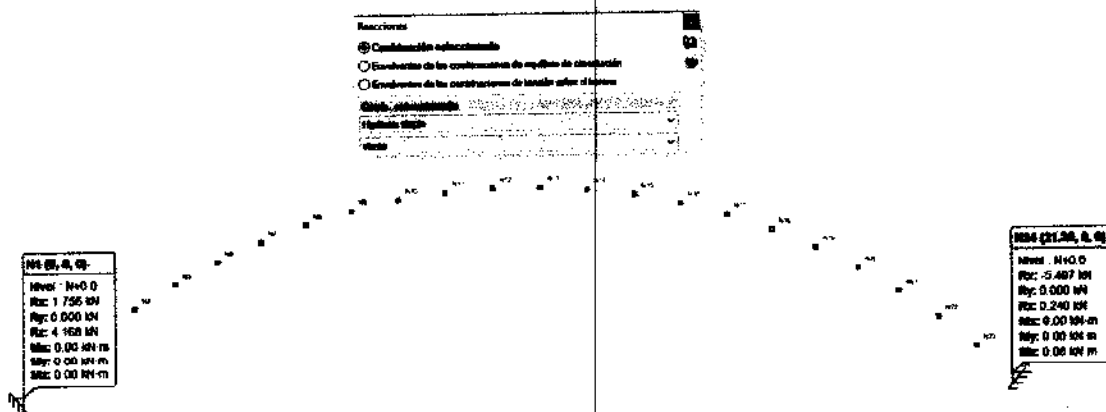


Figura 9 Reacciones de la cubierta caso compresión succión

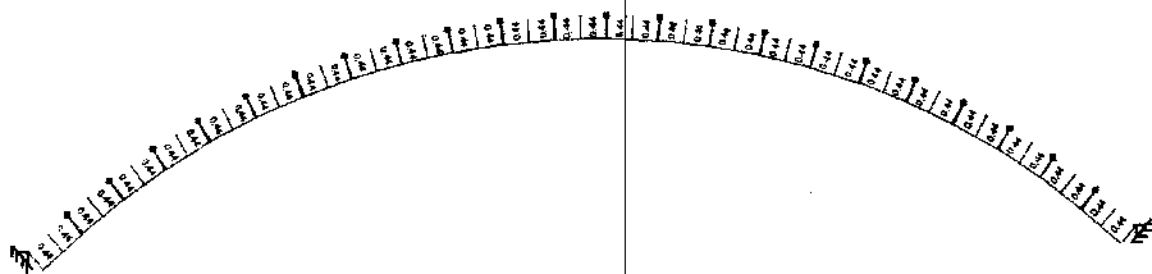


Figura 10 Cargas de la cubierta caso Succión

442
461

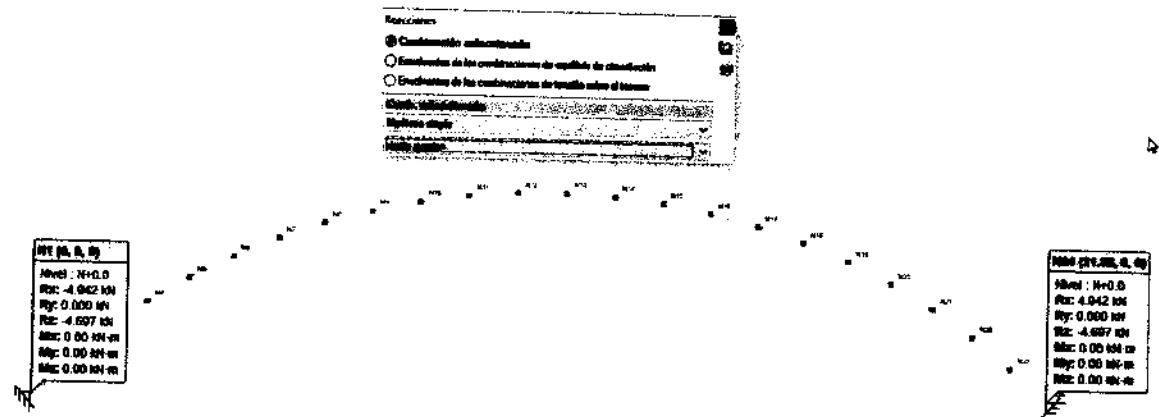


Figura 11 Reacciones de la cubierta caso Succión

3.4 Cargas en Cype3d

Cada caso de carga fue introducido en el modelo de los pórticos, se cargaron las vigas que son quienes reciben las cargas y las transmiten. Las cargas están en kN/m.

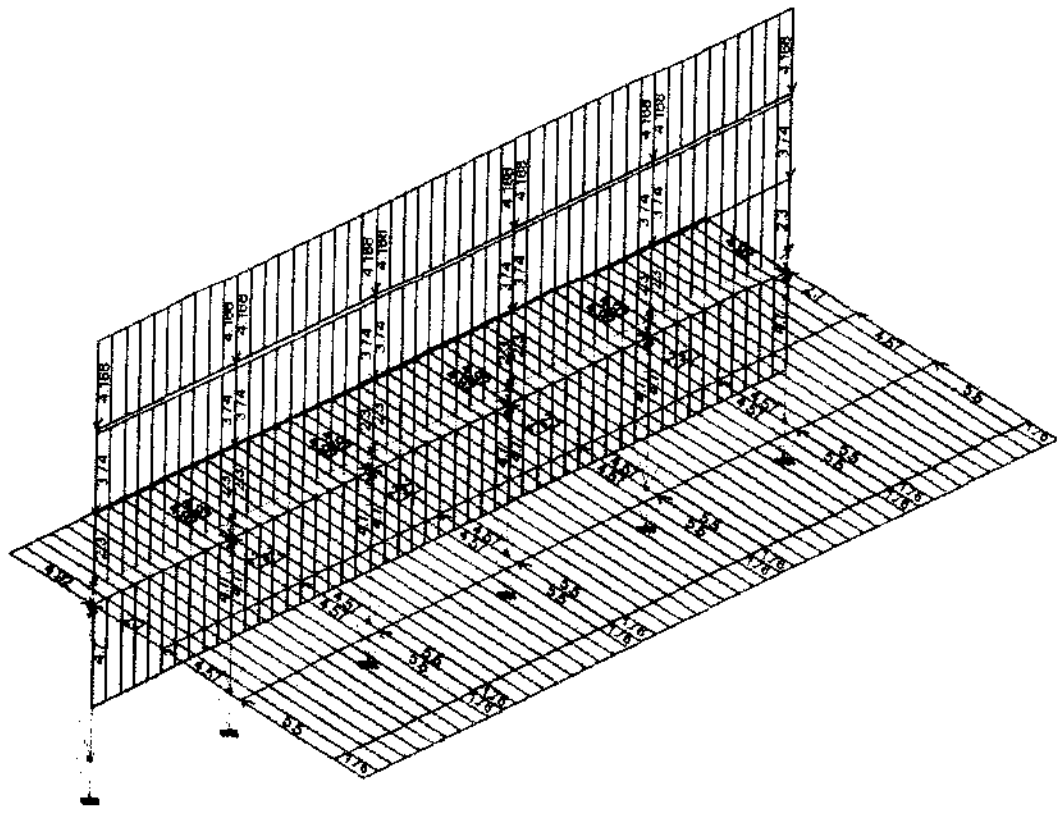


Figura 12 Cargas de las reacciones de la cubierta



4. JUSTIFICACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA

4.1 Cálculo del espectro elástico

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros C_t y α , donde C_w se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Tabla 8 Tabla para determinar el periodo fundamental

Se asume este modelo para calcular un periodo aproximado inicial.

La altura media de la estructura se toma como 0.75H

$$T_a = C_t h^{\alpha} = 0.047 * (8.73)^{0.9} = 0.33 \text{ s}$$

Datos	Unidad	Página
Ubicación de la Estructura-CIUDAD		
Departamento		
Altura del edificio	[m]	Título A
Numero de Pisos		
Tipo de Perfil del Suelo:		Tabla A.2.4-3
Grupo de Uso Edificación:		
Sistema estructural de resistencia sísmica		Tabla A.4.2-1
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitadas o adheridas a componentes mas rígidos estructurales o no estructurales que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas		

Zona de Amenaza Sísmica:		
Coefficiente de Aceleracion (A_a):		
Coefficiente de Velocidad (A_v):		
Coefficiente de Amplificación de Sitio (F_a):		Tabla A.2.4-3
Coefficiente de Amplificación de Sitio (F_v):		Tabla A.2.4-4
Coefficiente de Importancia (I):		
Espectro de Diseño (S_a):		Título A
Período de Vibración Inicial (T_o):	[s]	Título A
Período de Vibración Corto (T_c):	[s]	Título A
Período de Vibración Largo (T_l):	[s]	Título A



443
462

Coeficiente (C_t):		Tabla A.4.2-1
Exponente (α):		Tabla A.4.2-1
Período de Vibración Aproximado ($T_a = C_t h^{\alpha}$):	[s]	Form. A.4.2-3
Coeficiente (C_u):		Form. A.4.2-2
$T_{max} = C_u \cdot T_a$	[s]	Form. A.4.2-2

k		A.4.3.2
---	--	---------

Capacidad de Disipación de Energía:		
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía Básico (R_0):		A.3.3.3-Tabla A.3-1 a Tabla A.3-4
Coeficiente de Reducción (ϕ_a):		tabla A.3-7,
Coeficiente de Reducción (ϕ_p):		tabla A.3-6,
Coeficiente de Reducción (ϕ_r):		A.3.3.8
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía de Diseño ($R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$):		form. A.3.3-1

Figura 13 Datos para el cálculo del espectro

Como el periodo aproximado es menor al periodo corto, es decir está en la meseta, la pseudo-acceleración es de:

$$S_a = A_a F_a I = 2.5 * 0.25 * 1.45 * 1.25 = 1.1328g$$

Sin embargo, para el chequeo de derivas, I podría tomarse como 1.

4.2 ESPECTROS

Para el espectro inelástico es necesario calcular el valor de R, para esto primero hay que tener el R_0 que es el básico para la disipación de energía, dado por la NSR-10 Tabla A.3-3.

5. Estructuras de péndulo invertido									
a. Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	2.5 (Nota-3)	2.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. Pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	2.5	2.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	1.5 (Nota-3)	2.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite

Notas:

- El sistema de pórtico es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y las fuerzas horizontales.
- Para edificaciones clasificadas como irregulares el valor de R_0 debe multiplicarse por ϕ_a , ϕ_p y ϕ_r para obtener $R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$ (Véase A.3.3.3).
- Cuando se trate de estructuras de acero donde las uniones del sistema de resistencia sísmica son soldadas en obra, el valor de R_0 debe multiplicarse por 0.90.
- El valor de R_0 puede reducirse restándole 0.5 en estructuras con diafragma flexible, pero no debe ser menos de 2.0 para cualquier estructura.
- Se permite hasta una altura de 12m en edificios de un piso (naves industriales o similares) que no sean del grupo de Uso IV.
- Los perfiles de lámina doblada y los perfiles tubulares estructurales que cumplen con los requisitos de F.2.2.4 para miembros no esbeltos que se diseñen con conexiones dúctiles calificadas de acuerdo a F.3.1.8 se podrán diseñar como pórticos resistentes a momentos convencionales.

Tabla 9 Coeficiente R_0 de disipación de energía

Con este valor se obtiene el valor de R de la siguiente manera



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

Para calcular los valores de phi es necesario calcular irregularidades en planta, en altura y el factor por redundancia.

$$\varphi_p = 1$$

$$\varphi_a = 1$$

Irregularidad por ausencia de redundancia φ_r :

La norma establece que se deben verificar este valor quitando cada columna que se tiene y chequear las condiciones del A.3.3.8.2. Pero, según de Rochel, en su libro Análisis y diseño sísmico de edificios plantea una manera más sencilla de verificar este valor. Teniendo en cuenta la siguiente tabla:

N.º de ejes de columnas	Factor R_{op}
2	0.71 SE TOMARA COMO 0.75
3	0.86
4	1.00

Tabla 10 Valores del coeficiente básico debido a la redundancia ϕ_r .

Los casos más críticos en el edificio se tomarán en cuenta para determinar el factor de redundancia.

En dirección "x" tiene 2 columnas u elementos por lo que φ_r será de 0.75.

En dirección "y" tiene 5 columnas u elementos por lo que φ_r será de 1

Por lo tanto, el R de disipación de energía se calculará teniendo en cuenta los valores de phi de reducción.

$$R_x = 2.5 * 0.75 * 1 * 1 * 0.9 = 1.6875$$

$$R_y = 2.5 * 1 * 1 * 1 * 0.9 = 2.25$$

El valor de 0.9 es por la nota 3 del sistema péndulo invertido.



447
463

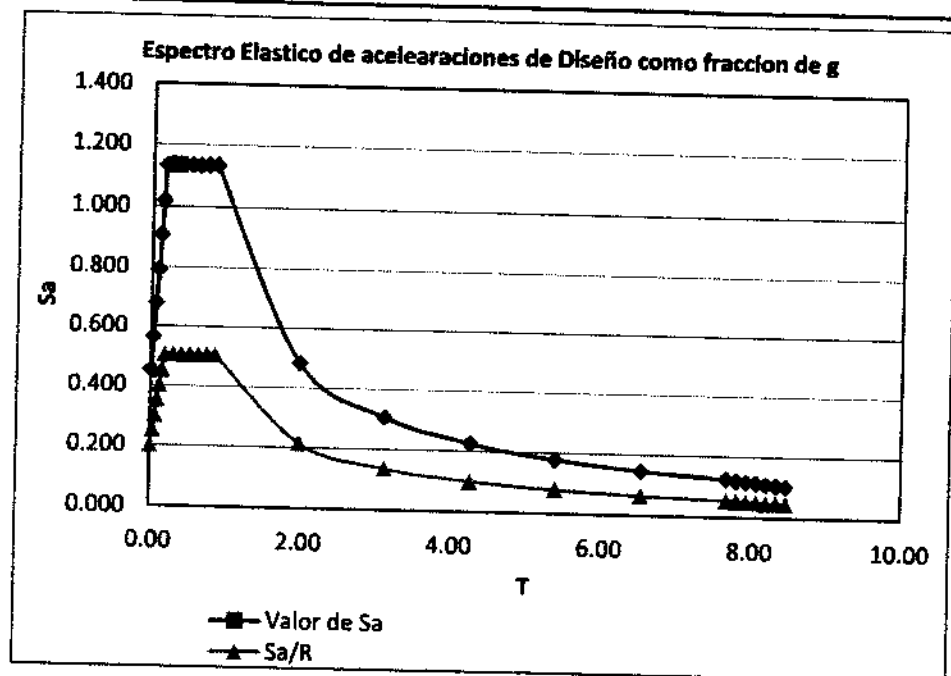


Figura 14 Espectro elástico e inelástico de aceleraciones dirección x

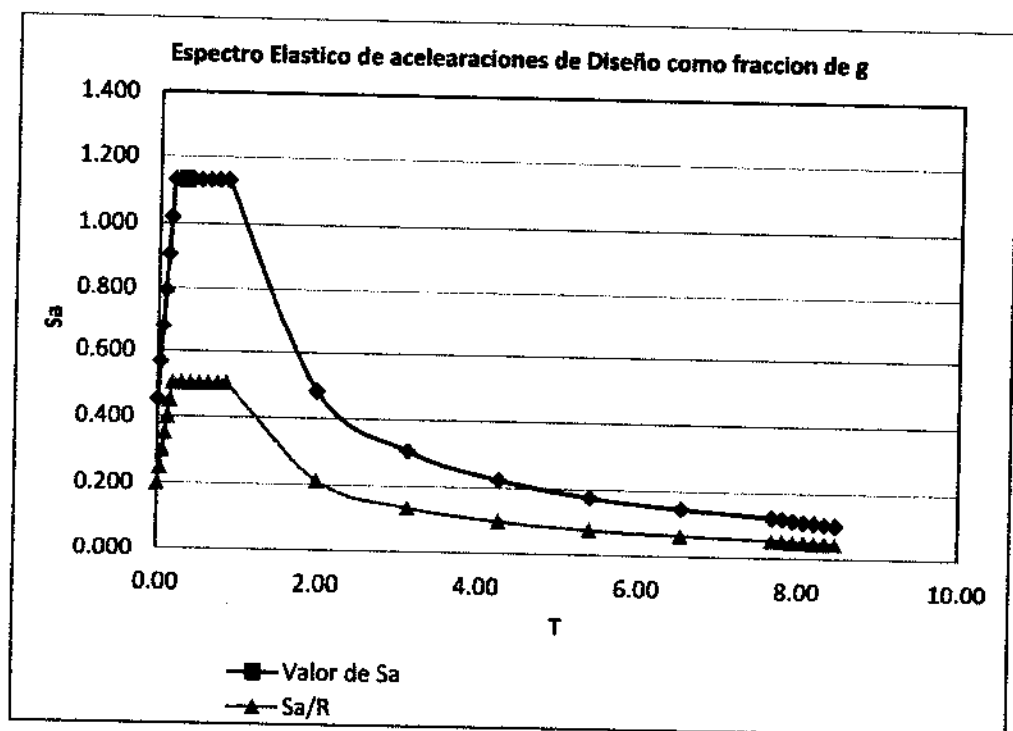


Figura 15 Espectro elástico e inelástico de aceleraciones dirección y



REQUISITOS ESPECIALES PARA EDIFICACIONES INDISPENSABLES DE LOS GRUPOS DE USO III Y IV-CAPITULO A12

Umbral de daño	
coeficiente que representa la aceleración pico efectiva-Ad	[g] Tabla A.12.2-2
Coeficiente de Amplificación de Sitio (Fv):Con Ad	[-] Tabla A.2.4-4
coeficiente de sitio para ser empleado en el espectro sísmico del umbral de daño. S	A.12.3.1
Periodo de vibracion inicial-To	[s] A.12.3.2
Período de Vibración Corto (Tcd):	[s] A.12.3-3
Período de Vibración Largo (Tld):	[s] A.12.3-5

Tabla 11 Datos para el espectro del Umbral de daño

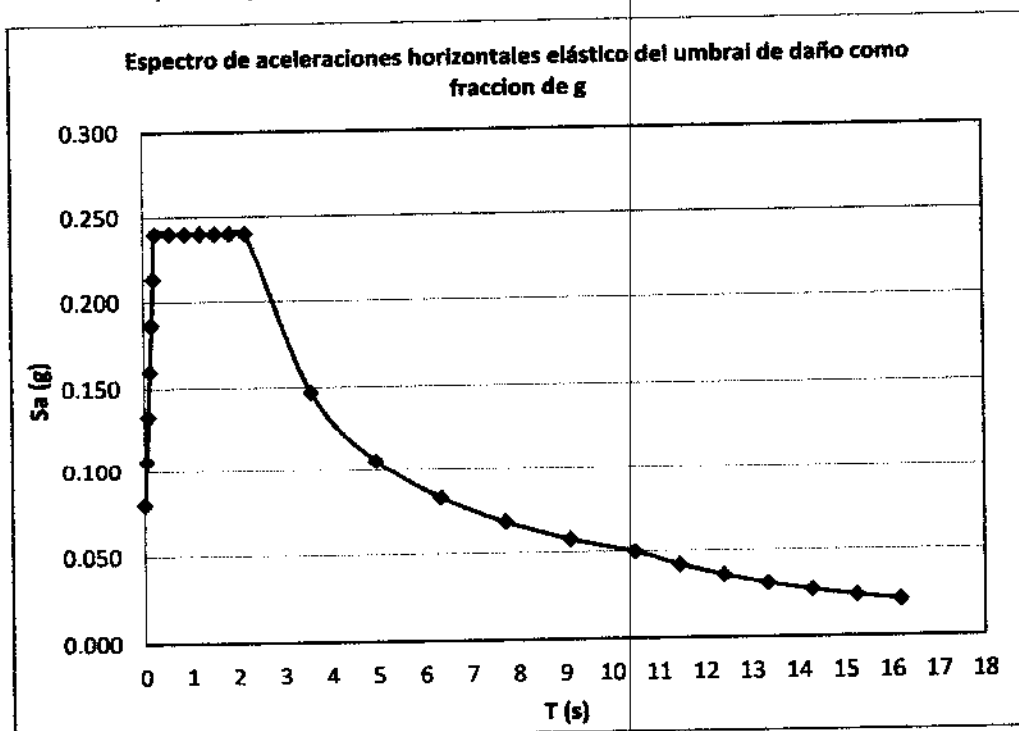


Figura 16 Espectro del umbral de daño en dirección X

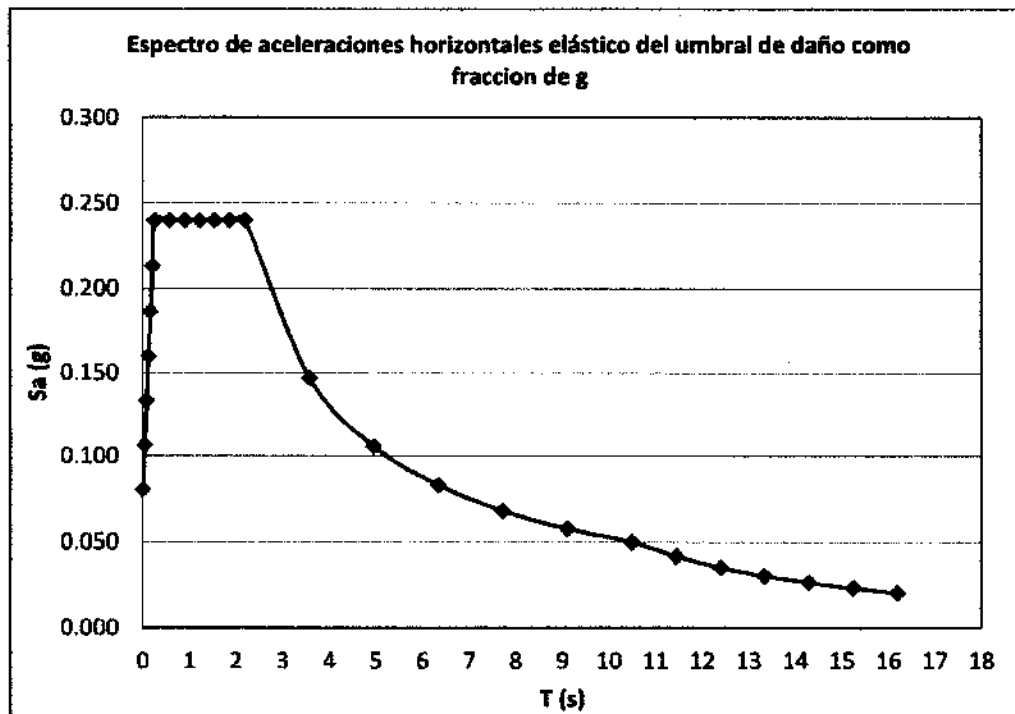


Figura 17 Espectro del umbral de daño en dirección Y

5. ANÁLISIS DINÁMICO

Caracterización del emplazamiento

A_h : Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

A_h : 0.25 g

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

A_v : 0.20 g

V_m : Velocidad media de onda de cortante (NSR-10, A.2.4.3)

V_m : 170.00 m/s

Sistema estructural

R_{0X} : Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3)

R_{0X} : 2.50

R_{0Y} : Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)

R_{0Y} : 2.50

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 : 0.90

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} : 1.00

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

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

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso

: 0.00

Fracción de sobrecarga de nieve

: 0.00

Factor multiplicador del espectro

: 1.00

Efectos de la componente sísmica vertical

No se consideran



No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_h : Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_h : 0.25 g
A_v : Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_v : 0.20 g
F_s : Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3)	F_s : 1.45
Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)	Suelo : E
A_s : Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_s : 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 : 3.20
Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)	Suelo : E
A_v : Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_v : 0.20 g
I : Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5)	I : 1.25
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 : 0.85 s
T_l : Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1)	T_l : 7.68 s

5.1 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.

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}** : 1.69

R_{yi}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y) **R_{yi}** : 2.25

Donde:

R_{ox}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3) **R_{ox}** : 2.50



446
465

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

R_{0Y} : 2.50
 Φ_a : 1.00
 Φ_p : 0.90
 Φ_{rx} : 0.75
 Φ_{ry} : 1.00

5.1 Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.234	1	0	46.35 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 9.11341 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 7.29073 mm
Modo 2	0.275	0	1	0 %	56.19 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 12.5752 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 10.0601 mm
Modo 3	0.218	1	0	0 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 7.93495 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 6.34796 mm
Modo 4	0.026	0	1	0 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.11491 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.09192 mm
Modo 5	0.191	1	0	8.01 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 6.10759 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 4.88607 mm
Modo 6	0.172	1	0	0 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 4.95738 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 3.9659 mm
Modo 7	0.014	0	1	0 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.03197 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.02558 mm
Modo 8	0.159	1	0	2.6 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 4.20682 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 3.36546 mm
Modo 9	0.137	1	0	0 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 3.13997 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 2.51198 mm
Modo 10	0.010	1	0	41.84 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.0177 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.01416 mm
Modo 11	0.012	0	1	0 %	0.83 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.0234 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.01872 mm
Modo 12	0.012	0	1	0 %	4.39 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.0234 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.01872 mm
Modo 13	0.012	0	1	0 %	0.02 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.02336 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.01869 mm
Modo 14	0.010	1	0	1.17 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.0177 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.01416 mm
Modo 15	0.010	1	0	0.03 %	0 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.01768 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.01414 mm
Modo 16	0.012	0	1	0 %	4.66 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.02334 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.01867 mm



Modo	T	L _x	L _y	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 17	0.012	0	1	0 %	2.71 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.02333 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.01866 mm
Modo 18	0.012	0	1	0 %	31.2 %	R = 1.69 A = 6.585 m/s ² D = 0.02332 mm	R = 2.11 A = 5.268 m/s ² D = 0.01866 mm
Total				100 %	100 %		

Tabla 12 Participación de masa modal

T: Periodo de vibración en segundos.

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

L_{zz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

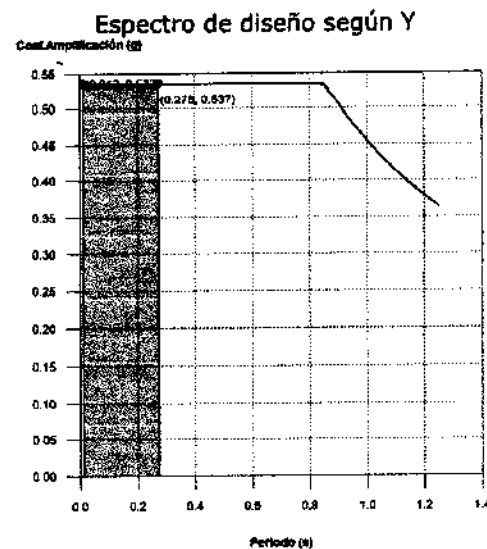
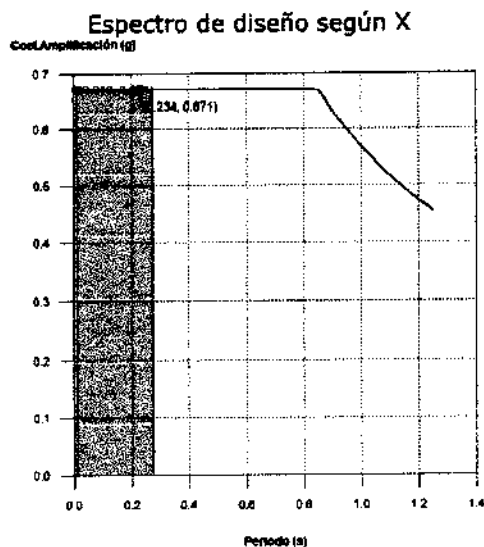
M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

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.

5.2 Representación de los periodos modales



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 1	0.234	0.671
Modo 10	0.010	0.671

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.275	0.537
Modo 18	0.012	0.537

447
466



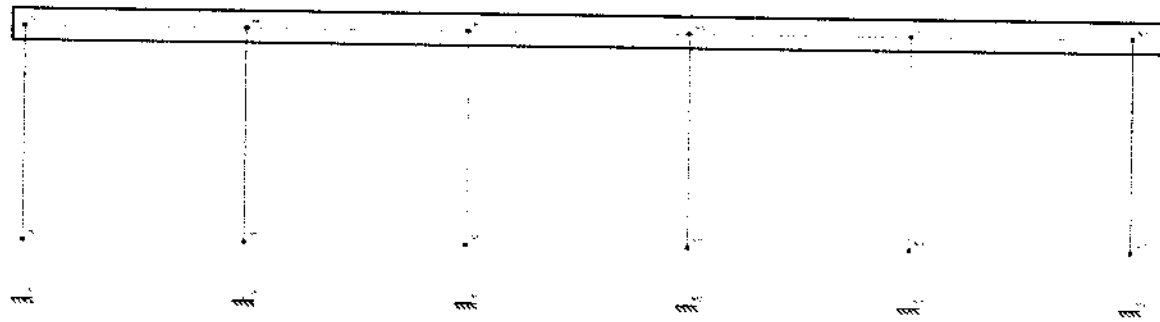
6. DERIVAS

El límite de derivas esta dado por la tabla A.6.4-1:

Tabla A.6.4-1
Derivas máximas como porcentaje de h_{pi}

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% ($\Delta_{max}^i \leq 0.010 h_{pi}$)
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% ($\Delta_{max}^i \leq 0.005 h_{pi}$)

La cual se debe cumplir que la deriva maxima presentada debe der menor al 1% de la altura de piso.



Envolvente de los desplazamientos en nudos						DERIVA %	
Nudo	Combinación		Desplazamientos en ejes globales				
	Tipo	Descripción	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	x	y
N1	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-17.96	-6.401	-0.048	-0.31	-0.11
		Valor máximo de la envolvente	5.781	21.35	0.014	0.10	0.37
N2	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-0.291	-0.055	-0.005	-0.01	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.094	0.166	0	0.00	0.00
N4	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-37.633	-6.406	-0.108	-0.65	-0.11
		Valor máximo de la envolvente	12.113	21.361	0.026	0.21	0.37
N5	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-0.643	-0.058	-0.009	-0.01	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.207	0.195	0.001	0.00	0.00
N7	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-38.17	-6.409	-0.099	-0.66	-0.11
		Valor máximo de la envolvente	13.55	21.367	0.023	0.23	0.37
N8	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-0.642	-0.058	-0.008	-0.01	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.235	0.192	0.001	0.00	0.00
N10	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-38.17	-6.411	-0.099	-0.66	-0.11
		Valor máximo de la envolvente	13.542	21.366	0.023	0.23	0.37



Envolvente de los desplazamientos en nudos						DERIVA %	
Nudo	Combinación		Desplazamientos en ejes globales				
	Tipo	Descripción	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	x	y
N11	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-0.642	-0.058	-0.008	-0.01	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.235	0.194	0.001	0.00	0.00
N13	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-37.633	-6.41	-0.108	-0.65	-0.11
		Valor máximo de la envolvente	12.113	21.357	0.026	0.21	0.37
N14	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-0.643	-0.061	-0.009	-0.01	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.207	0.199	0.001	0.00	0.00
N16	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-17.96	-6.409	-0.055	-0.31	-0.11
		Valor máximo de la envolvente	5.781	21.342	0.007	0.10	0.37
N17	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-0.291	-0.048	-0.005	-0.01	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.094	0.173	-0.001	0.00	0.00

Tabla 13 Derivas de la estructura

Como se puede observar ningún pilar sobrepasa el límite de derivas ya que son menores al 1%

En este caso, al ser un piso, la deriva es el mismo desplazamiento y como la estructura es de un piso, no se debería tener control de derivas, pero de igual forma se cumple

6.1 Chequeo derivas por umbral de daños

Requisitos especiales para edificaciones indispensables de los grupos de uso III y IV-capítulo A12

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.1	$0.40\% \left(\Delta_{max}^i \leq 0.0040 h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.2	$0.20\% \left(\Delta_{max}^i \leq 0.0020 h_{pi} \right)$

Figura 18 Limite de derivas por Umbral de daños

Desplazamientos de los nudos, por combinación						DERIVA %	
Nudo	Combinación		Desplazamientos en ejes globales				
	Tipo	Descripción	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	x	y
N1	Desplazamientos	PP+Superdead	-3.948	0.006	-0.022	-0.07	0.00
		PP+Superdead+Live_cubierta	-10.63	0.012	-0.037	-0.18	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead	-2.369	0.003	-0.013	-0.04	0.00
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-4.248	0.006	-0.022	-0.07	0.00
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-3.948	3.583	-0.017	-0.07	0.06



467
1148

Desplazamientos de los nudos, por combinación							DERIVA %	
Nudo	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	x		
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-3.948	0.006	-	0.022	-0.07	0.00
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-3.647	3.583	-	0.017	-0.06	0.06
		PP+Superdead+SX+0.3·SY	-4.95	0.006	-	0.022	-0.09	0.00
		PP+Superdead+SX+0.3·SY	-3.948	1.079	-0.02	-	-0.07	0.02
		PP+Superdead+SX-0.3·SY	-4.95	1.067	0.023	-	-0.09	-0.02
		PP+Superdead+SX-0.3·SY	-3.948	0.006	-	0.022	-0.07	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	-9.185	0.011	-	0.033	-0.16	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	-8.959	2.693	-0.03	-	-0.15	0.05
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta-0.225·SX+0.75·SY	-8.959	0.011	-	0.033	-0.15	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta-0.225·SX+0.75·SY	-8.734	2.693	-0.03	-	-0.15	0.05
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-9.711	0.011	-	0.033	-0.17	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-8.959	0.815	-	0.032	-0.15	0.01
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX-0.225·SY	-9.711	0.794	0.034	-	-0.17	-0.01
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX-0.225·SY	-8.959	0.011	-	0.033	-0.15	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX+SY	-2.669	0.003	-	0.013	-0.05	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX+SY	-2.369	3.58	-	0.008	-0.04	0.06
		0.6·PP+0.6·Superdead-0.3·SX+SY	-2.369	0.003	-	0.013	-0.04	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead-0.3·SX+SY	-2.068	3.58	-	0.008	-0.04	0.06
		0.6·PP+0.6·Superdead+SX+0.3·SY	-3.37	0.003	-	0.013	-0.06	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+SX+0.3·SY	-2.369	1.076	-	0.012	-0.04	0.02
		0.6·PP+0.6·Superdead+SX-0.3·SY	-3.37	-1.07	0.015	-	-0.06	-0.02
		0.6·PP+0.6·Superdead+SX-0.3·SY	-2.369	0.003	-	0.013	-0.04	0.00
N4	Desplazamientos	PP+Superdead	-8.455	0.003	-	0.041	-0.15	0.00
		PP+Superdead+Live_cubierta	-	0.007	-0.08	-	-0.39	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead	-5.073	0.002	-	0.025	-0.09	0.00
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-8.455	0.003	-	0.043	-0.15	0.00
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-7.776	3.583	-	0.041	-0.13	0.06
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-9.135	0.003	-	0.043	-0.16	0.00
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-8.455	3.583	-	0.041	-0.15	0.06
		PP+Superdead+SX+0.3·SY	-8.455	0.003	-	0.042	-0.15	0.00
		PP+Superdead+SX+0.3·SY	-6.19	1.077	-	0.041	-0.11	0.02
PP+Superdead+SX-0.3·SY	-8.455	-	-	0.041	-0.15	-0.02		



Desplazamientos de los nudos, por combinación							DERIVA %	
Nudo	Combinación			Desplazamientos en ejes globales				
	Tipo	Descripción		Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	x	y
		PP+Superdead+ $SX \cdot 0.3 \cdot SY$		-6.19	0.003	-	-0.11	0.00
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta + 0.225 \cdot SX + 0.75 \cdot SY$		19.189	0.006	0.072	-0.33	0.00
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta + 0.225 \cdot SX + 0.75 \cdot SY$		18.679	2.691	-0.07	-0.32	0.05
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta - 0.225 \cdot SX + 0.75 \cdot SY$		19.699	0.006	0.072	-0.34	0.00
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta - 0.225 \cdot SX + 0.75 \cdot SY$		19.189	2.691	-0.07	-0.33	0.05
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta + 0.75 \cdot SX + 0.225 \cdot SY$		19.189	0.006	0.071	-0.33	0.00
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta + 0.75 \cdot SX + 0.225 \cdot SY$		-17.49	0.811	-0.07	-0.30	0.01
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta + 0.75 \cdot SX - 0.225 \cdot SY$		19.189	-0.8	-0.07	-0.33	-0.01
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta + 0.75 \cdot SX - 0.225 \cdot SY$		-17.49	0.006	-0.07	-0.30	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+ $0.3 \cdot SX + SY$		-5.073	0.002	-	-0.09	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+ $0.3 \cdot SX + SY$		-4.394	3.582	-	-0.08	0.06
		0.6·PP+0.6·Superdead- $0.3 \cdot SX + SY$		-5.753	0.002	-	-0.10	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead- $0.3 \cdot SX + SY$		-5.073	3.582	-	-0.09	0.06
		0.6·PP+0.6·Superdead+ $SX + 0.3 \cdot SY$		-5.073	0.002	-	-0.09	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+ $SX + 0.3 \cdot SY$		-2.808	1.076	-	-0.05	0.02
		0.6·PP+0.6·Superdead+ $SX - 0.3 \cdot SY$		-5.073	1.072	-	-0.09	-0.02
		0.6·PP+0.6·Superdead+ $SX - 0.3 \cdot SY$		-2.808	0.002	-	-0.05	0.00
N7	Desplazamientos	PP+Superdead		-8.474	0.001	-	-0.15	0.00
		PP+Superdead+Live_cubierta		22.816	0.002	-	-0.39	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead		-5.084	0.001	-	-0.09	0.00
		PP+Superdead+ $0.3 \cdot SX + SY$		-8.474	0.001	-	-0.15	0.00
		PP+Superdead+ $0.3 \cdot SX + SY$		-7.528	3.582	-	-0.13	0.06
		PP+Superdead- $0.3 \cdot SX + SY$		-9.419	0.001	-	-0.16	0.00
		PP+Superdead- $0.3 \cdot SX + SY$		-8.474	3.582	-	-0.15	0.06
		PP+Superdead+ $SX + 0.3 \cdot SY$		-8.474	0.001	-	-0.15	0.00
		PP+Superdead+ $SX + 0.3 \cdot SY$		-5.323	1.075	-	-0.09	0.02
		PP+Superdead+ $SX - 0.3 \cdot SY$		-8.474	1.073	-	-0.15	-0.02
		PP+Superdead+ $SX - 0.3 \cdot SY$		-5.323	0.001	-	-0.09	0.00
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta + 0.225 \cdot SX + 0.75 \cdot SY$		-19.23	0.002	-	-0.33	0.00
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta + 0.225 \cdot SX + 0.75 \cdot SY$		-	-	-	-	-
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta - 0.225 \cdot SX + 0.75 \cdot SY$		19.939	0.002	-	-0.34	0.00
		PP+Superdead+ $0.75 \cdot Live_cubierta - 0.225 \cdot SX + 0.75 \cdot SY$		-19.23	2.688	-	-0.33	0.05



468
149

Desplazamientos de los nudos, por combinación						DERIVA %	
Nudo	Combinación		Desplazamientos en ejes globales				
	Tipo	Descripción	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	x	y
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-19.23	0.002	-	-0.33	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-	0.808	0.065	-0.29	0.01
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX-0.225·SY	-19.23	-	-	-0.33	-0.01
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX-0.225·SY	-	0.804	0.065	-0.29	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX+SY	-5.084	0.001	-	-0.09	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX+SY	-4.139	3.582	0.023	-0.07	0.06
		0.6·PP+0.6·Superdead-0.3·SX+SY	-6.029	0.001	-	-0.10	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead-0.3·SX+SY	-5.084	3.582	0.023	-0.09	0.06
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-5.084	0.001	-	-0.09	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-1.934	1.075	0.023	-0.03	0.02
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-5.084	1.074	0.023	-0.09	-0.02
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-1.934	0.001	-	-0.03	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-1.934	0.001	0.039	-0.15	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-1.934	0.001	0.039	-0.15	0.00
N10	Desplazamientos	PP+Superdead	-8.474	-	-	-0.39	0.00
		PP+Superdead+Live_cubierta	22.816	0.002	0.074	-0.39	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead	-5.084	-	-	-0.09	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead	-5.084	0.001	0.023	-0.09	0.00
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-8.474	0.001	0.039	-0.15	0.00
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-7.529	3.58	-	-0.13	0.06
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-7.529	3.58	0.039	-0.13	0.06
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-9.418	0.001	0.039	-0.16	0.00
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-8.474	3.58	-	-0.15	0.06
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-8.474	3.58	0.039	-0.15	0.06
		PP+Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-8.474	0.001	0.039	-0.15	0.00
		PP+Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-5.325	1.073	-	-0.09	0.02
		PP+Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-5.325	1.073	0.039	-0.09	0.02
		PP+Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-8.474	1.075	0.039	-0.15	-0.02
		PP+Superdead+0.3·SX-0.3·SY	-5.325	0.001	0.038	-0.09	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	-19.23	-	-	-0.33	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	-	0.002	0.065	-0.33	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	18.522	2.684	0.065	-0.32	0.05
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	19.939	-	-	-0.34	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	-19.23	0.002	0.065	-0.33	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-19.23	-	-	-0.33	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-	0.804	0.065	-0.29	0.01
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-19.23	0.808	0.065	-0.33	-0.01
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-	-	-	-0.29	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-19.23	0.002	0.065	-0.33	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX+SY	-5.084	0.001	0.024	-0.09	0.00



Desplazamientos de los nudos, por combinación								
Nudo	Combinación		Desplazamientos en ejes globales			DERIVA %		
	Tipo	Descripción	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	x	y	
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX+SY	-4.139	3.581	-0.023	-0.07	0.06	
		0.6·PP+0.6·Superdead-0.3·SX+SY	-6.029	0.001	0.024	-0.10	0.00	
		0.6·PP+0.6·Superdead-0.3·SX+SY	-5.084	3.581	0.023	-0.09	0.06	
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SY	-5.084	0.001	0.023	-0.09	0.00	
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SY	-1.935	1.074	0.023	-0.03	0.02	
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SY	-5.084	1.075	0.023	-0.09	-0.02	
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SY	-1.935	0.001	0.023	-0.03	0.00	
N13	Desplazamientos	PP+Superdead	-8.455	0.003	0.041	-0.15	0.00	
		PP+Superdead+Live_cubierta	22.767	0.007	-0.08	-0.39	0.00	
		0.6·PP+0.6·Superdead	-5.073	0.002	0.025	-0.09	0.00	
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-8.455	0.003	0.041	-0.15	0.00	
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-7.776	3.577	-0.04	-0.13	0.06	
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-9.134	0.003	0.041	-0.16	0.00	
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-8.455	3.577	-0.04	-0.15	0.06	
		PP+Superdead+0.3·SY	-8.455	0.003	0.041	-0.15	0.00	
		PP+Superdead+0.3·SY	-6.192	1.071	0.041	-0.11	0.02	
		PP+Superdead+0.3·SY	-8.455	1.077	0.042	-0.15	-0.02	
		PP+Superdead+0.3·SY	-6.192	0.003	0.041	-0.11	0.00	
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	19.189	0.006	-0.07	-0.33	0.00	
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	-18.68	2.679	0.069	-0.32	0.05	
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta-0.225·SX+0.75·SY	19.698	0.006	-0.07	-0.34	0.00	
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta-0.225·SX+0.75·SY	19.189	2.679	0.069	-0.33	0.05	
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	19.189	0.006	-0.07	-0.33	0.00	
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	17.492	0.8	-0.07	-0.30	0.01	
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX-0.225·SY	19.189	0.811	0.071	-0.33	-0.01	
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX-0.225·SY	17.492	0.006	-0.07	-0.30	0.00	
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX+SY	-5.073	0.002	0.025	-0.09	0.00	
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX+SY	-4.394	3.578	0.023	-0.08	0.06	
		0.6·PP+0.6·Superdead-0.3·SX+SY	-5.752	0.002	0.025	-0.10	0.00	
		0.6·PP+0.6·Superdead-0.3·SX+SY	-5.073	3.578	0.023	-0.09	0.06	
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SY	-5.073	0.002	0.025	-0.09	0.00	
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SY	-2.81	1.072	0.024	-0.05	0.02	



469
450

Desplazamientos de los nudos, por combinación						DERIVA %	
Nudo	Combinación		Desplazamientos en ejes globales				
	Tipo	Descripción	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	x	y
		0.6·PP+0.6·Superdead+SX-0.3·SY	-5.073	1.076	0.025	-0.09	-0.02
		0.6·PP+0.6·Superdead+SX-0.3·SY	-2.81	0.002	0.025	-0.05	0.00
N16	Desplazamientos	PP+Superdead	-3.948	0.006	0.022	-0.07	0.00
		PP+Superdead+Live_cubierta	-10.63	0.012	0.037	-0.18	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead	-2.369	0.003	0.013	-0.04	0.00
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-4.248	0.006	0.027	-0.07	0.00
		PP+Superdead+0.3·SX+SY	-3.948	3.571	0.022	-0.07	0.06
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-3.948	0.006	0.027	-0.07	0.00
		PP+Superdead-0.3·SX+SY	-3.647	3.571	0.022	-0.06	0.06
		PP+Superdead+SX+0.3·SY	-4.949	0.006	0.023	-0.09	0.00
		PP+Superdead+SX+0.3·SY	-3.948	1.067	0.022	-0.07	0.02
		PP+Superdead+SX-0.3·SY	-4.949	1.079	0.022	-0.09	-0.02
		PP+Superdead+SX-0.3·SY	-3.948	0.006	-0.02	-0.07	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	-9.185	0.011	0.037	-0.16	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.225·SX+0.75·SY	-8.959	2.672	0.033	-0.15	0.05
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta-0.225·SX+0.75·SY	-8.959	0.011	0.037	-0.15	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta-0.225·SX+0.75·SY	-8.734	2.672	0.033	-0.15	0.05
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-9.71	0.011	0.034	-0.17	0.00
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX+0.225·SY	-8.959	0.794	0.033	-0.15	0.01
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX-0.225·SY	-9.71	0.815	0.033	-0.17	-0.01
		PP+Superdead+0.75·Live_cubierta+0.75·SX-0.225·SY	-8.959	0.011	0.032	-0.15	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX+SY	-2.669	0.003	0.018	-0.05	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+0.3·SX+SY	-2.369	3.574	0.013	-0.04	0.06
		0.6·PP+0.6·Superdead-0.3·SX+SY	-2.369	0.003	0.018	-0.04	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead-0.3·SX+SY	-2.068	3.574	0.013	-0.04	0.06
		0.6·PP+0.6·Superdead+SX+0.3·SY	-3.37	0.003	0.015	-0.06	0.00
		0.6·PP+0.6·Superdead+SX+0.3·SY	-2.369	1.07	0.013	-0.04	0.02
		0.6·PP+0.6·Superdead+SX-0.3·SY	-3.37	1.076	0.013	-0.06	-0.02
		0.6·PP+0.6·Superdead+SX-0.3·SY	-2.369	0.003	0.012	-0.04	0.00

Se comprueba que las derivas con el espectro para verificar el Umbral de daño sean menores a 0.4%.



7. COMPROBACIÓN DE LAS COLUMNAS

Se presentan las comprobaciones para la columna HEA 450 más crítica de la estructura. En este caso, las columnas más críticas son las siguientes:

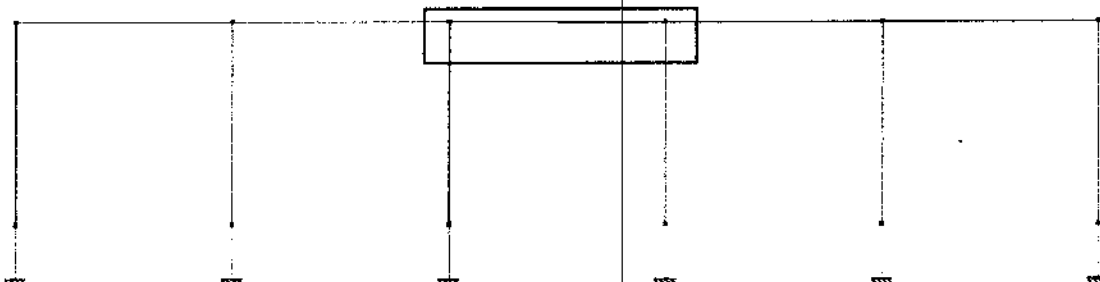
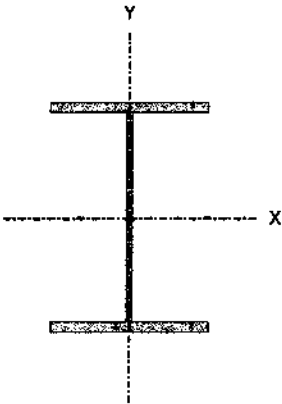


Figura 19 Columnas más críticas

Perfil: HE 450 A							
Material: Acero (A572 50ksi)							
	Cotas del tramo (m)		Altura libre (m)	Características mecánicas			
	Pie	Cabeza		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	1.65	7.00	5.350	178.00	63720.00	9465.00	250.11
	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.			
b	2.25	2.00	1.08	1.08			
L _x	12.021	10.700	5.800	5.800			
C _b	-			1.000			
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _x : Longitud de pandeo (m)							
C _b : Factor de modificación para el momento crítico							

Resistencia a tracción (Capítulo D)

Se debe satisfacer:

$$b_T : 0.002 \checkmark$$

El axil de tracción solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en un punto situado a una distancia de 5.149 m del nudo 1.65, para la combinación de hipótesis 0.9·PP+0.9·Superdead+SUCCIÓNCRÍTICA.

Donde:

P_r : Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : 10.79 \text{ kN}$$

P_e : Resistencia de diseño a tracción

$$P_e : 5526.90 \text{ kN}$$

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:

$$\phi_t : 0.90$$



451
470

a) Para fluencia bajo tracción en la sección bruta:

$$P_n : 6141.00 \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra.

$$A : 178.00 \text{ cm}^2$$

F_y: Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

Limitación de esbeltez para compresión (Capítulo E)

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

$$l : 164.9 \checkmark$$

Donde:

l: Coeficiente de esbeltez

$$l : 164.9$$

Donde:

L: Longitud de la barra

$$L : 5350 \text{ mm}$$

K: Factor de longitud efectiva.

$$K : 2.25$$

r_y: Radio de giro respecto al eje Y

$$r_y : 7.29 \text{ cm}$$

Donde:

$$r_y : 7.29 \text{ cm}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y

$$I_y : 9465.00 \text{ cm}^4$$

A: Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : 178.00 \text{ cm}^2$$

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 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\phi_t : 0.077 \checkmark$$

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en el nudo 1.65, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.5·vientoXPOS.

Donde:

P_r: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : 78.98 \text{ kN}$$

P_e: Resistencia de diseño a compresión

$$P_e : 1020.48 \text{ kN}$$

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_t: Factor de resistencia a compresión, tomado como:

$$\phi_t : 0.90$$

P_n: Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E3-B:

$$P_n : 1133.87 \text{ kN}$$



para el pandeo por flexión de secciones con elementos compactos y no compactos (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-B).

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra.

$$A : 178.00 \text{ cm}^2$$

F_{cr} : Tensión de pandeo por flexión, tomada como:

$$F_{cr} : 63.70 \text{ MPa}$$

ii) Cuando:

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

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

$$F_c : 72.63 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} : 617.19 \text{ MPa}$$

$$F_{ey} : 72.63 \text{ MPa}$$

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero

$$E : 200000.00 \text{ MPa}$$

K: Factor de longitud efectiva.

$$K_x : 2.00$$

$$K_y : 2.25$$

L: Longitud de la barra

$$L : 5350 \text{ mm}$$

r: Radio de giro dominante

$$r_x : 18.92 \text{ cm}$$

$$r_y : 7.29 \text{ cm}$$

Donde:

I: Momento de inercia

$$I_x : 63720.00 \text{ cm}^4$$

$$I_y : 9465.00 \text{ cm}^4$$

A: Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : 178.00 \text{ cm}^2$$

Resistencia a flexión eje X (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\phi_m : 0.505 \quad \checkmark$$

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r , se produce en el nudo 1.65, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.5·VIENTO X NEGATIVO.

Donde:

M_r : Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$M_r : 433.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_e : Resistencia de diseño a flexión

$$M_e : 857.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\phi_b : 0.90$$

M_n : La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 2, Sección 2, División b

$$M_n : 952.94 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_r : Resistencia a flexión requerida

$$M_r : 433.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



452
477

$M_r : 81.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$

1. Fluencia

$M_a : 1109.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$F_y : 345.00 \text{ MPa}$

Z_x : Módulo resistente plástico respecto al eje X

$Z_x : 3216.00 \text{ cm}^3$

2. Pandeo lateral-torsional

b) Si $L_p < L_b \leq L_r$:

$M_a : 952.94 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$F_y : 345.00 \text{ MPa}$

C_b : Factor de modificación del pandeo lateral-torsional tomado, de forma conservadora, como:

$C_b : 1.00$

$M_p : 1109.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

Z_x : Módulo resistente plástico respecto al eje X

$Z_x : 3216.00 \text{ cm}^3$

$S_x : 2896.36 \text{ cm}^3$

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto al eje X

$I_x : 63720.00 \text{ cm}^4$

y : Distancia a la fibra extrema en flexión

$y : 220.00 \text{ mm}$

L_b : Distancia entre puntos de arriostramiento al desplazamiento lateral del ala comprimida o de la torsión de la sección transversal

$L_b : 5800 \text{ mm}$

$L_p : 3090.07 \text{ mm}$

Donde:

E : Módulo de elasticidad del acero

$E : 200000.00 \text{ MPa}$

$r_y : 7.29 \text{ cm}$

Donde:

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y

$I_y : 9465.00 \text{ cm}^4$

A : Área total de la sección transversal de la barra.

$A : 178.00 \text{ cm}^2$

$L_r : 10186.85 \text{ mm}$

Donde:

E : Módulo de elasticidad del acero

$E : 200000.00 \text{ MPa}$

J : Momento de inercia a torsión uniforme

$J : 250.11 \text{ cm}^4$

h_o : Distancia entre los baricentros de las alas

$h_o : 419.00 \text{ mm}$

$r_{ts} : 82.71 \text{ mm}$

Donde:



I_y : Momento de inercia respecto al eje Y

I_y : 9465.00 cm⁴

C_w : Constante de alabeo de la sección

C_w : 4148000.00 cm⁶

Para c:

i) para una sección doblemente simétrica en doble T:

c : 1.00

Resistencia a flexión eje Y (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

h_m : 0.100 ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r , se produce en el nudo 7.00, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superficie-0.3·SX-SY.

Donde:

M_r : Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

M_r : 30.08 kN·m

M_c : Resistencia de diseño a flexión

M_c : 299.79 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 6, Sección 1

M_n : 333.10 kN·m

Donde:

M_r : Resistencia a flexión requerida

M_r : 29.75 kN·m

M_r : 30.08 kN·m

1. Fluencia

M_n : 333.10 kN·m

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

F_y : 345.00 MPa

Z_y : Módulo resistente plástico respecto al eje Y

Z_y : 965.50 cm³

S_y : Módulo resistente elástico respecto al eje Y

S_y : 631.00 cm³

Donde:

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y

I_y : 9465.00 cm⁴

x : Distancia a la fibra extrema en flexión desde el baricentro

x : 150.00 mm

2. Pandeo local del ala

a) Para secciones con alas compactas el estado límite de fluencia es de aplicación

Resistencia a corte X (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

453
472

hv : 0.005 ✓

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en un punto situado a una distancia de 2.575 m del nudo 1.65, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·Superdead-0.3·SX-SY.

Donde:

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

V_r : 11.14 kN

V_c : Resistencia de diseño a cortante

V_c : 2347.38 kN

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

j_v : Factor de resistencia a cortante

j_v : 0.90

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

para secciones con simetría simple y doble cargadas en el eje débil, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-7).

V_n : 2608.20 kN

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

F_y : 345.00 MPa

A_w : 126.00 cm²

Donde:

b_f : Anchura total del ala

b_f : 300.00 mm

t_f : Espesor del ala

t_f : 21.00 mm

b) para todas las demás secciones con simetría doble o simple y secciones en U, excepto tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C_v , se calcula de la siguiente forma:

i)

C_v : 1.00

Donde:

b : La mitad del ancho total del ala

b : 150.00 mm

t_f : Espesor del ala

t_f : 21.00 mm

E : Módulo de elasticidad del acero

E : 200000.00 MPa

K_v : Coeficiente de abolladura del alma

K_v : 1.20

Resistencia a corte Y (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

hv : 0.077 ✓



El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.5·VIENTO X NEGATIVO.

Donde:

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

V_r : 81.09 kN

V_u : Resistencia de diseño a cortante

V_u : 1047.42 kN

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

En la Sección G2.1 a:

j_v : Factor de resistencia a cortante

j_v : 1.00

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

para almas de secciones con simetría simple o doble y en U sometidas a cortante en el plano del alma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G2).

V_u : 1047.42 kN

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

F_y : 345.00 MPa

A_w : 50.60 cm²

Donde:

d : Canto total

d : 440.00 mm

t_w : Espesor del alma

t_w : 11.50 mm

1. Resistencia nominal a cortante

a) para almas de perfiles laminados de sección en doble T cuando se cumple:

C_v : Coeficiente de cortante del alma

C_v : 1.00

Donde:

h : Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

h : 398.00 mm

E : Módulo de elasticidad del acero

E : 200000.00 MPa

2. Comprobación de rigidizadores transversales

(a) si

No son necesarios rigidizadores transversales.

Donde:

h : Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

h : 398.00 mm

t_w : Espesor del alma

t_w : 11.50 mm

E : Módulo de elasticidad del acero

E : 200000.00 MPa

F_y : Límite elástico mínimo especificado

F_y : 345.00 MPa

Esfuerzos combinados y torsión (Capítulo H)

Se debe cumplir el siguiente criterio:



459
473

$$h : 0.549 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p $\acute{e}$ simos se producen en el nudo 1.65, para la combinaci $\acute{o}$ n de acciones $1.2 \cdot PP + 1.2 \cdot Superdead + 1.6 \cdot Live_cubierta + 0.5 \cdot VIENTO X NEGATIVO$.

Donde:

Seg $\acute{u}$ n el cap $\acute{i$ tulo H3.3, las secciones abiertas sometidas a torsi $\acute{o}$ n junto con tensiones combinadas, han de satisfacer la siguiente condici $\acute{o}$ n:

$$h : 0.001 \quad \checkmark$$

Ya que la norma no proporciona una comprobaci $\acute{o}$ n general para secciones abiertas sometidas a torsi $\acute{o}$ n combinada con otros esfuerzos, se considera que este elemento debe cumplir, adem $\acute{a}$ s, los siguientes criterios para la tensi $\acute{o}$ n de Von Mises:

$$h : 0.549 \quad \checkmark$$

$$h < 0.001 \quad \checkmark$$

$$h : 0.301 \quad \checkmark$$

3. Resistencia de secciones no tubulares sometidas a torsi $\acute{o}$ n y tensiones combinadas

T_r : Resistencia a torsi $\acute{o}$ n requerida

$$T_r : 0.01 \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$T_e : 7.79 \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

J_r : Factor de resistencia para torsi $\acute{o}$ n

$$J_r : 0.90$$

T_n : Resistencia nominal a torsi $\acute{o}$ n, definida como:

$$T_n : 8.65 \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

C: M $\acute{o}$ dulo resistente a torsi $\acute{o}$ n

$$C : 119.10 \quad \text{cm}^3$$

c) El estado l $\acute{i$ mite de pandeo

$$F_u : 72.63 \quad \text{MPa}$$

Donde:

$$F_{cx} : 617.19 \quad \text{MPa}$$

$$F_{cy} : 72.63 \quad \text{MPa}$$

Donde:



E: Módulo de elasticidad del acero	E : 200000.00 MPa
K: Factor de longitud efectiva.	K _x : 2.00
	K _y : 2.25
L: Longitud de la barra	L : 5350 mm
r: Radio de giro dominante	r _x : 18.92 cm
	r _y : 7.29 cm

Donde:

I: Momento de inercia	I _x : 63720.00 cm ⁴
	I _y : 9465.00 cm ⁴
A: Área total de la sección transversal de la barra.	A : 178.00 cm ²
	F _a : 605.98 MPa

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero	E : 200000.00 MPa
C _w : Constante de alabeo de la sección	C _w : 4148000.00 cm ⁶
K _x : Factor de longitud efectiva de pandeo alrededor del eje Z	K _x : 1.08
L: Longitud de la barra	L : 5350 mm
G: Módulo de elasticidad transversal del acero	G : 80000.00 MPa
J: Momento de inercia a torsión uniforme	J : 250.11 cm ⁴
I _x : Momento de inercia respecto al eje X	I _x : 63720.00 cm ⁴
I _y : Momento de inercia respecto al eje Y	I _y : 9465.00 cm ⁴

Comprobación de Von Mises (comprobación adicional)

f_a: Tensión normal debida al esfuerzo axial (tracción o compresión) calculada para la sección bruta.

$$f_a : 3.78 \text{ MPa}$$

Donde:

P_r: Resistencia requerida a compresión (para las combinaciones de carga LRFD).

$$P_r : 67.35 \text{ kN}$$

A: Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : 178.00 \text{ cm}^2$$

f_{bx}: Tensión normal debida a flexión alrededor del eje x.

$$f_{bx} : 149.64 \text{ MPa}$$

Donde:

M_{rx}: Resistencia requerida a flexión alrededor del eje x (para las combinaciones de carga LRFD).

$$M_{rx} : 433.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_x: Momento de inercia respecto al eje X

$$I_x : 63720.00 \text{ cm}^4$$

y: Coordenada y del punto pésimo respecto al centro de gravedad.

$$y : -220.00 \text{ mm}$$

f_{by}: Tensión normal debida a flexión alrededor del eje y.

$$f_{by} : 0.35 \text{ MPa}$$

Donde:

M_{ry}: Resistencia requerida a flexión alrededor del eje y (para las combinaciones de carga LRFD).

$$M_{ry} : 0.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y

$$I_y : 9465.00 \text{ cm}^4$$

x: Coordenada x del punto pésimo respecto al centro de gravedad.

$$x : -150.00 \text{ mm}$$



455

474

f_{vx} : Tensión tangencial debida a cortante en la dirección x.

$$f_{vx} : 0.00 \text{ MPa}$$

Donde:

V_x : Resistencia requerida a cortante en la dirección x (para las combinaciones de carga LRFD).

$$V_x : 0.13 \text{ kN}$$

Q_y : Momento estático respecto del eje y de la sección parcial de área correspondiente al punto pésimo.

$$Q_y : 0.00 \text{ cm}^3$$

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y

$$I_y : 9465.00 \text{ cm}^4$$

b: Espesor del elemento en el punto pésimo.

$$b : 21.00 \text{ mm}$$

f_{vy} : Tensión tangencial debida a cortante en la dirección y.

$$f_{vy} : 0.00 \text{ MPa}$$

Donde:

V_y : Resistencia requerida a cortante en la dirección y (para las combinaciones de carga LRFD).

$$V_y : 81.09 \text{ kN}$$

Q_x : Momento estático respecto del eje x de la sección parcial de área correspondiente al punto pésimo.

$$Q_x : 0.00 \text{ cm}^3$$

I_x : Momento de inercia respecto al eje X

$$I_x : 63720.00 \text{ cm}^4$$

b: Espesor del elemento en el punto pésimo.

$$b : 21.00 \text{ mm}$$

f_t : Tensión tangencial debida a torsión.

$$f_t : -0.08 \text{ MPa}$$

Donde:

T_r : Resistencia requerida a torsión (para las combinaciones de carga LRFD).

$$T_r : 0.01 \text{ kN-m}$$

J: Momento de inercia a torsión uniforme

$$J : 250.11 \text{ cm}^4$$

b: Espesor del elemento en el punto pésimo.

$$b : 21.00 \text{ mm}$$

F_a : Resistencia a compresión de la sección.

$$F_a : 57.33 \text{ MPa}$$

Donde:

ϕ_c : Factor de seguridad para compresión.

$$\phi_c : 0.90$$

F_{cr} : Resistencia crítica de pandeo (calculada según el Capítulo E).

$$F_{cr} : 63.70 \text{ MPa}$$

F_{bx} , F_{by} : Resistencia de la sección a flexión alrededor de los ejes x y y, respectivamente.

$$F_{bx} : 310.50 \text{ MPa}$$

$$F_{by} : 310.50 \text{ MPa}$$

Donde:

ϕ_b : Factor de resistencia para flexión.

$$\phi_b : 0.90$$

F_y : Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

F_{vx} , F_{vy} : Resistencia de la sección a cortante en las direcciones x y y, respectivamente.

$$F_{vx} : 179.27 \text{ MPa}$$

$$F_{vy} : 179.27 \text{ MPa}$$

Donde:

ϕ_v : Factor de resistencia para cortante.

$$\phi_v : 0.90$$

F_y : Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

F_T : Resistencia a torsión de la sección.

$$F_T : 179.27 \text{ MPa}$$

Donde:



J_T : Factor de resistencia para torsión

J_T : 0.90

F_y : Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

F_y : 345.00 MPa

8. COMPROBACIÓN DE VIGAS 2C

Perfil: C400X103, Doble en cajón con presillas (Separación entre los perfiles: 89.0 / 89.0 mm)

Material: Acero (A36)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N7	N10	6.000	110.50	23253.46	18889.77	33.24

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.
b	1.00	1.00	1.00	1.00
L _K	6.000	6.000	6.000	6.000
C _m	1.000	1.000	-	-
C _b	-		1.000	

Notación:

b: Coeficiente de pandeo

L_K: Longitud de pandeo (m)

C_m: Coeficiente de momentos

C_b: Factor de modificación para el momento crítico

COMPROBACIONES (AISI S100-07 (2007))																
Barras	w / t	T	P	Tr	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x Tr	M _y Tr	M _x V _y	M _y V _x	MT	MP	TPTTrMV	Estado
N7/N10	x: 0.375 m w / t ≤ (w / t) _{max} Cumple	x: 3 m h = 20.2	x: 3 m h = 24.1	N.P. ⁽¹⁾	x: 3 m h = 22.5	x: 3 m h = 13.2	x: 0 m h = 9.3	x: 0 m h = 3.9	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	x: 2.625 m h = 4.9	x: 2.625 m h = 1.7	x: 3 m h = 50.4	x: 3 m h = 55.4	x: 2.625 m h = 49.8	CUMPLE h = 55.4
Notación:																
w / t: Limitaciones geométricas																
T: Resistencia a tracción																
P: Resistencia a compresión																
Tr: Resistencia a torsión																
M _x : Resistencia a flexión alrededor del eje X																
M _y : Resistencia a flexión alrededor del eje Y																
V _x : Resistencia a corte en la dirección del eje X																
V _y : Resistencia a corte en la dirección del eje Y																
M _x Tr: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con torsión																
M _y Tr: Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con torsión																
M _x V _y : Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y																
M _y V _x : Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje X																
MT: Resistencia a flexión combinada con tracción																
MP: Resistencia a flexión combinada con compresión																
TPTTrMV: Flexión combinada con cortante, axial y torsión - Comprobación de Von Mises																
x: Distancia al origen de la barra																
h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																
N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.):																
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay torsión.																
⁽²⁾ No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje X para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																
⁽³⁾ No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitaciones geométricas (B1)

Se debe satisfacer:

w_1 / t : 9.42 ✓

Donde:

w_1 : Longitud del tramo recto del elemento horizontal (paralelo al eje X).

w_1 : 89.50 mm

t: Espesor.

t: 9.50 mm



475
456

$$w_2 / t : 38.84 \quad \checkmark$$

Donde:

w_2 : Longitud del tramo recto del elemento vertical (paralelo al eje Y).
 t : Espesor.

$$w_2 : 369.00 \text{ mm}$$
$$t : 9.50 \text{ mm}$$

Resistencia a tracción (Apéndices A & B, C2)

Se debe satisfacer:

$$h_T : 0.202 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N7, para la combinación de acciones
 $1.2 \cdot PP + 1.2 \cdot Superdead + 1.6 \cdot Live_cubierta + 0.8 \cdot VIENTO X NEGATIVO$.

Donde:

T_r : Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$T_r : 250.78 \text{ kN}$$

T_c : Resistencia de diseño a tracción.

$$T_c : 1243.07 \text{ kN}$$

Donde:

j_t : Factor de resistencia para tracción.

$$j_t : 0.90$$

T_n : La resistencia nominal a tracción es igual al valor calculado según la Sección C2.1 del Apéndice B:

$$T_n : 1381.19 \text{ kN}$$

C2.1 Plastificación de la sección bruta.

$$T_n : 1381.19 \text{ kN}$$

Donde:

A_g : Área de la sección bruta.

$$A_g : 55.25 \text{ cm}^2$$

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 250.00 \text{ MPa}$$

Resistencia a compresión (C4)

Se debe satisfacer:

$$h_c : 0.241 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N7, para la combinación de acciones
 $1.2 \cdot PP + 1.2 \cdot Superdead + 1.6 \cdot Live_cubierta + 0.8 \cdot VIENTO X NEGATIVO$.

Donde:



P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$P_r : 250.78 \text{ kN}$$

P_c : Resistencia de diseño a compresión.

$$P_c : 1038.45 \text{ kN}$$

Donde:

ϕ_c : Factor de resistencia para compresión.

$$\phi_c : 0.85$$

P_n : Resistencia nominal a compresión.

$$P_n : 1221.71 \text{ kN}$$

C4.1 Resistencia nominal a compresión, considerando el efecto del pandeo por flexión, flexotorsión o torsión.

$$P_n : 1221.71 \text{ kN}$$

Donde:

A_e : Área de la sección eficaz.

$$A_e : 53.80 \text{ cm}^2$$

Para

$$F_a : 227.07 \text{ MPa}$$

Donde:

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$k : 0.48$$

Donde:

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 250.00 \text{ MPa}$$

F_c : Tensión elástica de pandeo a flexión calculada según las Secciones C4.1.1 a C4.1.4.

$$F_c : 1087.74 \text{ MPa}$$

C4.1.1 Secciones no sometidas a pandeo por torsión o por flexotorsión.

F_{crit} : Tensión crítica de pandeo, tomada como la menor de F_{ex} y F_{ey} .

$$F_{crit} : 1171.21 \text{ MPa}$$

Donde:

Debido a las propiedades de las secciones compuestas, las longitudes de pandeo en esta comprobación se han seleccionado como el mínimo entre la separación entre enlaces y la longitud de pandeo originalmente especificada.

$$F_{ex} : 1171.21 \text{ MPa}$$

Donde:

$$r_x : 145.07 \text{ mm}$$

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

$$I_x : 11626.73 \text{ cm}^4$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : 55.25 \text{ cm}^2$$

E : Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

K_x : Factor de longitud eficaz para el eje X.

$$K_x : 1.00$$

L : Longitud de la barra.

$$L : 6.000 \text{ m}$$

$$F_{ey} : 2115.67 \text{ MPa}$$



476
457

Donde:

$$r_y : 29.25 \text{ mm}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.

$$I_y : 472.56 \text{ cm}^4$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : 55.25 \text{ cm}^2$$

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

K_y : Factor de longitud eficaz para el eje Y.

$$K_y : 0.15$$

L: Longitud de la barra.

$$L : 6.000 \text{ m}$$

C4.1.2 Secciones con uno o dos ejes de simetría sometidas a pandeo por torsión o por flexotorsión.

(i) Para secciones con un eje de simetría, y angulares con alas iguales en los que el área eficaz no es igual al área bruta de la sección.

$$F_c : 1087.74 \text{ MPa}$$

Donde:

$$b : 0.90$$

Donde:

x_c : Distancia en la dirección del eje X entre el centro de gravedad y el centro de esfuerzos cortantes.

$$x_c : -48.50 \text{ mm}$$

$$r_o : 0.156 \text{ m}$$

Donde:

$$r_x : 145.07 \text{ mm}$$

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

$$I_x : 11626.73 \text{ cm}^4$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : 55.25 \text{ cm}^2$$

$$r_y : 29.25 \text{ mm}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.

$$I_y : 472.56 \text{ cm}^4$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : 55.25 \text{ cm}^2$$

Debido a las propiedades de las secciones compuestas, las longitudes de pandeo en esta comprobación se han seleccionado como el mínimo entre la separación entre enlaces y la longitud de pandeo originalmente especificada.

$$s_{ex} : 1171.21 \text{ MPa}$$

Donde:

r_x : Radio de giro, respecto al eje X.

$$r_x : 0.145 \text{ m}$$

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

K_x : Factor de longitud eficaz para el eje X.

$$K_x : 1.00$$



L: Longitud de la barra.

L : 6.000 m

σ_u : 2462.71 MPa

Donde:

A: Área de la sección bruta.

A : 55.25 cm²

r_o : Radio de giro polar, respecto al centro de esfuerzos cortantes.

r_o : 0.156 m

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 78076.92 MPa

J: Momento de inercia a torsión uniforme.

J : 16.62 cm⁴

E: Módulo de Young.

E : 203000.00 MPa

C_w : Constante de alabeo de la sección.

C_w : 128159.67 cm⁶

K_t : Coeficiente de longitud eficaz para torsión.

K_t : 0.15

L: Longitud de la barra.

L : 6.000 m

Resistencia a flexión alrededor del eje X (C3.1)

Se debe satisfacer:

h_b : 0.225 ✓

M_r : Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD.

M_r : 29.47 kN·m

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N7, para la combinación de acciones

1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.8·vientoXPOS.

M_r^+ : Resistencia requerida para flexión positiva.

M_r^+ : 29.47 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N7, para la combinación de acciones 0.9·PP+0.9·Superdead+1.6·SUCCIÓNCRÍTICA.

M_r^- : Resistencia requerida para flexión negativa.

M_r^- : 10.54 kN·m

M_c : Resistencia de diseño a flexión.

M_c : 130.80 kN·m

Donde:

ϕ_b : Factor de resistencia para flexión.

ϕ_b : 0.90

M_n : La resistencia a flexión nominal mínima se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1.

M_n : 145.33 kN·m

Donde:

M_n^+ : La resistencia a flexión nominal se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1 para flexión positiva.

M_n^+ : 145.33 kN·m

M_n^- : La resistencia a flexión nominal se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1 para flexión negativa.

M_n^- : 145.33 kN·m

C3.1.1 Resistencia nominal de la sección.

M_n : 145.33 kN·m

Donde:



477
458

$$S_{xx} : 581.34 \text{ cm}^3$$

Donde:

I_{xx} : Momento eficaz de inercia respecto al eje X.

$$I_{xx} : 11626.73 \text{ cm}^4$$

I_{yy} : Momento eficaz de inercia respecto al eje Y.

$$I_{yy} : 472.56 \text{ cm}^4$$

I_{xy} : Producto eficaz de inercia.

$$I_{xy} : 0.00 \text{ cm}^4$$

x: Distancia a la fibra extrema en flexión.

$$x : -6.56 \text{ mm}$$

y: Distancia a la fibra extrema en flexión.

$$y : -200.00 \text{ mm}$$

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 250.00 \text{ MPa}$$

C3.1.2 Resistencia a pandeo lateral-torsional.

Dado que $F_c > 2.78F_y$, la barra no está sometida a pandeo lateral-torsional. La resistencia a flexión se calcula según la Sección C3.1.1.

(a) Para secciones con uno o dos ejes de simetría o simétricas respecto a un punto:

$$F_c : 3378.29 \text{ MPa}$$

Donde:

C_b : Coeficiente de momentos, que depende de la ley de momentos flectores.

$$C_b : 1.0$$

$$r_u : 155.73 \text{ mm}$$

Donde:

$$r_x : 145.07 \text{ mm}$$

$$r_y : 29.25 \text{ mm}$$

x_c : Distancia entre el centro de esfuerzos cortantes y el centro de gravedad en la dirección de los ejes principales.

$$x_c : -48.50 \text{ mm}$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : 55.25 \text{ cm}^2$$

$$S_{xx} : 581.34 \text{ cm}^3$$

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

$$I_x : 11626.73 \text{ cm}^4$$

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.

$$I_y : 472.56 \text{ cm}^4$$

I_{xy} : Producto de inercia.

$$I_{xy} : 0.00 \text{ cm}^4$$

x_c : Distancia a la fibra extrema comprimida en flexión.

$$x_c : 82.94 \text{ mm}$$

$$x_c : -6.56 \text{ mm}$$

y: Distancia a la fibra extrema comprimida en flexión.

$$y_c : 200.00 \text{ mm}$$

$$y_c : -200.00 \text{ mm}$$

Debido a las propiedades de las secciones compuestas, las longitudes de pandeo en esta comprobación se han seleccionado como el mínimo entre la separación entre enlaces y la longitud de pandeo originalmente especificada.

$$s_y : 2115.67 \text{ MPa}$$

Donde:



$$r_y : 29.25 \text{ mm}$$

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

K_y : Factor de longitud eficaz para el eje Y.

$$K_y : 0.15$$

L_y : Longitud de la barra.

$$L_y : 6.000 \text{ m}$$

$$\sigma_c : 2462.71 \text{ MPa}$$

Donde:

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 78076.92 \text{ MPa}$$

J: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$J : 16.62 \text{ cm}^4$$

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

C_w : Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : 128159.67 \text{ cm}^6$$

K_t : Coeficiente de longitud eficaz para torsión.

$$K_t : 0.15$$

L_t : Longitud de la barra.

$$L_t : 6.000 \text{ m}$$

Resistencia a flexión alrededor del eje Y (C3.1)

Se debe satisfacer:

$$h_b : 0.132 \checkmark$$

M_r : Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$M_r : 1.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N7, para la combinación de acciones 0.9·PP+0.9·Superdead+1.6·SUCCIÓNCRÍTICA.

M_r^+ : Resistencia requerida para flexión positiva.

$$M_r^+ : 0.61 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N7, para la combinación de acciones

1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.8·VIENTOXNEGATIVO.

M_r : Resistencia requerida para flexión negativa.

$$M_r : 1.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_c : Resistencia de diseño a flexión.

$$M_c : 12.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

ϕ_b : Factor de resistencia para flexión.

$$\phi_b : 0.90$$

M_n : La resistencia a flexión nominal mínima se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1.

$$M_n : 14.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_n^+ : La resistencia a flexión nominal se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1 para flexión positiva.

$$M_n^+ : 14.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_n^- : La resistencia a flexión nominal se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1 para flexión negativa.

$$M_n^- : 14.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

C3.1.1 Resistencia nominal de la sección.

$$M_n^+ : 14.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_n^- : 14.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



428
459

Donde:

$$S_{ey}^+ : 56.98 \text{ cm}^3$$

$$S_{ey}^- : 56.75 \text{ cm}^3$$

Donde:

I_{ex} : Momento eficaz de inercia respecto al eje X.

$$I_{ex}^+ : 11626.73 \text{ cm}^4$$

$$I_{ex}^- : 11626.45 \text{ cm}^4$$

I_{ey} : Momento eficaz de inercia respecto al eje Y.

$$I_{ey}^+ : 472.56 \text{ cm}^4$$

$$I_{ey}^- : 468.00 \text{ cm}^4$$

I_{exy} : Producto eficaz de inercia.

$$I_{exy} : 0.00 \text{ cm}^4$$

x : Distancia a la fibra extrema en flexión.

$$x^+ : 82.94 \text{ mm}$$

$$x^- : 82.47 \text{ mm}$$

y : Distancia a la fibra extrema en flexión.

$$y : 195.25 \text{ mm}$$

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 250.00 \text{ MPa}$$

Resistencia a corte en la dirección del eje X (C3.2)

Se debe satisfacer:

$$h_v : 0.093 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.8·VIENTO X NEGATIVO.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$V_r : 11.21 \text{ kN}$$

La resistencia a corte requerida se ha reducido de forma que la fuerza aplicada se distribuye entre todos los elementos, puesto que la sección tiene más de un elemento que resiste cortante.

V_e : Resistencia de diseño a cortante.

$$V_e : 121.16 \text{ kN}$$

Donde:

j_v : Factor de resistencia para cortante.

$$j_v : 0.95$$

V_n : La resistencia nominal a cortante es el menor de los valores calculados según la Sección C3.2.1.

$$V_n : 127.54 \text{ kN}$$

C3.2.1 Resistencia a cortante del alma descontando los agujeros.

$$V_n : 127.54 \text{ kN}$$

Donde:

A_w : Área de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

$$A_w : 8.50 \text{ cm}^2$$

Donde:

h : Altura del tramo recto del alma.

$$h : 89.50 \text{ mm}$$

t : Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

$$t : 9.50 \text{ mm}$$



(a) Para

$$F_v : 150.00 \text{ MPa}$$

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma.

$$h : 89.50 \text{ mm}$$

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

$$t : 9.50 \text{ mm}$$

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

F_y: Límite elástico del acero.

$$F_y : 250.00 \text{ MPa}$$

1. Para almas sin rigidizadores transversales:

K_v: Coeficiente de abolladura por cortante.

$$K_v : 5.34$$

Resistencia a corte en la dirección del eje Y (C3.2)

Se debe satisfacer:

$$h_v : 0.039 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.8·vientoXPOS.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$V_r : 19.65 \text{ kN}$$

V_c: Resistencia de diseño a cortante.

$$V_c : 499.53 \text{ kN}$$

Donde:

j_v: Factor de resistencia para cortante.

$$j_v : 0.95$$

V_n: La resistencia nominal a cortante es el menor de los valores calculados según la Sección C3.2.1.

$$V_n : 525.83 \text{ kN}$$

C3.2.1 Resistencia a cortante del alma descontando los agujeros.

$$V_n : 525.83 \text{ kN}$$

Donde:

A_w: Área de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

$$A_w : 35.06 \text{ cm}^2$$

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma.

$$h : 369.00 \text{ mm}$$

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

$$t : 9.50 \text{ mm}$$



429
460

(a) Para

$$F_v : 150.00 \text{ MPa}$$

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma.

$$h : 369.00 \text{ mm}$$

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

$$t : 9.50 \text{ mm}$$

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

Fy: Límite elástico del acero.

$$F_y : 250.00 \text{ MPa}$$

1. Para almas sin rigidizadores transversales:

Kv: Coeficiente de abolladura por cortante.

$$K_v : 5.34$$

Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y (C3.3)

Se debe satisfacer:

$$h : 0.049 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.625 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.8·vientoXPOS.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

$$h : 0.049$$

Donde:

M_{rx}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

$$M_{rx} : 29.01 \text{ kN·m}$$

M_{ex}: Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje X.

$$M_{ex} : 130.80 \text{ kN·m}$$

V_{ry}: Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

$$V_{ry} : 2.46 \text{ kN}$$

V_{ey}: Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje Y.

$$V_{ey} : 499.53 \text{ kN}$$

Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje X (C3.3)

Se debe satisfacer:

$$h : 0.017 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.625 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.8·VIENTOXNEGATIVO.



Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

$$h : 0.017$$

Donde:

M_{fy} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

$$M_{fy} : 1.66 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{ey} : Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje Y.

$$M_{ey} : 12.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

V_{fx} : Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje X para las combinaciones de carga LRFD.

$$V_{fx} : 1.40 \text{ kN}$$

V_{ex} : Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje X.

$$V_{ex} : 121.16 \text{ kN}$$

Resistencia a flexión combinada con tracción (C5.1.2)

Se debe satisfacer:

$$h_r : 0.504 \quad \checkmark$$

$$h : 0.101 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N7, para la combinación de acciones
 $1.2 \cdot \text{PP} + 1.2 \cdot \text{Superdead} + 1.6 \cdot \text{Live_cubierta} + 0.8 \cdot \text{VIENTO X NEGATIVO}$.

Donde:

$$h_r : 0.504$$

Donde:

J_{br} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X.

$$J_{br} : 0.90$$

M_{fx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

$$M_{fx} : 22.40 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{brx} : 145.33 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$S_{brx} : 581.34 \text{ cm}^3$$

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

$$I_x : 11626.73 \text{ cm}^4$$

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.

$$I_y : 472.56 \text{ cm}^4$$

I_{xy} : Producto de inercia.

$$I_{xy} : 0.00 \text{ cm}^4$$

x_t : Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje X.

$$x_t : -6.56 \text{ mm}$$

y_t : Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y.

$$y_t : -200.00 \text{ mm}$$



461
1188

F_y : Límite elástico del acero. $F_y : 250.00$ MPa
 ϕ_{by} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y. $\phi_{by} : 0.90$
 M_{ry} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD. $M_{ry} : 1.68$ kN·m

$M_{ayt} : 14.24$ kN·m

Donde:

$S_{ay} : 56.98$ cm³

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto al eje X. $I_x : 11626.73$ cm⁴
 I_y : Momento de inercia respecto al eje Y. $I_y : 472.56$ cm⁴
 I_{xy} : Producto de inercia. $I_{xy} : 0.00$ cm⁴
 x_t : Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y. $x_t : 82.94$ mm

y_t : Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y. $y_t : 195.25$ mm

F_y : Límite elástico del acero. $F_y : 250.00$ MPa
 ϕ_t : Factor de resistencia para tracción. $\phi_t : 0.90$
 T_r : Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD. $T_r : 250.78$ kN

T_n : Resistencia nominal a tracción, según la Sección C2. $T_n : 1381.19$ kN

$h : 0.101$

Donde:

ϕ_{bx} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X. $\phi_{bx} : 0.90$
 M_{rx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. $M_{rx} : 22.40$ kN·m

M_{nx} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1. $M_{nx} : 145.33$ kN·m

ϕ_{by} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y. $\phi_{by} : 0.90$
 M_{ry} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD. $M_{ry} : 1.68$ kN·m

M_{ny} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la Sección C3.1. $M_{ny} : 14.19$ kN·m

ϕ_t : Factor de resistencia para tracción. $\phi_t : 0.90$
 T_r : Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD. $T_r : 250.78$ kN

T_n : Resistencia nominal a tracción, según la Sección C2. $T_n : 1381.19$ kN

Resistencia a flexión combinada con compresión (C5.2.2)

(a) Se debe satisfacer el siguiente criterio si

$h : 0.554$ ✓



h_e : 0.522 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N7, para la combinación de acciones
1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.8·VIENTO X NEGATIVO.

Donde:

h : 0.554

Donde:

j_c: Factor de resistencia para compresión.

j_c : 0.85

P_r: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD.

P_r : 250.78 kN

P_n: Resistencia nominal a compresión según la Sección C4.

P_n : 1221.71 kN

j_{bx}: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X.

j_{bx} : 0.90

C_{mx}: Coeficiente de momento en los extremos para flexión respecto al eje X.

C_{mx} : 1.0

M_{rx}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

M_{rx} : 22.40 kN·m

M_{nx}: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1.

M_{nx} : 145.33 kN·m

a_x : 0.96

Donde:

P_{Ex} : 6470.69 kN

Donde:

E: Módulo de Young.

E : 203000.00 MPa

I_x: Momento de inercia respecto al eje X.

I_x : 11626.73 cm⁴

K_x: Factor de longitud eficaz para el eje X.

K_x : 1.00

L: Longitud de la barra.

L : 6.000 m

j_{by}: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y.

j_{by} : 0.90

C_{my}: Coeficiente de momento en los extremos para flexión respecto al eje Y.

C_{my} : 1.0

M_{ry}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

M_{ry} : 1.68 kN·m

M_{ny}: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la Sección C3.1.

M_{ny} : 14.24 kN·m

a_y : 0.98

Donde:

P_{Ey} : 11688.63 kN

Donde:

E: Módulo de Young.

E : 203000.00 MPa

40T
462

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.
 K_y : Factor de longitud eficaz para el eje Y.
 L : Longitud de la barra.

I_y : 472.56 cm⁴
 K_y : 0.15
 L : 6.000 m
 b_e : 0.522

Donde:

f_c : Factor de resistencia para compresión.

f_c : 0.85

P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD.

P_r : 250.78 kN

P_{no} : Resistencia nominal a compresión según la Sección C4 con

P_{no} : 1345.07 kN

j_{bx} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X.

j_{bx} : 0.90

M_{rx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

M_{rx} : 22.40 kN·m

M_{nx} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1.

M_{nx} : 145.33 kN·m

j_{by} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y.

j_{by} : 0.90

M_{ry} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

M_{ry} : 1.68 kN·m

M_{ny} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la Sección C3.1.

M_{ny} : 14.24 kN·m

Flexión combinada con cortante, axil y torsión - Comprobación de Von Mises (Comprobación adicional)

Ya que la norma no proporciona una comprobación general para secciones sometidas a torsión combinada con otros esfuerzos, se considera que este elemento debe cumplir, además, el siguiente criterio de rotura de Von Mises:

h : 0.498 ✓

h : 0.001 ✓

h : 0.248 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.625 m del nudo N7, para la combinación de acciones
1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta+0.8·VIENTO X NEGATIVO.

Donde:

f_a : Tensión normal debida a tracción, calculada utilizando el área de la sección bruta.

f_a : 44.68 MPa

Donde:

T_r : Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD.

T_r : 246.86 kN

A : Área de la sección bruta.

A : 55.25 cm²



Las tensiones utilizadas en esta comprobación se han calculado en el siguiente punto, en el cual se produce la combinación pésima de tensiones normales y tangenciales.

x: Coordenada X del punto de cálculo respecto al centro de gravedad.

x : 82.94 mm

y: Coordenada Y del punto de cálculo respecto al centro de gravedad.

y : -200.00 mm

f_{bx} : Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje X.

f_{bx} : 37.94 MPa

Donde:

M_{rx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

M_{rx} : 22.05 kN·m

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

I_x : 11626.73 cm⁴

f_{by} : Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje Y, calculada utilizando la sección eficaz.

f_{by} : 29.36 MPa

Donde:

M_{ry} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

M_{ry} : -1.66 kN·m

I_{ey} : Momento eficaz de inercia respecto al eje Y.

I_{ey} : 468.00 cm⁴

f_{vx} : Tensión tangencial debida al esfuerzo cortante en la dirección del eje X.

f_{vx} : 0.00 MPa

f_{vy} : Tensión tangencial debida al esfuerzo cortante en la dirección del eje Y.

f_{vy} : 0.00 MPa

f_{tr} : Tensión tangencial debida a la torsión.

f_{tr} : 0.00 MPa

F_t : Resistencia a tracción de la sección.

F_t : 44.68 MPa

Donde:

j_t : Factor de resistencia para tracción.

j_t : 0.90

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 250.00 MPa

F_{bx} , F_{by} : Resistencia de la sección a flexión alrededor de los ejes X y Y, respectivamente.

F_{bx} : 225.00 MPa

F_{by} : 225.00 MPa

Donde:

j_b : Factor de resistencia para flexión.

j_b : 0.90

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 250.00 MPa

F_{vx} , F_{vy} : Resistencia de la sección a cortante en las direcciones X y Y, respectivamente.

F_{vx} : 137.12 MPa

F_{vy} : 137.12 MPa

Donde:

j_v : Factor de resistencia para cortante.

j_v : 0.95

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 250.00 MPa

F_{tr} : Resistencia a torsión de la sección.

F_{tr} : 129.90 MPa

Donde:

j_{tr} : Factor de resistencia para torsión.

j_{tr} : 0.90

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 250.00 MPa



482
463

9. CIMENTACIÓN

La cimentación de la edificación se basa en zapatas aisladas con contrapeso y zapatas corridas. La capacidad del terreno es de 117 KPa.

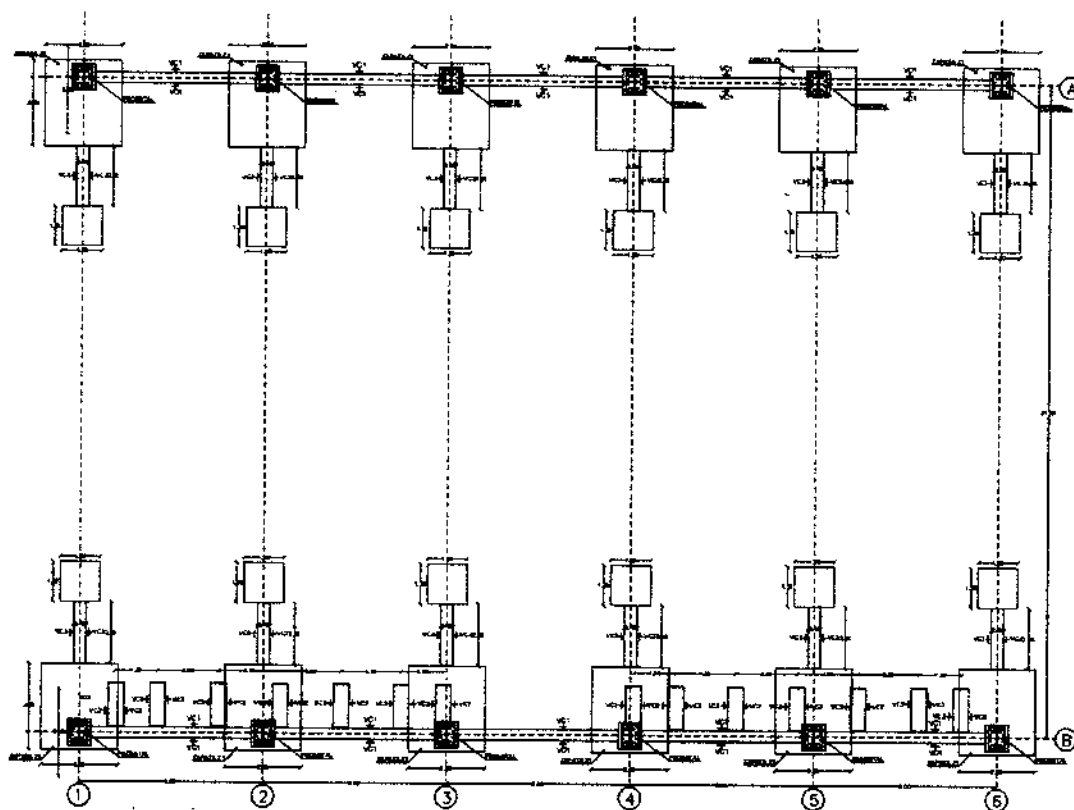


Figura 20 Planta de cimentación

9.1 Comprobación de vigas de cimentación

Se dispondrán vigas de amarre en el nivel +0.00 con unas dimensiones de 35x35cm
Cumpliendo con

A.3.6.4.2 — Vigas de amarre en la cimentación — Los elementos de cimentación, tales como zapatas, A-47 dados de pilotes, pilas o "caissons", etc., deben amarrarse por medio de elementos capaces de resistir en tensión o compresión una fuerza no menor de $0.25A_a$ veces la carga vertical total del elemento que tenga la mayor carga entre los que interconecta, además de las fuerzas que le transmita la superestructura. Para efectos del diseño de la cimentación debe cumplirse lo prescrito en A.3.7.

C.15.13.3.1 — Las vigas de amarre deben tener una sección tal que su mayor dimensión debe ser mayor o igual a la luz dividida por 20 para estructuras con capacidad especial de disipación de energía (DES)

$$h_{min} = \frac{6.0m}{20} = 0.3m$$

Por lo tanto, la altura se toma de 35cm

Por lo tanto, se tomará la carga de la columna con mayor fuerza axial y cortante:

$$A_U: \text{Carga axial máxima} = 116.5 \text{ kN}$$

$$V_u: \text{Cortante máximo} = 2.5 \text{ kN}$$

$$A_a = 0.25$$



$$F_{u\text{diseño}} = 0.25 * A_a * A_u + V_u$$

$$F_{u\text{diseño}} = 0.25 * 0.25 * 116.5 + 2.5 = 9.8kN \approx 30kN$$

El caso crítico será cuando trabaje bajo tensión la viga, y su capacidad está dada por:

$$F_n = A_s * f_y = 8 * (199mm) * \frac{420Mpa}{1000} = 668kN$$

$$F_{u\text{diseño}} = 10kN < 0.9 * 668kN = 601kN \text{ ok}$$

Se dispondrá acero transversal de acuerdo con los valores mínimos exigidos por la norma.

9.2 Chequeo de zapata típica

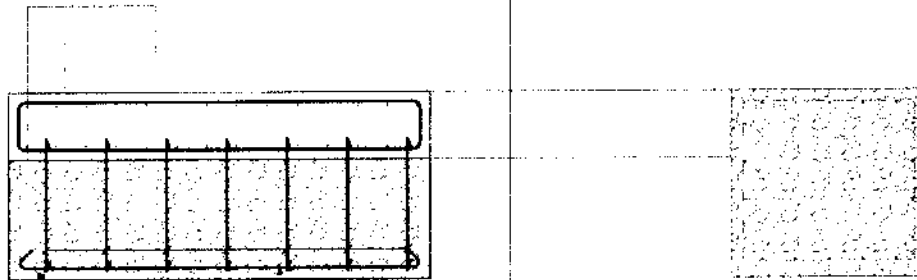


Figura 21 Modelo cimentación

Debido a los linderos del terreno se contempla una zapata excéntrica, en consecuencia, plantear una zapata sin contrapeso, sería de grandes dimensiones para chequear los parámetros de excentricidad y estabilidad. Por lo tanto, se contempla anclar la cimentación en el mejoramiento de suelo (ciclópeo) y además un contrapeso para reducir la excentricidad producida por los momentos grandes en el pedestal. Existen momentos de gran magnitud por las componentes horizontales de la cubierta (carga muerta, viva, viento), además de la de sismo. Por lo tanto, se contempla las zapatas centrales para determinar la zapata tipo.

Contrapeso 1			Zapata		Viga	
$H_{\text{cimentación}} (m)$		0.8	$B (m)$	2.5	$B_{\text{viga}} (m)$	0.35
$B (m)$		2.5	$L (m)$	2.8	$H_{\text{viga}} (m)$	0.35
$L (m)$		2.8	$e_{\text{zapata}} (m)$	0.45	$L (m)$	6
$Y_{\text{cimentación}} (kN/m^2)$		25	$Y_{\text{cimentación}} (kN/m^2)$	24		
			Distancia al borde (m)			
			excentricidad (m)	0.85		

Tabla 14 Datos de entrada para chequeo de capacidad y estabilidad zapata (1)

CONTRAPESO 2		Viga entera		PEDRESTA		SUELO		Tener en cuenta suelo de relleno?	
$H_{\text{cimentación}} (m)$	1.5	$B_{\text{viga}} (m)$	0.4	$H_{\text{cimentación}} (m)$	0.35	$Q_{\text{un}} (kPa) N$	17.7 (1)		SI
$B (m)$	2.5	$H_{\text{viga}} (m)$	0.45	$B_{\text{zapata}} (m)$	0.85	$Q_{\text{un}} (kPa) S$	17.8 (2)		
$L (m)$	2.8	$L (m)$	2			$q^* \text{ (kPa)}$	2.37 (3)		
$Y_{\text{cimentación}} (kN/m^2)$	25					$q^* \text{ (kPa)}$	2.37 (3)		
$H_{\text{viga}} (m)$	0.35					$Q_{\text{unión C}} (kPa)$	2.37 (3)		
$H_{\text{zapata}} (m)$	0.35					$q^* \text{ (kPa)}$	2.37 (3)		
						$q^* \text{ (kPa)}$	2.37 (3)		

Tabla 15 Datos de entrada para chequeo de capacidad y estabilidad zapata (2)

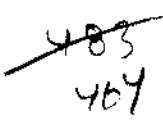


Tabla 16 Comprobación de excentricidad en zapata



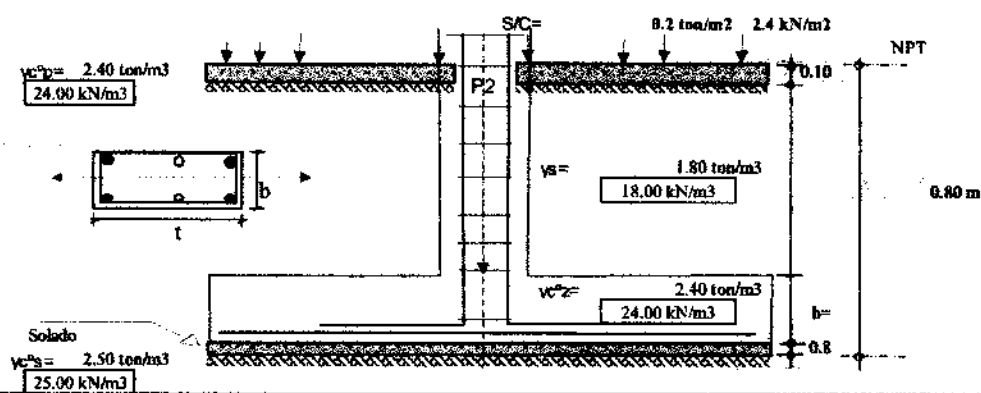
Combinación	Capacidad (kg)	Volcamento (mm)	Deslizamiento (mm)	Capacidad (kg)	Volcamento (mm)	Deslizamiento (mm)	Capacidad (kg)	Volcamento (mm)	Deslizamiento (mm)	Capacidad (kg)	Volcamento (mm)	Deslizamiento (mm)	Capacidad (kg)	Volcamento (mm)	Deslizamiento (mm)	Capacidad (kg)	Volcamento (mm)	Deslizamiento (mm)
PP+Superfondo	107.25	54.14	80.41	54.15	107.26	70.94	OK	897.08	294.89	8.58	OK	36.86	285.78	15.49	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	108.84	52.30	82.91	57.29	108.31	10.13	OK	1008.32	885.72	3.01	OK	43.86	289.51	5.87	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo	82.72	50.99	54.39	55.79	8.14	OK	894.47	74.91	13.36	OK	10.18	287.06	25.26	OK				
1.6 PP+1.6 Superfondo	88.77	50.37	88.08	53.38	81.18	8.17	OK	894.32	74.91	13.39	OK	10.18	287.42	25.49	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo	100.78	51.64	75.22	51.95	100.28	7.88	OK	887.42	124.89	7.82	OK	16.86	286.42	15.23	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	117.56	54.34	85.74	54.39	118.33	13.04	OK	885.00	155.69	6.38	OK	21.34	283.32	12.38	OK			
PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	124.80	56.83	84.37	56.88	125.73	14.56	OK	1007.80	106.89	6.46	OK	21.34	287.50	12.68	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	81.30	55.10	58.00	56.17	77.93	10.04	OK	1000.88	285.88	4.88	OK	36.82	284.59	4.44	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	70.34	57.80	82.20	57.88	82.80	15.80	OK	1010.80	265.88	4.91	OK	36.82	288.88	9.80	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	89.23	51.06	68.02	51.09	88.89	6.81	OK	885.20	138.88	3.00	OK	44.74	287.41	5.76	OK			
PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.37	52.57	72.88	52.58	87.28	10.14	OK	884.80	238.88	3.03	OK	44.74	281.78	5.86	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	106.78	51.84	80.88	51.88	106.78	7.86	OK	888.20	176.88	2.81	OK	61.82	288.78	8.02	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	113.74	54.23	86.48	54.25	113.68	11.58	OK	897.80	278.88	2.63	OK	51.82	283.14	5.13	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	1.88	46.80	35.56	46.84	47.43	1.24	OK	886.13	152.88	6.38	OK	-20.73	280.73	12.86	OK			
PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	9.90	48.47	28.82	48.43	51.78	4.87	OK	876.71	150.38	6.42	OK	-20.73	254.46	12.27	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	18.43	47.75	38.82	47.71	53.18	2.88	OK	875.11	102.82	9.48	OK	-13.86	281.46	16.83	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	26.46	50.34	41.35	50.30	57.83	5.81	OK	881.71	102.82	6.88	OK	-12.85	255.83	16.84	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	118.68	58.85	87.83	58.14	118.70	12.88	OK	1286.34	248.87	2.85	OK	46.78	277.57	5.00	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	148.80	56.83	134.47	56.88	148.88	14.87	OK	1008.34	478.86	2.13	OK	84.42	287.21	4.15	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	101.80	53.84	78.84	53.85	102.86	10.88	OK	884.87	112.88	8.84	OK	15.22	283.73	17.88	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	78.24	50.88	67.84	50.88	68.85	6.84	OK	884.42	63.38	15.85	OK	8.58	257.08	26.87	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	106.78	51.84	77.82	51.88	106.78	7.86	OK	887.42	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	108.71	54.14	77.82	54.15	108.80	10.81	OK	887.89	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	78.24	50.88	67.84	50.88	68.85	6.84	OK	884.42	63.38	15.85	OK	8.58	257.08	26.87	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	106.78	51.84	77.82	51.88	106.78	7.86	OK	887.42	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	108.71	54.14	77.82	54.15	108.80	10.81	OK	887.89	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	78.24	50.88	67.84	50.88	68.85	6.84	OK	884.42	63.38	15.85	OK	8.58	257.08	26.87	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	106.78	51.84	77.82	51.88	106.78	7.86	OK	887.42	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	108.71	54.14	77.82	54.15	108.80	10.81	OK	887.89	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	78.24	50.88	67.84	50.88	68.85	6.84	OK	884.42	63.38	15.85	OK	8.58	257.08	26.87	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	106.78	51.84	77.82	51.88	106.78	7.86	OK	887.42	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	108.71	54.14	77.82	54.15	108.80	10.81	OK	887.89	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	78.24	50.88	67.84	50.88	68.85	6.84	OK	884.42	63.38	15.85	OK	8.58	257.08	26.87	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	106.78	51.84	77.82	51.88	106.78	7.86	OK	887.42	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	108.71	54.14	77.82	54.15	108.80	10.81	OK	887.89	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	78.24	50.88	67.84	50.88	68.85	6.84	OK	884.42	63.38	15.85	OK	8.58	257.08	26.87	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	106.78	51.84	77.82	51.88	106.78	7.86	OK	887.42	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	108.71	54.14	77.82	54.15	108.80	10.81	OK	887.89	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	78.24	50.88	67.84	50.88	68.85	6.84	OK	884.42	63.38	15.85	OK	8.58	257.08	26.87	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	106.78	51.84	77.82	51.88	106.78	7.86	OK	887.42	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	108.71	54.14	77.82	54.15	108.80	10.81	OK	887.89	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	78.24	50.88	67.84	50.88	68.85	6.84	OK	884.42	63.38	15.85	OK	8.58	257.08	26.87	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	106.78	51.84	77.82	51.88	106.78	7.86	OK	887.42	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	108.71	54.14	77.82	54.15	108.80	10.81	OK	887.89	112.82	8.88	OK	15.28	281.42	18.82	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	78.24	50.88	67.84	50.88	68.85	6.84	OK	884.42	63.38	15.85	OK	8.58	257.08	26.87	OK			
PP+Superfondo+1mm_cultrita	86.26	53.37	87.17	53.38	86.86	8.87	OK	884.32	63.38	15.78	OK	8.58	281.42	28.88	OK			
1.6 PP+1.6 Superfondo+1mm_cultrita	86.																	

484
465



DATOS:						
Concreto	$f'_{c'}$	210 kg/cm ²	21 Mpa	q_a	1.170 kg/cm ²	117 kpa
Fluencia Acero	F_y	4200 kg/cm ²	420 Mpa	γ'_p	2.40 ton/m ³	24.00 kN/m ³
Peso de carga muerta	P_{cm}	4.57 ton	45.68 KN	γ_s	1.80 ton/m ³	18.00 kN/m ³
Peso de carga viva	P_{cv}	0.00 ton	0.00 KN	γ'_z	2.40 ton/m ³	24.00 kN/m ³
Momento Carga Muerta	M_{cm}	33.57 ton-m	335.73 kN-m	γ'_s	2.50 ton/m ³	25.00 kN/m ³
Momento Carga Viva	M_{cv}	0.00 ton-m	0.00 kN-m	D_f	0.80 m	0.80 m

Columna detalles	b	75 cm	Refuerzo	11	ϕ 3/4"
	t	80 cm		11	ϕ 3/4"



I. DIMENSIONAMIENTO			
Cálculo Área del acero de la columna y diámetro			
	d_b		1.91 cm
	A_b		2.850 cm ²
Cálculo peralte de la zapata normativas			
L_d (puede reducirse Reducida)		$L_d \text{ max}$	41.90 cm
$H_{min} \geq 25 \text{ cm}$		$L_d \text{ asumido}$	29.31 cm
$REC \text{ (cm)}$		h	27.78 cm
Altura de la zapata		$h \text{ real}$	45.00 cm

Capacidad portante neta del terreno (q_n)			
$q_n = q_a - (\gamma'_s s h_s) - (\gamma'_z z h_z) - (\gamma_s s h_s) - (\gamma'_p p h_p) - s/c$			
	q_n		0.913 kg/cm ² 0.09 Mpa

Área de la zapata	$A = \frac{PT}{q_n} = \frac{P_{cm} + P_{cv}}{q_n}$	Definir L_d asumido	A	0.500 m ²
-------------------	--	-----------------------	-----	----------------------

$$A = (t + 2m)(b + 2m)$$

$$0.500 = (0.8 + 2m)(0.8 + 2m)$$

$$0.500 = 0.6 + 1.6m + 1.5m + 4m^2$$

$$4.0m^2 + 3.1m + 0.1 = 0$$

	m	-0.03	Definir Longitud Zapata	L	2.80 m
$L = t + 2m$	L	0.73 m	Definir ancho de la zapata	B	2.50 m
$B = b + 2m$	B	0.68 m		A_z	7.0 m ²

II. VERIFICACIÓN DE PRESION $q_{max} < q_a$					
Peso de servicio	$P_s = P_{cm} + P_{cv}$	P_s		40.1 ton	
Momento de servicio	$M_s = M_{cm} + M_{cv}$	M_s		16.9 ton-m	
	$C = L/2$	C		1.4	
Cálculo de Inercia	$I = (B + L^3)/12$	I		4.573 m ⁴	
Presión máxima		q_{max}		1.090 kg/cm ²	
Verificación	1.090 < 1.17	$q_{max} < q_a$		OK	

Tabla 18 Chequeo tipo zapata (1)



CARGAS DE DISEÑO (Pa, Mu)		$q_{max} = \frac{P_e}{A_x} + \frac{M_e c}{I}$		51.73469388 kPa
Reacción simplificada del suelo				57.28571429 kPa
				109.0204082 kPa
Peso último	P_u	$P_u =$	64.2 ton	
Momento último	M_u	$M_u =$	27.04 ton-m	
$M = P \cdot d \Rightarrow M_u = P_u \cdot e \quad e = M_u / P_u$		$e =$	0.421 m	
		$L/e =$	0.467 m	
Verificación Presión del suelo		$e < L/6$	Forma Trapezoidal	
PRESIONES PARA EL DISEÑO (MÉTODO DE RESISTENCIA ULTIMA)				
$q_{1,2} = \frac{P_u}{A_x} \pm \frac{M_u \cdot c}{I}$		$q_1 =$	17.44 ton/m ²	0.174 Mpa
		$q_2 =$	0.89 ton/m ²	0.009 Mpa
III. VERIFICACIÓN POR CORTANTE				
Presión a una dist. d cara de columna		$q' =$	15.567 ton/m ²	15.57 ton/m ²
Fuerza cortante última		$V_u =$	24.895 ton	246.95 KN
Resistencia del concreto @ corte		$\phi V_c =$	53.345 ton	533.45 KN
Verificación		$V_u < \phi V_c$	CONFORME	$V_u \leq \phi V_c$
IV. VERIFICACIÓN POR PUNZONAMIENTO				
Cálculo de Perímetro de punzonamiento		$b_o =$	3.45 m	
Relación lados de columna		$B_o =$	1.066666667	
Área del punzonamiento		$A_p =$	1.30 m ²	
Área del punzonamiento exterior		$A'_p =$	5.78 m ²	
Cálculo de presión a distancia de corte izquierdo		$q' =$	5.7 ton/m ²	57.2 Mpa
Cálculo de presión a distancia de corte derecho		$q'' =$	12.61 ton/m ²	126.1 Mpa
Fuerza cortante última		$V_u =$	52.344 ton	523.44 KN
$\phi_v \cdot 0.17(1 + \frac{2}{B_o})\lambda\sqrt{f'_c}b_o d$		$\phi V_{n1} =$	211.585 ton	2115.85 KN
$\phi_v 0.33\lambda\sqrt{f'_c}b_o d$		$\phi V_{n2} =$	186.173 ton	1861.73 KN
Resistencia del concreto @ corte punzonamiento		$\phi V_{n3} =$	142.860 ton	1428.60 KN
Verificación		$\phi V_o =$	142.860 ton	1428.60 KN
		$V_u \leq \phi V_c$	CONFORME	
V. DISEÑO DE REFUERZO LONGITUDINAL				
Cálculo de presión al centro derecho de la columna		distancia	1.8	$q''' =$ 11.53 ton/m ² 11.53 ton/m ²
Distancia L	1.83	F1=	21.1012	F2= 5.4100
Cálculo de momento último		$M_u =$	18.316 ton-m	183.16 KN-m
Datos de diseño:		para 1 ancho de 1m de la zapata		
		$F'_c =$	210 kg/cm ²	21 Mpa
		$F_y =$	4200 kg/cm ²	420 Mpa
		Ea acero=	2000000 kg/cm ²	200000 Mpa
5. Momento para calcular el acero de refuerzo, $p_{min} = 0.0018 R_y T$		M_u (KN*m)	183.16	
		b_w (mm)	1000	
		H (mm)	450	
		d (mm)	392.1	
		β_1	0.85	
		coeficiente Φ (que al $\phi > 0.905$)	ϕ	0.9
		M_{ai}	203513025	
		a	4447	
		b	-378	
		K	1.1916	
		ρ_1	0.0032788	
		ρ_2	0.08172	
		Acero Requerido	A_{s1} (mm ²)	1285.499
			A_{s2} (mm ²)	32040
		Cantidad de acero como Llave	ρ_1	0.002857
			ρ_2	0.0712
			ρ_{max}	0.01360
		Cantidad Max y Min	ρ_{min}	0.002857
			A_{smax} (mm ²)	6120
		Acero Max y Min	A_{smin} (mm ²)	1285
			A_s Necesario (mm ²)	1285
		Acero a seleccionar	ϕ	5/8"
			A_s sum (mm ²)	199.00
			S (mm) con Assum	154.8
		S_{max} (mm)	3h, 450mm	155
6. Diseño a flexión		$S_{diseño}$ (cm)		15

Tabla 19 Chequeo tipo zapata (2)



485
466

9.3 Chequeo viga de conexión muerto y zapata VC3

$$M_u = 1.4 * \left(52.8kN * (2.65m) + \frac{4.32kN}{m} * \frac{(2m)^2}{2} \right) = 208kN * m$$

Propiedades de los materiales	
M_u	208.000 (kN)
f_y	420
f_c	21
E_s	200000
Propiedades de la sección	
Der	400
H	450
Rec	75
d	354.4
$\phi_x(mm)$	9.5
$\phi_y(mm)$	22.2
ρ_l	0.85
ϕ	0.9
M_n	231111111.1
a	4447.1
b	-378.0
K	4.1
Área de acero requerida	
	1830.8
	10218.8
Área de acero disponible	
	1927.9
	472.5
Área de acero suministrada	
	1910.63
	112.35
	132.180
	239.23
se supone $\phi=0.9$, pero toca comprobarlo	
	0.005044
	0.90
	217.31

Tabla 20 Chequeo momento de diseño VC3

$$V_u = 1.4 * \left(52.8kN + \frac{4.32kN}{m} * (2m) \right) = 86 kN$$

9.3.1 Diseño a cortante

C.11.2.1.1 — Para elementos sometidos únicamente a cortante y flexión:

$$V_c = 0.17\lambda\sqrt{f'_c}b_w d \quad (C.11-3)$$

$$\phi V_c = 0.17 * 0.75 * 1 * \sqrt{21} * 450 * 350 * \frac{1}{1000} = 92 KN$$

$$V_u = 86 KN < \phi V_c = 92 kN$$

Por lo tanto, se cumplen las solicitaciones, sin embargo, se coloca acero transversal @12cm.



10. MUROS NO ESTRUCTURALES

Se diseñan los muros no estructurales para las graderías y las mallas contra impacto. Para la gradería, los muros serán en mampostería parcialmente reforzada con unidad de mampostería de perforación vertical, se planteó un modelo de muro doble considerándolo empotrado solo en la base, de acuerdo con la NSR-10.

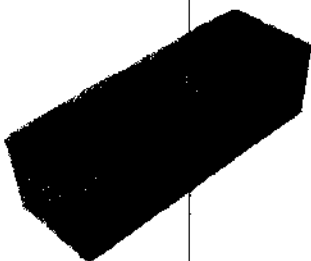
BLOQUE ESTRUCTURAL DE PERFORACIÓN VERTICAL PARED SENCILLA MEDIA FACHADA EN EPVMF EN			
			
IMAGEN		PAREDES Y TABICUES	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
Dimensiones	Longitud	Anchura	Alto
	33 cm	11,5 cm	11,0 cm
Tolerancia: D+0,25v(dimensión nominal) 0 ±2 mm. Tomando el mayor de los dos valores.	± 5 mm	± 3 mm	± 3 mm
Color	TERRACOTA CLARO (Según muestras)	El color varía dentro de una gama similar a la que se observa en la foto de aplicación.	
Textura	Liso por sus cuatro lados		
Peso / Unidad (entero)	3,9 Kg		
Rendimiento con dilatación de 1 cm	24,5 unidades / m ²		
Peso de los bloques en el muro	95,6 kg/m ²		
Aplicación	Muros Estructurales edificación interior y exterior a la vista		
Clasificación	Unidad de Mampostería Estructural de Perforación Vertical		
Normas Aplicadas	CUMPLE CON LA NORMA ICONTEC NTC 4205 - 1		
Resistencia a la compresión	min. 180 Kg/cm ² unidad	min. 150 Kg/cm ² (prom. 5 unidades)	
Absorción de agua	Max. 16 % unidad	max. 13% (prom. 5 unidades)	
Tasa inicial de absorción (promedio 5 unidades)	<0.10 gr/cm ² /min		
Presentación	A granel o estibado		

Figura 22 Especificación mampostería parcialmente reforzada

	180	$f_m = 0.75 \cdot [r \cdot E_m + 0.9 \cdot K_r \cdot (1 - r) \cdot f_{cu}] \leq 0.94 E_m$ $K_r = 0.75 \cdot \frac{A_{tr}}{A_{malla}} - 0.40$ $r = A_{tr} / A_{malla}$ $E_{mampostería} = 750 f_m$
	36	
	72	
	144	
	UNIDADES DE MORTAJA O BRUJO CHU CÁMERA	
	13.5	
	3.000	
	0.000	
	0.51	$A_{tr} = \frac{A_{tr}}{A_{malla}}$
	13.5	
	0.6	
	0.75	
$A_{tr} = \frac{A_{tr}}{A_{malla}}$		13.5
$f_m = 0.75 \cdot [r \cdot E_m + 0.9 \cdot K_r \cdot (1 - r) \cdot f_{cu}] \leq 0.94 E_m$		7.20
$E_{mampostería} = 750 f_m$		1440

Tabla 21 f'm mampostería de graderías

Con los datos anteriores se dispone a diseñar los muros no estructurales bajo las condiciones críticas, cortante y momento perpendicular al plano del muro.

10.1 Muros de graderías y placa de gradería

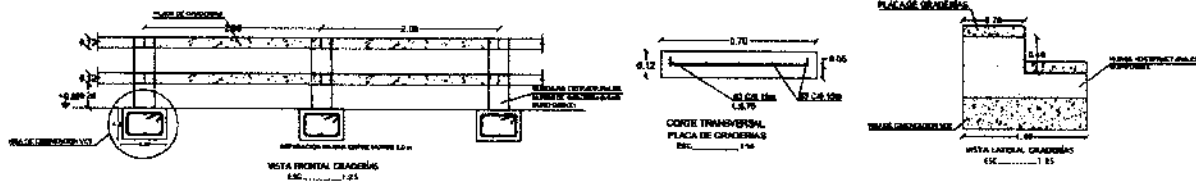


Figura 23 Muros de gradería y Losa de gradería

$$W_d = 0.12m * \frac{24kN}{m^3} * 0.7m = \frac{2.02kN}{m}$$

$$W_{\text{add y barandas}} = \frac{0.2 \text{ kN}}{\text{m}^2} * 0.7 = \frac{0.14 \text{ kN}}{\text{m}}$$

$$W_L = \frac{5kN}{m^2} * 0.7m = 3.5kN/m$$

$$W_u = 1.2 * 2.2 + 1.6 * 3.5 = 8.24 kN/m$$

$$M_u = \frac{\frac{8.24 \text{ kN}}{m} * (2\text{m})^2}{8} = 4.12 \text{ kN} * \text{m}$$

8
8 241kN 2m

$$V_u = \frac{8.24 \text{ kN}}{m} * \frac{2m}{2} = 8.24 \text{ kN}$$

	Ma	5.00E+006
	My	4.00
	Fc	21
	Eu	1.00E+006

	Rw	7.00
	Ri	7.00
	Rac	7.00
	d	63.75
	Q(rms)	0
	Q(min)	0

checkboxes @ (one at f0=6.005)	p1	0.85
	q	0.9
	km	5555555.6
	a	4447.1
	b	-378.0
	K	1.7

	214.
	3667

	621.
	152.

	355.00
	11.93
	14.039
	8.84

	0.010944
	0.90
	7.96

Tabla 22 Diseño a flexión losa de gradería

[illegible]

Tabla 23 Comprobación de deflexión losa de gradería



DISEÑO DE MUROS NO ESTRUCTURALES

B1 (m)	
B2 (m)	
lado 1 (vacío)	
lado 2 (vacío)	
lado 3 (vacío)	
# vacíos	
Ag (m2)	0.03795
A efectiva (m2)	0.0192
f'unidad	0.5050000
f'm1	7.52516318
f'm2	7.798518519
f'm menor (MPa)	7.52516318

Rm menor	Rm (a)	Rm (b)
8.296296296	8.296296	14.4

Vn (a)	Vn (b)
34.68049562	65.72257458

$$C = 0.75 [R_m + 0.85 (1 - r) f'_m] \leq 1.5 R_m$$

DATOS DE ENTRADA		
Altura muro, (m) (para el cálculo de masa)		
Altura desde la base de la estructura a la base del muro, (m) ha		
Altura del piso mas alto, (m) ha		
Longitud del muro (Sep dovelas) (m)		
Espeesor nominal, (m)		
Area bruta de la seccion (Ag, m2)		
Area efectiva de la seccion (Ae, m2)		
Pp (A.9.4.9)		
TIPO DE APOYO		
Coefficiente Ap (Tabla A.9.5-1)		
Coefficiente Ae (NSR-10, A.2.2)		0.250
Coefficiente Fa (Figura A.2.4-1)		1.450
Importancia (Tabla A.2.5-1)		1.250
Valor de Sa (según T de la estructura)		1.133
Peso específico de mampostería (KN/m3)		
Resistencia a compresion de mampostería sobre area neta (f'cu, Mpa)		
Altura de la unidad de mampostería (h, mm)		
Factor correccion de absorcion unidad (kp)		0.800
Resistencia a la compresion del mortero de pega (f'cp, Mpa)		
Resistencia a la compresion del mortero de relleno (f'cr, Mpa)		
Parametro para determinar f'm (Rm, MPa)		8.296
Resistencia a la compresion de la mampostería (f'm, Mpa)		
r= efectiva/Bruta (MURO) , 1 si enominal=efectivo		0.733
Factor de reducción de resistencia (φ)		0.205
Area efectiva para determinar esfuerzos cortantes (Amv, mm)		0.144
Fy (MPa)		
B EFECTIVO (m)		1.688

Datos según
comentarios o hoja del
"Espectro de diseño"

Si cambia la
separación
entre dovelas
cambiar el area

Valores calculados

puede colocar automatic

1.232142857

CÁLCULOS DE FUERZAS Y ACELERACIONES DE PISO		
As (As en la base) (A.2.6-3)		0.453
Altura equivalente del sistema, heq (A.3.6-3)		1.2375
Aceleración en el punto de soporte del elemento, ax		0.453
Masa del elemento no estructural *q, KN		5.398
Fuerza sísmica de diseño (Fp) (A.9.4-1), KN		4.076
Momento último muro, Mu (KN-m)		4.076
Cortante último muro, Vu (KN)		4.076
Momento último dovela, Mu (KN-m)		4.08

adicional	
1	2
4.076	0.843378906

$$F_p = \frac{W_p}{R_p} \leq 5M, \geq \frac{A_1 I}{2} \leq M,$$

Chequeos por dovela		b	1.688
CHEQUEO DE MOMENTO	Cantidad	# Diámetro	As (mm2)
	2	5	242.511
	Momento ultimo, Mu (KN-m)		4.08
	Momento resistente (KR-m)		6.972
CHEQUEO DE CORTANTE		D/C	0.584656921
	Cortante ultimo (Vu, KN)		4.076
	Resistencia del muro a cortante (φVn, KN)		20.796

Por lo tanto, se dispone un muro en soga doble, con dovelas #3 cada 0.7m máximo con una altura máxima de 1m.



488
469

DATOS DE ENTRADA EN COLUMNETAS DE LOS EXTREMOS	RESULTADOS	DATOS DE ENTRADA EN COLUMNETAS CENTRALES	RESULTADOS
As 0.20	at 0.452	As 0.20	at 0.452
Fa 1.45 Sumo E	Fp (KN) 1.628	Fa 1.45 Sumo E	Fp (KN) 1.628
i 1.25	Fp (KN) 0.344	i 1.25	Fp (KN) 0.687
ad 2.0	Moleno (KN/m) 1.380	ad 2.0	Moleno (KN/m) 3.926
pd 0		pd 0	
Altura total del sistema (m) 5	Fp1 0.344	Altura total del sistema (m) 5	Fp1 0.687
Muro (KN) 1.5444	Fp2 0.3842	Muro (KN) 3.08	Fp2 0.67
Malla (KN) 0.275		Malla (KN) 0.545	

Muro	
Ancho al frente (m)	1.43
Peso muro (kg/m)	1.08

Moleno	
Ancho al frente (m)	2.35
Peso muro (kg/m)	1.08

Tabla 26 Datos y resultados para las reacciones del sismo

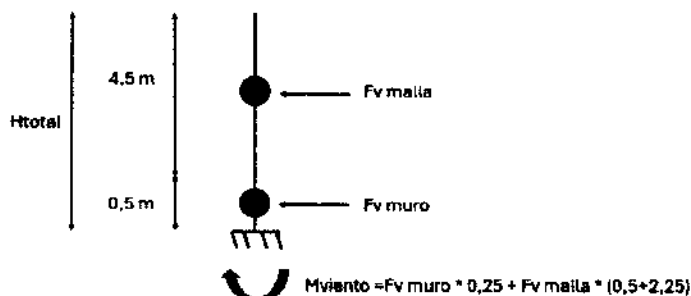


Figura 27 Modelo para viento

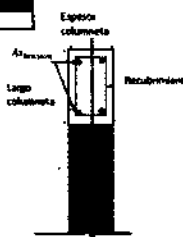
DATOS DE ENTRADA PARA COLUMNETAS DE LOS EXTREMOS	RESULTADOS	DATOS DE ENTRADA PARA COLUMNETAS CENTRALES	RESULTADOS
ANCHO ALFRENTE COLUMNETA (m) 1.43	CARGA DE VIENTO POR m DE MURO (KN/m) 0.2	ANCHO ALFRENTE COLUMNETA (m) 2.86	CARGA DE VIENTO POR m DE MURO (KN/m) 0.2
CARGA DE VIENTO (KN/m²) 0.4	CARGA PUNTUAL DE VIENTO EN MURO (KN) 0.286	CARGA DE VIENTO (KN/m²) 0.4	CARGA PUNTUAL DE VIENTO EN MURO (KN) 0.572
ALTURA DE MURO (m) 0.5	CARGA DE VIENTO POR m DE MALLA (KN/m) 3.4	ALTURA DE MURO (m) 0.5	CARGA DE VIENTO POR m DE MALLA (KN/m) 3.4
ALTURA DE MALLA (m) 4.5	CARGA PUNTUAL DE VIENTO EN MALLA (KN) 0.386	ALTURA DE MALLA (m) 4.5	CARGA PUNTUAL DE VIENTO EN MALLA (KN) 0.762
RELACIÓN DE VACÍO EN CADA ESALON DE LA MALLA (m²/m²) 0.85	MOMENTO EJERCIDO EN LA BASE (KN·m) 1.157	RELACIÓN DE VACÍO EN CADA ESALON DE LA MALLA (m²/m²) 0.85	MOMENTO EJERCIDO EN LA BASE (KN·m) 2.312

Tabla 27 Datos y resultados para las reacciones del viento

espesor (m)	0.15
largo (m)	0.20
d' (m)	0.0348
Fy (MPa)	420
F'c (MPa)	21
Resistencia a la compresión de la zapatería (f'cu, N/m²)	6.980

Cantidad	Vasillas	As (cm²)	F (KN)
		2.534	0.639
		8.860	
		3.610	
		0.714	

Corte último (Vu, KN)	4.58
Vu (KN)	2.860
Área efectiva (Ave, m²)	0.439
Resistencia del muro m	94.450
n D/C	0.048



TIPO DE CARGA	MOMENTO (KN·m)	CONTRASTE (KN)
EMPUJE DE BARANDA (VIVA) - L	4.29	2.86
SIEMPRE - E	2.58	0.67
VIENTO - W	2.32	1.36

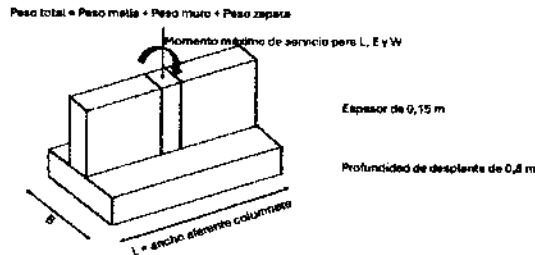
CONSERVACIÓN	MOMENTO (KN·m)	CONTRASTE (KN)
1.6L	6.86	4.58
1.0M+1.0L	6.61	4.22
1.0E+1.0L	6.87	3.55

$$\begin{aligned}
 &1.20 + 1.4L + 0.2(L + C + L) \quad (8.2.4) \\
 &1.20 + 1.4(L + C + L) + (1.4L + 0.2L) \quad (8.2.4) \\
 &1.20 + 1.4L + 1.4L + 0.2L + C + L \quad (8.2.4) \\
 &1.20 + 1.4L + 1.4L \quad (8.2.4) \\
 &0.80 + 1.4L \quad (8.2.4)
 \end{aligned}$$

Tabla 28 Chequeo de la columneta de confinamiento



Peso muro = carga lineal muro + ancho afeerente columna
Peso zapata = carga lineal zapata + ancho afeerente columna



MODELO CHEQUEO ALETA DE ZAPATA

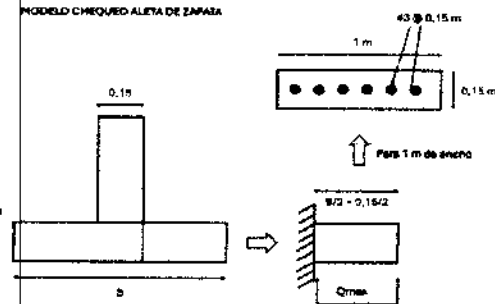


Figura 28 Modelo zapata

DATOS DE ENTRADA		RESULTADOS	
ANCHO (B, m)	0.8	EXCENTRICIDAD (m)	0.13
ESPESOR ALETAS (m)	0.15	EXCENTRICIDAD MÁXIMA (m)	0.130
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (m)	0.8	¿CUMPLE VOLCAMIENTO?	CUMPLE
LARGO (ANCHO AFERENTE COLUMNETA, m)	2.80	Qmax (kN/m ²)	38.346
CARGA VERTICAL (P, kN)	28.11	Qmin (kN/m ²)	8.040
MOMENTO (kN*m)	4.80	¿CUMPLE CAPACIDAD DEL SUELO?	CUMPLE
CAPACIDAD PORTANTE (kN/m ²)	117		

CARGAS VERTICALES		MAYORACIÓN DE CARGAS PARA MOMENTOS	
CARGA MALLA (kN)	0.80	COMBINACIÓN	VALOR
CARGA MURO (LINEAL, kN/m)	1.00	L	4.20
CARGA MURO (PUNTUAL, kN)	3.00	0.75L	3.15
ÁREA TRANSVERSAL ZAPATA (m ²)	0.64	W	2.30
CARGA ZAPATA (LINEAL, kN/m)	5.20	0.7E	1.80
CARGA ZAPATA (PUNTUAL, kN)	14.80	0.75W+0.75L	4.80
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO (kN/m ³)	17	0.75(0.7E)+0.75L	4.87
CARGA DE SUELO (kN)	20.54		
CARGA VERTICAL TOTAL (kN) - D	38.11	MAYOR	4.80

ENTRADA-CHEQUEO ALETAS		RESULTADOS	
Mu (kN*m)	1.70	β1	0.85
fy (MPa)	420	fy	0.0021
fc (MPa)	21	rb	0.0213
b (mm)	1000	ρ	0.0047
d (mm)	75	ρmin1	0.0027
As (mm ²)	478.35	ρmin2	0.0033
		ρmax	0.0033
		domina	Flexión
		φ	0.8
		a (mm)	11.187
		c (mm)	13.103
		Mn (kN*m)	13.403
		φMn (kN*m)	12.403
		φc	0.0542 Flexión
		¿CUMPLE POR CAPACIDAD?	CUMPLE

CÁLCULO DE AS		CÁLCULO DE Mu	
ÁREA #3 (mm ²)	71	LONGITUD ALETA (m)	0.525
SEPARACIÓN (m)	0.15	Qmax EN UN m DE ZAPATA (kN/m)	38.346
ÁREA POR m LINEAL	478.35	Mu en UN m DE ZAPATA (kN*m)	1.70

NOTA: PARA CARGAS VERTICALES SOLO SE TIENE CARGA MUERTA, POR LO TANTO, COMO LAS COMBINACIONES SE DISEÑAN CON CARGAS DE SERVICIO, SE CONSIDERA D COMO LA

Tabla 29 Chequeo zapata corrida (1)

ENTRADA-CHEQUEO ACERO MÍNIMO BASE ZAPATA (LONGITUDINAL)		RESULTADOS	
Mu (kN*m)	0.00	β1	0.85
fy (MPa)	420	fy	0.0021
fc (MPa)	21	rb	0.0213
b (mm)	800	ρ	0.0047
d (mm)	75	ρmin1	0.0027
As (mm ²)	284.00	ρmin2	0.0033
		ρmin	0.0033
		ρmax	0.0126
		domina	Flexión
		φ	0.8
		a (mm)	8.359
		c (mm)	9.827
		Mn (kN*m)	8.449
		φMn (kN*m)	7.803
		φc	0.0039 Flexión
		¿CUMPLE ACERO MÍNIMO?	CUMPLE

Tabla 30 Chequeo zapata corrida (2)



484
470

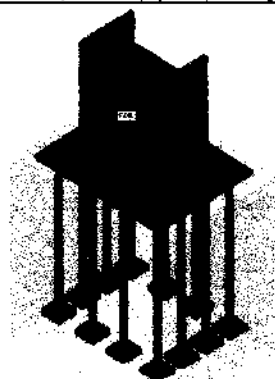
11. DISEÑO DE PLACA BASE PARA HEA 450

• Diseño

Nombre	POLIDEPORTIVO LAS CHINAS
Descripción	PLACA
Análisis	Tensión, deformación/ Carga simplificada
Normativa de cálculo	AISC - LRFD 2016

• Elementos estructurales

Nombre	Sección transversal	β - Dirección [°]	γ - Inclinación [°]	α - Rotación [°]	Desplazamiento e_x [mm]	Desplazamiento e_y [mm]	Desplazamiento e_z [mm]	Fuerzas en
COL	I - CON1(HEA450)	0.0	-90.0	0.0	0	0	0	Nodo



k

• Secciones

Nombre	Material
I - CON1(HEA450)	A572 Gr.50

• Anclajes

Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [mm]	f_u [MPa]	Área bruta [mm ²]
I 1/8 F1554 Gr.36	I 1/8 F1554 Gr.36	29	400.0	641

• Cargas (No se requiere el equilibrio)

Nombre	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	COL	-43.0	0.1	-20.0	0.0	280.0	0.0
LE2	COL	-67.0	0.1	-58.0	0.0	355.0	0.0
LE3	COL	-44.0	0.0	-69.3	0.0	372.0	0.0

• Bloque de la cimentación

Ítem	Valor	Unidad
CB 1		
Dimensiones	700 x 850	mm
Profundidad	1200	mm
Anclaje	I 1/8 F1554 Gr.36	
Longitud del anclaje	1250	mm
Transferencia de la fuerza cortante	Anclajes	



- Verificación
- Resumen

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	OK
Placas	$1.5 < 5.0\%$	OK
Anclajes	$93.4 < 100\%$	OK
Soldaduras	$85.8 < 100\%$	OK
Bloque de hormigón	$41.2 < 100\%$	OK
Pandeo	No calculado	

- Placas

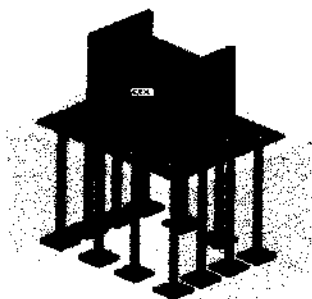
Nombre	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Estado de la verificación
COL-bfl 1	344.7	21.0	LE3	310.4	0.0	0.0	OK
COL-tfl 1	344.7	21.0	LE3	272.2	0.1	0.0	OK
COL-w 1	344.7	11.5	LE3	184.3	0.0	0.0	OK
BP1	344.7	25.4	LE3	311.2	0.4	0.0	OK
WID1a	344.7	12.7	LE3	190.8	0.0	0.0	OK
WID1b	344.7	12.7	LE3	313.3	1.5	0.0	OK

- Datos de diseño

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

- Explicación del símbolo

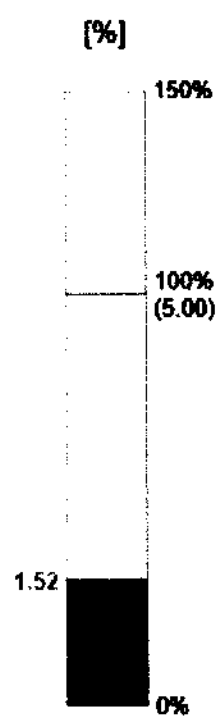
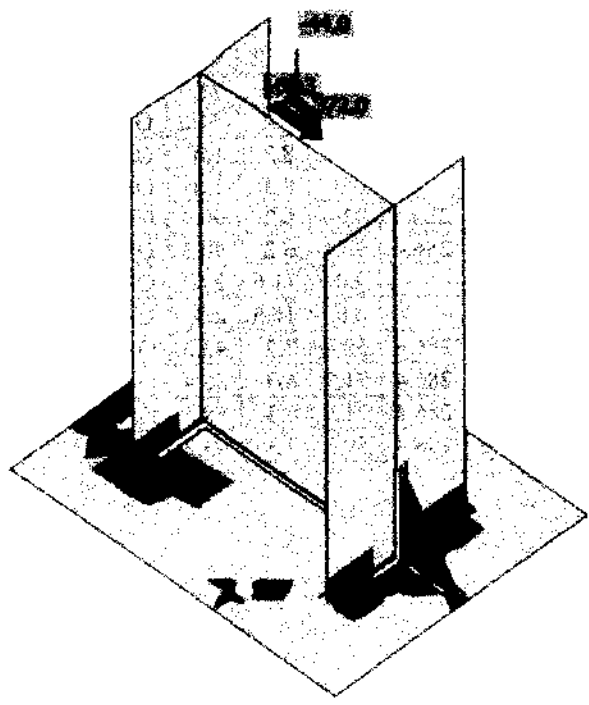
- ϵ_{pl} Deformación plástica
- σ_{CEd} Tensiones de Contacto
- σ_{Ed} Ec. tensión
- f_y Límite elástico
- ϵ_{lim} Límite de la deformación plástica



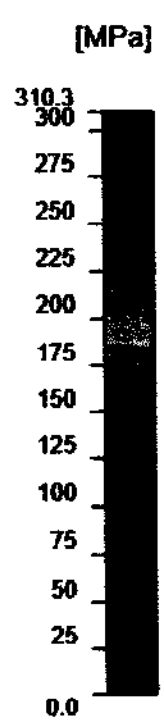
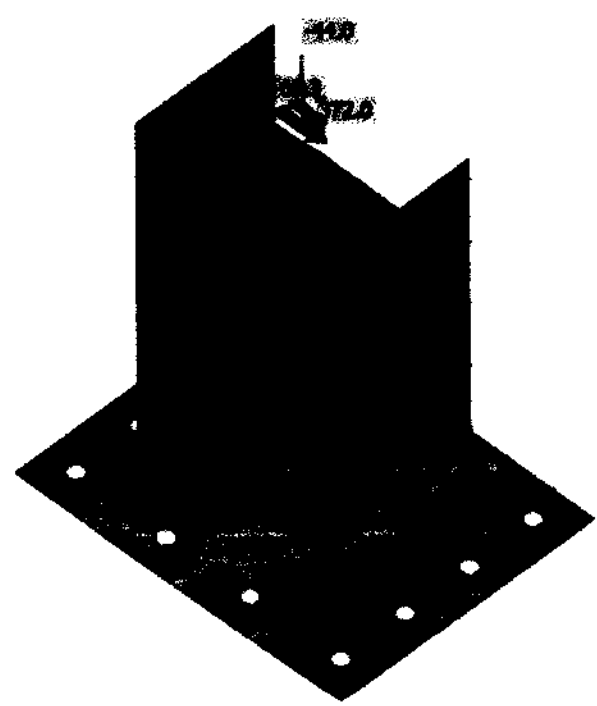
Verificación general, LE3



4 de
471

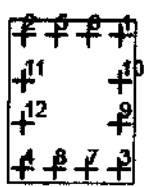


Verificación de deformación, LE3



Tensión equivalente, LE3

• Anclajes

Forma	Ítem	Cargas	N_f [kN]	V [kN]	ϕN_p [kN]	ϕN_{sb} [kN]	U_t [%]	U_c [%]	U_{tc} [%]	Estado
	A1	LE3	113.7	5.7	1084.0	286.4	82.5	7.4	73.9	OK
	A2	LE3	113.8	5.7	1084.0	286.4	82.6	7.4	74.0	OK
	A3	LE3	0.0	6.3	1084.0	-	0.0	8.3	1.6	OK
	A4	LE3	0.0	6.3	1084.0	-	0.0	8.3	1.6	OK
	A5	LE3	128.8	4.8	1084.0	286.4	93.4	6.2	90.3	OK
	A6	LE3	128.8	4.8	1084.0	286.4	93.4	6.2	90.3	OK
	A7	LE3	0.0	8.9	1084.0	-	0.0	11.6	2.8	OK
	A8	LE3	0.0	8.9	1084.0	-	0.0	11.6	2.8	OK
	A9	LE3	81.9	5.6	1084.0	286.4	59.4	7.3	43.3	OK
	A10	LE3	98.8	4.8	1084.0	286.4	71.7	6.3	58.4	OK
	A11	LE3	98.9	4.8	1084.0	286.4	71.7	6.3	58.5	OK
	A12	LE3	81.8	5.6	1084.0	286.4	59.3	7.3	43.2	OK

• Datos de diseño

Calidad	ϕN_{sa} [kN]	ϕV_{sa} [kN]
1 1/8 F1554 Gr.36 - 1	137.8	76.8

• Explicación del símbolo

- N_f Fuerza de tracción
- V Resultante de las fuerzas cortantes V_y , V_z en el tornillo.
- ϕN_p Resistencia al deslizamiento - ACI 318-14 - 17.4.3
- ϕN_{sb} Resistencia al arrancamiento lateral del cono de hormigón a tracción de acuerdo con - ACI 318-14 - 17.4.4
- U_t Utilización a tracción
- U_c Utilización a cortante
- U_{tc} Utilización a tensión y cortante
- ϕN_{sa} Resistencia del anclaje en tracción - ACI 318-14 - 17.4.1
- ϕV_{sa} Resistencia del anclaje a cortante - ACI 318-14 - 17.5.1

• Weld sections

Ítem	Borde	Xu	T_h [mm]	L_s [mm]	L [mm]	L_c [mm]	Cargas	F_u [kN]	ϕR_n [kN]	U_t [%]	Estado
BP1	COL-bfl 1	E70xx	▲11.2▲	▲15.9▲	299	43	LE3	86.9	115.8	75.0	OK
		E70xx	▲11.2▲	▲15.9▲	300	43	LE2	109.4	144.6	75.7	OK
BP1	COL-tfl 1	E70xx	▲11.2▲	▲15.9▲	300	43	LE3	125.1	145.7	85.8	OK
		E70xx	▲11.2▲	▲15.9▲	300	43	LE3	122.8	145.1	84.7	OK
BP1	COL-w 1	E70xx	▲7.8▲	▲11.1▲	419	42	LE3	79.4	105.1	75.5	OK
		E70xx	▲7.8▲	▲11.1▲	419	42	LE3	79.4	105.1	75.5	OK
BP1	WID1a	E70xx	▲9.0▲	▲12.7▲	125	25	LE3	43.2	72.8	59.3	OK
		E70xx	▲9.0▲	▲12.7▲	125	25	LE3	43.2	72.8	59.3	OK
COL-tfl 1	WID1a	E70xx	▲9.0▲	▲12.7▲	200	25	LE3	14.1	59.6	23.7	OK
		E70xx	▲9.0▲	▲12.7▲	200	25	LE3	14.1	59.6	23.7	OK
BP1	WID1b	E70xx	▲9.0▲	▲12.7▲	125	25	LE3	54.5	72.5	75.1	OK
		E70xx	▲9.0▲	▲12.7▲	125	25	LE3	54.5	72.5	75.1	OK
COL-bfl 1	WID1b	E70xx	▲9.0▲	▲12.7▲	199	25	LE3	36.2	51.6	70.1	OK
		E70xx	▲9.0▲	▲12.7▲	199	25	LE3	36.1	51.7	69.9	OK

• Explicación del símbolo

- T_h Espesor de garganta de soldadura
- L_s Tamaño de la soldadura
- L Longitud de la soldadura



491
472

- L_c Longitud del elemento crítico de la soldadura
 F_a Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
 ϕR_n Resistencia de la soldadura, AISC 360-10 J2.4
 U_t Utilización

• **Bloque de hormigón**

Ítem	Cargas	A_1 [mm ²]	A_2 [mm ²]	σ [MPa]	U_t [%]	Estado
CB 1	LE3	125295	300914	7.3	41.2	OK

• **Explicación del símbolo**

- A_1 Área cargada
 A_2 Área de soporte
 σ Tensión media en el hormigón
 U_t Utilización



492
473

Tabla F.2.10.3-4
Distancia Mínima al Borde^(a), del centro de una perforación estándar^(b) al borde de la parte conectada
Pernos con diámetro en pulgadas

Diámetro del Perno mm (pulgadas)	Distancia mínima al borde mm
12.7 (½")	19.1
15.9 (5/8")	22.2
19.1 (¾")	25.4
22.2 (7/8")	28.6
25.4 (1")	31.8
28.6 (1 1/8")	38.1
31.8 (1 ¼")	41.3
mayor que 31.8 (1 ¼")	1.25 x d

- a) Se permiten distancias al borde menores que las dadas en esta tabla si se satisfacen las provisiones aplicables de los numerales F.2.10.3.10 y F.2.10.4, sin embargo no se permiten distancias menores que (1) diámetro del perno sin aprobación del diseñador estructural.
- b) Para perforaciones agrandadas o de ranura, véase la tabla F.2.10.3-5.

Distancia mínima al borde ok

12.2 Espaciamiento mínimo

F.2.10.3.3 — Espaciamiento mínimo — La distancia entre centros de perforaciones estándar, agrandadas o ranuradas no podrá ser menor que 2 2/3 veces el diámetro nominal del conector, d ; se recomienda usar como mínimo $3d$.

Espaciamiento mínimo ok

Se toma la mitad de la sección que tome toda la fuerza

12.3 Cortante en la conexión

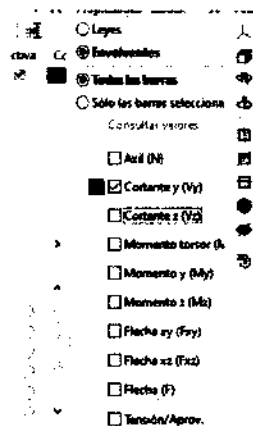


Figura 30 Cortante en la conexión

Bloque de Cortante en el perfil		
Ubs	1	
Longitud bruta a Cortante	3.78	in
Numero de agujeros a cortante	1	
Longitud bruta a Tensión	6.69	in
Numero de agujeros a tensión	1.00	
Numero de bloques de cortante	1	



Agv	1.41	in2	912	mm2
Anv	1.04	in2	670	mm2
Ant	2.13	in2	1373	mm2
Rn1	817	kN	816840	N
Rn2	823	kN	823313	N
ØRN*Nbloques	613	kN	612630	N
D/C	0.12	OK		



PLACA	
Ag placa (in2)	8.835
Ag placa (mm2)	5700
R.FLUENCIA	

NUMERO DE ELEMENTOS	1	QUE SE OPONEN A LA TENSION(VER SECCION TRANSVERSAL)		
FY	350	Mpa		
FU	460	Mpa		
R.FLUENCIA	Ø	0.9		
ØPn	1795.5	kN	1795500	N
D/C	0.08	OK		

Bloque de Cortante placa			
Ubs	1		
Longitud bruta a Cortante	6.5	in	
Numero de agujeros a cortante	1		
Longitud bruta a Tensión	6.69	in	
Numero de agujeros a tensión	1		
Numero de bloques a cortante	1		



474
493

Agv	4.90	in2	3162	mm2
Anv	4.15	in2	2678	mm2
Agt	5.02	in2	3239	mm2
Ant	4.27	in2	2754	mm2
Rn1	2006	kN	2006026	N
Rn2	1931	kN	1930994	N
ØRN*Nbloques	1448	kN	1448245	N
D/C	0.10	OK		

Bloque de Cortante placa				
Ubs	1			
Longitud bruta a Cortante	6.5	in		
Numero de agujeros a cortante	1			
Longitud bruta a Tensión	6.69	in		
Numero de agujeros a tensión	1			
Numero de bloques a cortante	1			
Agv	4.90	in2	3162	mm2
Anv	4.15	in2	2678	mm2
Agt	5.02	in2	3239	mm2
Ant	4.27	in2	2754	mm2
Rn1	2006	kN	2006026	N
Rn2	1931	kN	1930994	N
ØRN*Nbloques	1448	kN	1448245	N
D/C	0.10	OK		

Tipo de Fuerza	Cortante	
Tipo de Acero	A307	
Fnt	310	
Fnv	188	
Pu	72	kN
CORTANTE DOBLE?	NO	
Pu	72	kN
#PERNOS	2	
Ø	0.75	
Espesor perfil	3/8	pulg
Espesor de la placa	3/4	pulg
Fu placa	460	Mpa

Resistencia a Cortante		
Diametro	7/8	pulg
Area	0.60	pulg2
Area	388	mm^2
ØRn	54.7	kN
DEMANDA/PERNO	36.0	kN
D/C	0.66	



Aplastamiento agujeros de perfil o placa

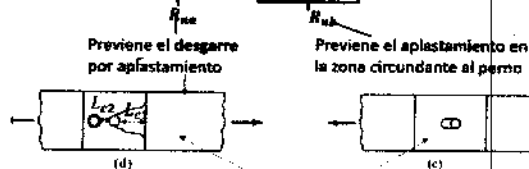
Lc1	1.07	in
Lc2	2.27	in
t	0.750	in
Rn1	287.1	kN
Rn2	467.4	kN
ØRN	215.3	kN
Demanda/orificio	36.0	kN
n	0.17	

APLASTAMIENTO EN EL AGUJERO Y DESGARRO

F.2.10.3.10

$$\phi = 0.75$$

$$R_n = 1.2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t \cdot F_u$$



d=diámetro del perno



Fu de Placas o elementos conectados

13. CONEXIÓN CANAL A TEJA

VERTICAL	
SDead (kN/m)	2.3
Lve (kN/m)	3.74
Wwind (kN/m)	4.17

HORIZONTAL	
SDead (kN/m)	2.7
Lve (kN/m)	4.67
Wwind (kN/m)	1.76

theta (grados)	43
----------------	----

RESULTANTE

Muerta(D)	3.54	(kN/m)
Vivo(L)	0.00	(kN/m)
Vivo(Lr ó G ó Le)	5.97	(kN/m)
Viento(W)	4.13	(kN/m)
Sismo (E)	0	(kN/m)
Empuje (H)	0	(kN/m)

COMBINACIONES DE CARGA

1	1.4 (D)	5	B.2.4-1
2	1.2(D)+ 1.6(L) + 0.5*(Lr ó G ó Le)	7	B.2.4-2
3	1.2(D)+ 1.6(Lr ó G ó Le) + (L ó 0.5*W)	15.863	B.2.4-3
4	1.2(D)+ 1*(W) + 1*(L)+0.5*(Lr ó G ó Le)	11.385	B.2.4-4
5	1.2(D)+ 1*(E) + 1.0*(L)	4.252	B.2.4-5
6	0.9 (D) + 1.0(W)	7.319	B.2.4-6
7	0.9(D) + 1.0(E) + 1.6*(H)	3.189	B.2.4-7

Qu	16.3	(kN/m)
----	------	--------

ancho sferente(m)	0.7
Pu	11.1/(kN)

475
444



Tabla F.2.10.3-2
Resistencia Nominal para Pernos y Piezas Roscadas, MPa

Descripción de los conectores	Resistencia Nominal a tensión F_u (MPa)	Resistencia Nominal a Cortante en Conexiones Tipo Aplastamiento F_u (MPa) ^(a)
Pernos A307	310 ^(b)	180 ^(b)
Pernos Grupo A (tipo A325), con roscas incluidas en los planos de corte	620	372
Pernos Grupo A (tipo A325), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	620	457
Pernos Grupo B (tipo A490), con roscas incluidas en los planos de corte	780	467
Pernos Grupo B (tipo A490), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	780	579
Piezas roscadas que satisfacen los requisitos del numeral F 2.1.3.4, con roscas incluidas en los planos de corte	$0.75F_u$	$0.450F_u$
Piezas roscadas que satisfacen los requisitos del numeral F 2.1.3.4, cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	$0.75F_u$	$0.563F_u$

- (a) Para conexiones de extremo que tengan un patrón de perforaciones con una longitud mayor que 965 mm, F_u se reduce a un 83.3% de los valores tabulados. La longitud del patrón de perforaciones es la máxima distancia paralela a la línea de la fuerza medida sobre la línea de centros de los pernos.
- (b) Para pernos A307, los valores tabulados se reducirán en un 1 por ciento por cada 1.6 mm por encima de los 5 diámetros de longitud en el agarre.
- (c) Se aceptan roscas en los planos de corte.

Resistencia a Cortante

Diametro	0.38 in
Area	0.11 in ²
Area	71.26 mm ²
ϕR_n	10.05 kN
Demanda/perno	5.55 kN

Aplastamiento agujeros de la placa

Lc1	2.70 in
Lc2	2.45 in
t	0.236 in
Rn1	179.4 kN
Rn2	54.9 kN
ϕR_n	41.1 kN
Demanda/orificio	11.1 kN

14. DISEÑO BARANDAS Y PASAMANOS

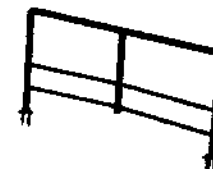
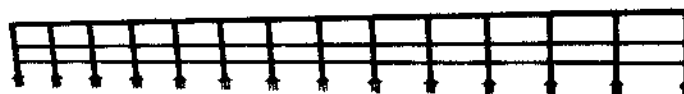
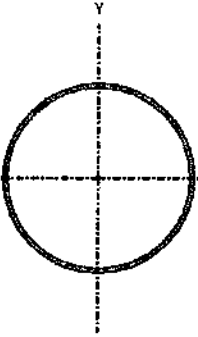


Figura 31 Modelo pasamanos y barandas

Las cargas para el travesaño superior y toda l baranda, será de $1kN/m$, para las barandas inferiores o travesaños, será de $\frac{0.25kN}{m}$



14.1 Chequeo tipo barandas superior

Perfil: Tubing 2"																
Material: Acero (A572 50ksi)																
		Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas											
		Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)								
		N21	N25	0.820	2.33	7.15	7.15	14.30								
		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.									
		b	1.00	1.00	0.00	0.00										
		L _k	0.820	0.820	0.000	0.000										
		C _m	1.000	1.000	-	-										
		C _b	-		1.000											
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C _b : Factor de modificación para el momento crítico																
COMPROBACIONES (AISC 360-17 (2017))															Estado	
Barra	w / t	T	P	Tr	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x Tr	M _y Tr	M _x V _x	M _y V _y	MT	MP	TPT/MV	Estado
N21/N25	x: 0.218 m w / t ≤ (w / t) _{lim} Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	x: 0.41 m h = 0.2	x: 0.41 m h = 10.3	x: 0.026 m h = 3.0	x: 0.026 m h = 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.218 m h = 0.1	x: 0.218 m h = 0.6	x: 0.41 m h = 13.0	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	CUMPLE h = 13.0
Notación: w / t: Limitaciones geométricas T: Resistencia a tracción P: Resistencia a compresión Tr: Resistencia a torsión M _x : Resistencia a flexión alrededor del eje X M _y : Resistencia a flexión alrededor del eje Y V _x : Resistencia a corte en la dirección del eje X V _y : Resistencia a corte en la dirección del eje Y M _x Tr: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con torsión M _y Tr: Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con torsión M _x V _x : Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje X M _y V _y : Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje Y MT: Resistencia a flexión combinada con tracción MP: Resistencia a flexión combinada con compresión TPT/MV: Flexión combinada con corte, asíl y torsión - Compresión de Von Mises x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aproximadamente (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): 1. La comprobación no procede, ya que no hay señal de tracción. 2. La comprobación no procede, ya que no hay señal de compresión. 3. La comprobación no procede, ya que no hay torsión. 4. No hay interacción entre tracción y flexión alrededor del eje X para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. 5. No hay interacción entre tracción y flexión alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. 6. No hay interacción entre asíl de compresión y momento flexor para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. 7. La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzos combinados.																

Limitaciones geométricas (B1)

Se debe satisfacer:

$$D / t : 34.00 \quad \checkmark$$

Donde:

D: Diametro exterior del tubo circular.

t: Espesor.

$$D : 51.00 \text{ mm}$$

$$t : 1.50 \text{ mm}$$

$$(D / t)_{\text{Máx.}} : 259.49$$

Donde:

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$



4-21
476

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 345.00 MPa

Resistencia a flexión alrededor del eje X (C3.1)

Se debe satisfacer:

h_b : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.410 m del nudo N21, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·Superdead.

M_r : Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD.

M_r : 0.00 kN·m

M_e : Resistencia de diseño a flexión.

M_e : 1.15 kN·m

Donde:

j_b : Factor de resistencia para flexión.

j_b : 0.95

M_n : La resistencia a flexión nominal se calcula según el Apartado C3.1.3.

M_n : 1.21 kN·m

C3.1.3 Flexión.

M_n : 1.21 kN·m

Donde:

(a) Para

F_c : 431.25 MPa

Donde:

D : Diámetro exterior del tubo circular.

D : 51.00 mm

t : Espesor.

t : 1.50 mm

E : Módulo de Young.

E : 203000.00 MPa

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 345.00 MPa

S_r : 2.80 cm³

Donde:

I : Momento de inercia.

I : 7.15 cm⁴

r : Radio de la sección circular.

r : 25.50 mm

Resistencia a flexión alrededor del eje Y (C3.1)

Se debe satisfacer:

h_b : 0.103 ✓



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.410 m del nudo N21, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

M_r : Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD.

M_r : 0.12 kN·m

M_e : Resistencia de diseño a flexión.

M_e : 1.15 kN·m

Donde:

j_b : Factor de resistencia para flexión.

j_b : 0.95

M_n : La resistencia a flexión nominal se calcula según el Apartado C3.1.3.

M_n : 1.21 kN·m

C3.1.3 Flexión.

M_n : 1.21 kN·m

Donde:

(a) Para

F_e : 431.25 MPa

Donde:

D : Diametro exterior del tubo circular.

D : 51.00 mm

t : Espesor.

t : 1.50 mm

E : Módulo de Young.

E : 203000.00 MPa

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 345.00 MPa

S_x : 2.80 cm³

Donde:

I : Momento de inercia.

I : 7.15 cm⁴

r : Radio de la sección circular.

r : 25.50 mm

Resistencia a corte en la dirección del eje X (C3.2)

Se debe satisfacer:

h_v : 0.030 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.026 m del nudo N21, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD.

V_r : 0.61 kN

V_e : Resistencia de diseño a cortante.

V_e : 20.25 kN

Donde:



446
477

j_v : Factor de resistencia para cortante.

j_v : 0.90

V_n : Resistencia nominal a corte, calculada según el Capítulo G-6 ANSI/AISC 360-05 (LRFD), ya que la norma AISI S100-07 (2007) no contempla esta comprobación para tubos cilíndricos.

V_n : 22.50 kN

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

V_n : 22.50 kN

Donde:

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

F_{cr} : 207.00 MPa

F_{cr} : 931.06 MPa

Donde:

E: Módulo de Young.

E: 203000.00 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 : 768.00 mm

D: Diámetro exterior del tubo circular.

D: 51.00 mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal.

t: 1.40 mm

F_{cr} : 716.30 MPa

Donde:

E: Módulo de Young.

E: 203000.00 MPa

D: Diámetro exterior del tubo circular.

D: 51.00 mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal.

t: 1.40 mm

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

A: 2.17 cm²

Resistencia a corte en la dirección del eje Y (C3.2)

Se debe satisfacer:

$h_v < 0.001$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.026 m del nudo N21, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·Superdead.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD.

V_r : 0.01 kN

V_e : Resistencia de diseño a cortante.

V_e : 20.25 kN



Donde:

j_v : Factor de resistencia para cortante.

$$j_v : 0.90$$

V_n : Resistencia nominal a corte, calculada según el Capítulo G-6 ANSI/AISC 360-05 (LRFD), ya que la norma AISI S100-07 (2007) no contempla esta comprobación para tubos cilíndricos.

$$V_n : 22.50 \text{ kN}$$

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

$$V_n : 22.50 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$F_{cr} : 207.00 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} : 931.06 \text{ MPa}$$

Donde:

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

L_c : La distancia entre los puntos de cortante máximo y cortante cero, tomada, de forma conservadora, como la longitud de la viga.

$$L_v : 768.00 \text{ mm}$$

D: Diámetro exterior del tubo circular.

$$D : 51.00 \text{ mm}$$

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal.

$$t : 1.40 \text{ mm}$$

$$F_{cr} : 716.30 \text{ MPa}$$

Donde:

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

D: Diámetro exterior del tubo circular.

$$D : 51.00 \text{ mm}$$

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal.

$$t : 1.40 \text{ mm}$$

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

$$A : 2.17 \text{ cm}^2$$

Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y (C3.3)

Se debe satisfacer:

$$h < 0.001 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.218 m del nudo N21, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·Superdead.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

$$h : 0.000$$

Donde:



497
1178

M_{Rx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

M_{Rx} : 0.00 kN·m

M_{ex} : Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje X.

M_{ex} : 1.15 kN·m

V_{Ry} : Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

V_{Ry} : 0.00 kN

V_{ey} : Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje Y.

V_{ey} : 20.25 kN

Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje X (C3.3)

Se debe satisfacer:

h : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.218 m del nudo N21, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

h : 0.006

Donde:

M_{Ry} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

M_{Ry} : 0.09 kN·m

M_{ey} : Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje Y.

M_{ey} : 1.15 kN·m

V_{Rx} : Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje X para las combinaciones de carga LRFD.

V_{Rx} : 0.31 kN

V_{ex} : Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje X.

V_{ex} : 20.25 kN

Resistencia a flexión combinada con tracción (C5.1.2)

Se debe satisfacer:

h_r : 0.130 ✓

h : 0.104 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.410 m del nudo N21, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

h_r : 0.130



Donde:

j_{bx} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X.

$$j_{bx} : 0.95$$

M_{Rx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

$$M_{Rx} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b1x} : 0.97 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$S_{bx} : 2.80 \text{ cm}^3$$

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

$$I_x : 7.15 \text{ cm}^4$$

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.

$$I_y : 7.15 \text{ cm}^4$$

I_{xy} : Producto de inercia.

$$I_{xy} : 0.00 \text{ cm}^4$$

x_t : Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje X.

$$x_t : 25.50 \text{ mm}$$

y_t : Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje X.

$$y_t : 25.50 \text{ mm}$$

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

j_{by} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y.

$$j_{by} : 0.95$$

M_{Ry} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

$$M_{Ry} : 0.12 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b1y} : 0.97 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$S_{by} : 2.80 \text{ cm}^3$$

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

$$I_x : 7.15 \text{ cm}^4$$

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.

$$I_y : 7.15 \text{ cm}^4$$

I_{xy} : Producto de inercia.

$$I_{xy} : 0.00 \text{ cm}^4$$

x_t : Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y.

$$x_t : 25.50 \text{ mm}$$

y_t : Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y.

$$y_t : 25.50 \text{ mm}$$

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

j_t : Factor de resistencia para tracción.

$$j_t : 0.90$$

T_r : Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$T_r : 0.00 \text{ kN}$$

T_n : Resistencia nominal a tracción, según la Sección C2.

$$T_n : 80.48 \text{ kN}$$

$$h : 0.104$$

Donde:

j_{bx} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X.

$$j_{bx} : 0.95$$

M_{Rx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

$$M_{Rx} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_n : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1.

$$M_n : 1.21 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



448
179

J_{wy} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y.

J_{wy} : 0.95

M_{ry} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

M_{ry} : 0.12 kN·m

M_{wy} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la Sección C3.1.

M_{wy} : 1.21 kN·m

J_t : Factor de resistencia para tracción.

J_t : 0.90

T_r : Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD.

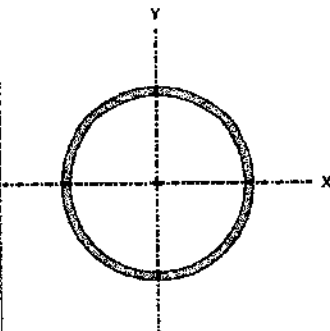
T_r : 0.00 kN

T_n : Resistencia nominal a tracción, según la Sección C2.

T_n : 80.48 kN

14.2 Columna de baranda y pasamanos crítica

Barra N57/N66

Perfil: Tubing 2"x2.5		Material: Acero (A572 50ksi)					
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm⁴)
	N57	N66	0.060	3.81	11.23	11.23	22.46
	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.			
b	1.00	1.00	0.00	0.00			
L _k	0.060	0.060	0.000	0.000			
C _m	1.000	1.000	-	-			
C _b	-		1.000				
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _k : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C _b : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (AISI S100-07 (2007))															Estado
	w / t	T	P	Tr	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x Tr	M _y Tr	M _x V _y	M _y V _x	MT	MP	TPT+MV	
N57/N66	w / t ≤ (w / t) _{lim} Cumple	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 0.1	h = 1.2	x: 0 m h = 62.5	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	h = 4.5	x: 0 m h = 63.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m h = 40.0	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0 m h = 63.1	x: 0 m h = 78.2	CUMPLE h = 78.2
Notación: w / t: Limitaciones geométricas T: Resistencia a tracción P: Resistencia a compresión Tr: Resistencia a torsión M _x : Resistencia a flexión alrededor del eje X M _y : Resistencia a flexión alrededor del eje Y V _x : Resistencia a corte en la dirección del eje X V _y : Resistencia a corte en la dirección del eje Y M _x Tr: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con torsión M _y Tr: Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con torsión M _x V _y : Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y M _y V _x : Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje X MT: Resistencia a flexión combinada con tracción MP: Resistencia a flexión combinada con compresión TPT+MV: Flexión combinada con torsión, corte y tracción - Combinación de Von Mises x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (CP) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): 1. La comprobación no procede, ya que no hay nail de tracción. 2. La comprobación no procede, ya que no hay momento flector alrededor del eje Y. 3. La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante en la dirección del eje X. 4. No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. 5. No hay interacción entre esfuerzos cortantes en la dirección del eje X y momento flector alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. 6. No hay interacción entre nail de torsión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitaciones geométricas (B1)

Se debe satisfacer:



$$D/t : 20.40 \quad \checkmark$$

Donde:

D: Diametro exterior del tubo circular.

t: Espesor.

$$D : 51.00 \text{ mm}$$

$$t : 2.50 \text{ mm}$$

$$(D/t)_{\text{Máx.}} : 259.49$$

Donde:

E: Módulo de Young.

Fy: Límite elástico del acero.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

Resistencia a compresión (C4)

Se debe satisfacer:

$$h_c : 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N57, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·Superdead.

Donde:

P_r: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$P_r : 0.08 \text{ kN}$$

P_e: Resistencia de diseño a compresión.

$$P_e : 111.61 \text{ kN}$$

Donde:

j_c: Factor de resistencia para compresión.

$$j_c : 0.85$$

$$P_n : 131.30 \text{ kN}$$

Donde:

A_e: Área eficaz de la sección de un tubo circular sometida a compresión.

$$A_e : 3.81 \text{ cm}^2$$

Donde:

$$R : 0.00$$

$$A_o : 3.81 \text{ cm}^2$$

Donde:

A: Área de la sección bruta.

D: Diametro exterior del tubo circular.

$$A : 3.81 \text{ cm}^2$$

$$D : 51.00 \text{ mm}$$



499
480

t: Espesor.

t: 2.50 mm

Para

F_b : 344.70 MPa

Donde:

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 345.00 MPa

I_e : 0.05

Donde:

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 345.00 MPa

F_e : Tensión elástica de pandeo a flexión calculada según la Sección C4.1.1.

F_e : 164073.78 MPa

C4.1.1 Secciones no sometidas a pandeo por torsión o por flexotorsión.

F_{crit} : Tensión crítica de pandeo, tomada como la menor de F_{ex} y F_{ey} .

F_{crit} : 164073.78 MPa

Donde:

F_{ex} : 164073.78 MPa

Donde:

r_x : 17.17 mm

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

I_x : 11.23 cm⁴

A: Área de la sección bruta.

A: 3.81 cm²

E: Módulo de Young.

E: 203000.00 MPa

K_x : Factor de longitud eficaz para el eje X.

K_x : 1.00

L: Longitud de la barra.

L: 0.060 m

F_{ey} : 164073.78 MPa

Donde:

r_y : 17.17 mm

Donde:

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.

I_y : 11.23 cm⁴

A: Área de la sección bruta.

A: 3.81 cm²

E: Módulo de Young.

E: 203000.00 MPa

K_y : Factor de longitud eficaz para el eje Y.

K_y : 1.00

L: Longitud de la barra.

L: 0.060 m

Resistencia a torsión (Comprobación adicional)

Se debe satisfacer:

h_{tr} : 0.012 ✓



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

T_{rr} : Resistencia requerida a torsión, utilizando las combinaciones de carga LRFD.

$$T_{rr} : 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

T_{re} : Resistencia de diseño a torsión.

$$T_{re} : 1.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

j_{tr} : Factor de resistencia para torsión, tomado de AISC-05.

$$j_{tr} : 0.90$$

T_{rn} : Resistencia nominal a torsión.

$$T_{rn} : 1.82 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

C : Módulo resistente a torsión.

$$C : 8.81 \text{ cm}^3$$

Donde:

r_2 : Radio exterior del tubo circular.

$$r_2 : 25.50 \text{ mm}$$

r_1 : Radio interior del tubo circular.

$$r_1 : 23.00 \text{ mm}$$

$$F_u : 207.00 \text{ MPa}$$

Donde:

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

Resistencia a flexión alrededor del eje X (C3.1)

Se debe satisfacer:

$$h_u : 0.625 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N57, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

M_{rr} : Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$M_{rr} : 1.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{re} : Resistencia de diseño a flexión.

$$M_{re} : 1.80 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

j_b : Factor de resistencia para flexión.

$$j_b : 0.95$$

M_{rn} : La resistencia a flexión nominal se calcula según el Apartado C3.1.3.

$$M_{rn} : 1.90 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

C3.1.3 Flexión.



500
481

$$M_u : 1.90 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

(a) Para

$$F_c : 431.25 \text{ MPa}$$

Donde:

D: Diámetro exterior del tubo circular.

$$D : 51.00 \text{ mm}$$

t: Espesor.

$$t : 2.50 \text{ mm}$$

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

F_y: Límite elástico del acero.

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

$$S_x : 4.40 \text{ cm}^3$$

Donde:

I: Momento de inercia.

$$I : 11.23 \text{ cm}^4$$

r: Radio de la sección circular.

$$r : 25.50 \text{ mm}$$

Resistencia a corte en la dirección del eje Y (C3.2)

Se debe satisfacer:

$$h_v : 0.045 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$V_r : 1.49 \text{ kN}$$

V_c: Resistencia de diseño a cortante.

$$V_c : 33.12 \text{ kN}$$

Donde:

j_v: Factor de resistencia para cortante.

$$j_v : 0.90$$

V_n: Resistencia nominal a corte, calculada según el Capítulo G-6 ANSI/AISC 360-05 (LRFD), ya que la norma AISI S100-07 (2007) no contempla esta comprobación para tubos cilíndricos.

$$V_n : 36.80 \text{ kN}$$

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

$$V_n : 36.80 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$F_{cr} : 207.00 \text{ MPa}$$



$$F_{cr} : 6308.00 \text{ MPa}$$

Donde:

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

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

$$L_v : 60.00 \text{ mm}$$

D: Diámetro exterior del tubo circular.

$$D : 51.00 \text{ mm}$$

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal.

$$t : 2.33 \text{ mm}$$

$$F_{cr} : 1541.24 \text{ MPa}$$

Donde:

E: Módulo de Young.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

D: Diámetro exterior del tubo circular.

$$D : 51.00 \text{ mm}$$

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal.

$$t : 2.33 \text{ mm}$$

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

$$A : 3.56 \text{ cm}^2$$

Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con torsión (C3.6)

Se debe satisfacer:

$$h_b : 0.637 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N57, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

M_r : Resistencia requerida para flexión positiva.

$$M_r : 1.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_e : Resistencia de diseño a flexión, según C3.1.

$$M_e : 1.80 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

R: Factor de reducción de resistencia debido a la torsión.

$$R : 0.99$$

Donde:

Las tensiones utilizadas en esta comprobación se han calculado en el siguiente punto, en el cual se produce la combinación pésima de tensiones normales y tangenciales.

x: Coordenada X del punto de cálculo respecto al centro de gravedad.

$$x : 0.12 \text{ mm}$$

y: Coordenada Y del punto de cálculo respecto al centro de gravedad.

$$y : 25.49 \text{ mm}$$

f_{bx} : Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje X.



501
482

$f_{bx} : -256.15 \text{ MPa}$

Donde:

M_{rx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

$M_{rx} : 1.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

$I_x : 11.23 \text{ cm}^4$

f_{tr} : Tensión tangencial debida a la torsión.

$f_{tr} : -2.15 \text{ MPa}$

Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y (C3.3)

Se debe satisfacer:

$h : 0.400 \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N57, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

$h : 0.400$

Donde:

R : Factor de reducción de resistencia debido a la torsión, calculado según C3.6.

$R : 0.99$

M_{rx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

$M_{rx} : 1.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$

M_{rx} : Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje X.

$M_{rx} : 1.80 \text{ kN}\cdot\text{m}$

V_{ry} : Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

$V_{ry} : 1.49 \text{ kN}$

V_{ry} : Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje Y.

$V_{ry} : 33.12 \text{ kN}$

Resistencia a flexión combinada con compresión (C5.2.2)

(b) Se debe satisfacer el siguiente criterio si

$h : 0.631 \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N57, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

R_x : Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje X debido a la torsión, calculado según C3.6.

$R_x : 0.99$

R_y : Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje Y debido a la torsión, calculado según C3.6.

$R_y : 1.00$

j_c : Factor de resistencia para compresión.

$j_c : 0.85$

P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$P_r : 0.07 \text{ kN}$



P_n : Resistencia nominal a compresión según la Sección C4.	P_n : 131.30 kN
j_{bx} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X.	j_{bx} : 0.95
M_{nx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.	M_{nx} : 1.13 kN·m
M_{nx} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1.	M_{nx} : 1.90 kN·m
j_{by} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y.	j_{by} : 0.95
M_{ny} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.	M_{ny} : 0.00 kN·m
M_{ny} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la Sección C3.1.	M_{ny} : 1.90 kN·m

Flexión combinada con cortante, axil y torsión - Comprobación de Von Mises (Comprobación adicional)

Ya que la norma no proporciona una comprobación general para secciones sometidas a torsión combinada con otros esfuerzos, se considera que este elemento debe cumplir, además, el siguiente criterio de rotura de Von Mises:

$$h: 0.782 \checkmark$$

$$h: 0.012 \checkmark$$

$$h: 0.612 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N57, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

f_a : Tensión normal debida a compresión, calculada utilizando el área de la sección bruta.

$$f_a: 0.17 \text{ MPa}$$

Donde:

P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$P_r: 0.07 \text{ kN}$$

A: Área de la sección bruta.

$$A: 3.81 \text{ cm}^2$$

Las tensiones utilizadas en esta comprobación se han calculado en el siguiente punto, en el cual se produce la combinación pésima de tensiones normales y tangenciales.

x: Coordenada X del punto de cálculo respecto al centro de gravedad.

$$x: -0.12 \text{ mm}$$

y: Coordenada Y del punto de cálculo respecto al centro de gravedad.

$$y: -25.49 \text{ mm}$$

f_{bx} : Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje X.

$$f_{bx}: 256.15 \text{ MPa}$$

Donde:



502
483

M_{Rx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.	M_{Rx} : 1.13 kN·m
I_x : Momento de inercia respecto al eje X.	I_x : 11.23 cm ⁴
f_{bx} : Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje Y.	f_{bx} : 0.00 MPa
Donde:	
M_{Ry} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.	M_{Ry} : 0.00 kN·m
I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.	I_y : 11.23 cm ⁴
f_{vx} : Tensión tangencial debida al esfuerzo cortante en la dirección del eje X.	f_{vx} : 0.00 MPa
f_{vy} : Tensión tangencial debida al esfuerzo cortante en la dirección del eje Y.	f_{vy} : 0.00 MPa
f_{tr} : Tensión tangencial debida a la torsión.	f_{tr} : 2.15 MPa
F_x : Resistencia a compresión de la sección.	F_x : 292.99 MPa
Donde:	
j_c : Factor de resistencia para compresión.	j_c : 0.85
F_a : Tensión crítica nominal de pandeo, calculada según el Capítulo C4.	F_a : 344.70 MPa
F_{bx} , F_{by} : Resistencia de la sección a flexión alrededor de los ejes X y Y, respectivamente.	F_{bx} : 327.75 MPa F_{by} : 327.75 MPa
Donde:	
j_b : Factor de resistencia para flexión.	j_b : 0.95
F_y : Límite elástico del acero.	F_y : 345.00 MPa
F_{vx} , F_{vy} : Resistencia de la sección a cortante en las direcciones X y Y, respectivamente.	F_{vx} : 179.27 MPa F_{vy} : 179.27 MPa
Donde:	
j_v : Factor de resistencia para cortante.	j_v : 0.90
F_y : Límite elástico del acero.	F_y : 345.00 MPa
F_{tr} : Resistencia a torsión de la sección.	F_{tr} : 179.27 MPa
Donde:	
j_{tr} : Factor de resistencia para torsión.	j_{tr} : 0.90
F_y : Límite elástico del acero.	F_y : 345.00 MPa



14.3 Chequeo baranda inferior o travesaño

Perfil: Tubing 1"

Material: Acero (A572 50ksi)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas											
Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_x^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(2)}$ (cm ⁴)								
N67	N66	0.857	1.07	0.75	0.75	1.49								
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.										
b	1.00	1.00	0.00	0.00										
L _x	0.857	0.857	0.000	0.000										
C _m	1.000	1.000	-	-										
C _b	-		1.000											
Notación:														
b: Coeficiente de pandeo														
L _x : Longitud de pandeo (m)														
C _m : Coeficiente de momentos														
C _b : Factor de modificación para el momento crítico														

COMPROBACIONES (ASD A-6.6-47, 2007)															
Barra	w / t	T	P	T _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x T _c	M _y T _c	M _x V _x	M _y V _y	MT	MP	TPT/MTV
N67/N66	x: 0.027 m w / t L (w / t) _{Comp} Cumple	N.P. ⁽¹⁾	x: 0.027 m h < 0.1	h = 1.3	N.P. ⁽²⁾	x: 0.027 m h = 8.4	h = 0.5	x: 0.83 m h < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 0.027 m h = 9.0	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.027 m h = 0.8	N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.027 m h = 9.0	x: 0.027 m h = 10.5
Notación: w / t: Limitaciones geométricas T: Resistencia a tracción P: Resistencia a compresión T _c : Resistencia a torsión M _x : Resistencia a flexión alrededor del eje X M _y : Resistencia a flexión alrededor del eje Y V _x : Resistencia a corte en la dirección del eje X V _y : Resistencia a corte en la dirección del eje Y M _x T _c : Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con torsión M _y T _c : Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con torsión M _x V _x : Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje X M _y V _y : Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje Y MT: Resistencia a flexión combinada con torsión MP: Resistencia a flexión combinada con compresión TPT/MTV: Flexión combinada con torsión, así y torsión - Comparación de Von Mises x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aproximadamente (h) N.P.: No procede															
Comparaciones que no proceden (N.P.): (1) La comparación no procede, ya que no hay señal de tracción. (2) La comparación no procede, ya que no hay momento flexión alrededor del eje X. (3) No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje X para ninguna combinación. Por lo tanto, la comparación no procede. (4) No hay interacción entre flexión y torsión en la dirección del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comparación no procede. (5) No hay interacción entre flexión y momento flexión para ninguna combinación. Por lo tanto, la comparación no procede.															

Limitaciones geométricas (B1)

Se debe satisfacer:

Donde:

D: Diámetro exterior del tubo circular.

t: Espesor.

$$D / t : 17.24 \checkmark$$

$$D : 25.00 \text{ mm}$$

$$t : 1.45 \text{ mm}$$

$$(D / t)_{\text{Máx}} : 259.49$$

Donde:

E: Módulo de Young.

F_y: Límite elástico del acero.

$$E : 203000.00 \text{ MPa}$$

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$



503
487

Resistencia a compresión (C4)

Se debe satisfacer:

$$b_c < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.027 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·Superdead.

Donde:

P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$P_r : 0.00 \text{ kN}$$

P_c : Resistencia de diseño a compresión.

$$P_c : 14.70 \text{ kN}$$

Donde:

ϕ_c : Factor de resistencia para compresión.

$$\phi_c : 0.85$$

$$P_n : 17.29 \text{ kN}$$

Donde:

A_e : Área eficaz de la sección de un tubo circular sometida a compresión.

$$A_e : 1.07 \text{ cm}^2$$

Donde:

$$R : 0.91$$

$$A_u : 1.07 \text{ cm}^2$$

Donde:

A : Área de la sección bruta.

$$A : 1.07 \text{ cm}^2$$

D : Diámetro exterior del tubo circular.

$$D : 25.00 \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : 1.45 \text{ mm}$$

Para

$$F_u : 161.16 \text{ MPa}$$

Donde:

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

$$l_c : 1.35$$

Donde:

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

$$F_c : 189.72 \text{ MPa}$$



F_c : Tensión elástica de pandeo a flexión calculada según la Sección C4.1.1.

C4.1.1 Secciones no sometidas a pandeo por torsión o por flexotorsión.

F_{crx} : Tensión crítica de pandeo, tomada como la menor de F_{ex} y F_{ey} .

F_{crx} : 189.72 MPa

Donde:

F_{ex} : 189.72 MPa

Donde:

r_x : 8.34 mm

Donde:

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

I_x : 0.75 cm⁴

A : Área de la sección bruta.

A : 1.07 cm²

E : Módulo de Young.

E : 203000.00 MPa

K_x : Factor de longitud eficaz para el eje X.

K_x : 1.07

L : Longitud de la barra.

L : 0.803 m

F_{ey} : 189.72 MPa

Donde:

r_y : 8.34 mm

Donde:

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.

I_y : 0.75 cm⁴

A : Área de la sección bruta.

A : 1.07 cm²

E : Módulo de Young.

E : 203000.00 MPa

K_y : Factor de longitud eficaz para el eje Y.

K_y : 1.07

L : Longitud de la barra.

L : 0.803 m

Resistencia a torsión (Comprobación adicional)

Se debe satisfacer:

h_{tr} : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

T_{rr} : Resistencia requerida a torsión, utilizando las combinaciones de carga LRFD.

T_{rr} : 0.00 kN·m

T_r : Resistencia de diseño a torsión.

T_r : 0.22 kN·m

Donde:

ϕ_{tr} : Factor de resistencia para torsión, tomado de AISC-05.

ϕ_{tr} : 0.90

T_n : Resistencia nominal a torsión.



504
485

$$T_{ra} : 0.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

C: Módulo resistente a torsión.

$$C : 1.19 \text{ cm}^3$$

Donde:

r_2 : Radio exterior del tubo circular.

$$r_2 : 12.50 \text{ mm}$$

r_1 : Radio interior del tubo circular.

$$r_1 : 11.05 \text{ mm}$$

$$F_u : 207.00 \text{ MPa}$$

Donde:

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : 345.00 \text{ MPa}$$

Resistencia a flexión alrededor del eje Y (C3.1)

Se debe satisfacer:

$$h_b : 0.084 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.027 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

M_r : Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$$M_r : 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_c : Resistencia de diseño a flexión.

$$M_c : 0.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

J_b : Factor de resistencia para flexión.

$$J_b : 0.95$$

M_n : La resistencia a flexión nominal se calcula según el Apartado C3.1.3.

$$M_n : 0.26 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

C3.1.3 Flexión.

$$M_n : 0.26 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

(a) Para

$$F_c : 431.25 \text{ MPa}$$

Donde:

D: Diámetro exterior del tubo circular.

$$D : 25.00 \text{ mm}$$

t: Espesor.

$$t : 1.45 \text{ mm}$$



E: Módulo de Young.
Fy: Límite elástico del acero.

E : 203000.00 MPa
Fy : 345.00 MPa

Sr : 0.60 cm³

Donde:

I: Momento de inercia.
r: Radio de la sección circular.

I : 0.75 cm⁴
r : 12.50 mm

Resistencia a corte en la dirección del eje X (C3.2)

Se debe satisfacer:

hv : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

Vr: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD.

Vr : 0.05 kN

Vc: Resistencia de diseño a cortante.

Vc : 9.33 kN

Donde:

fv: Factor de resistencia para cortante.

fv : 0.90

Vn: Resistencia nominal a corte, calculada según el Capítulo G-6 ANSI/AISC 360-05 (LRFD), ya que la norma AISI S100-07 (2007) no contempla esta comprobación para tubos cilíndricos.

Vn : 10.37 kN

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

Vn : 10.37 kN

Donde:

Fcr: Tensión crítica, tomada como el mayor de los siguientes valores:

Fcr : 207.00 MPa

Fcr : 1489.52 MPa

Donde:

E: Módulo de Young.

E : 203000.00 MPa

Lv: La distancia entre los puntos de cortante máximo y cortante cero, tomada, de forma conservadora, como la longitud de la viga.

Lv : 803.26 mm

D: Diámetro exterior del tubo circular.

D : 25.00 mm

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal.

t : 1.35 mm



305
486

$F_{cr} : 1983.61 \text{ MPa}$

Donde:

E: Módulo de Young.

$E : 203000.00 \text{ MPa}$

D: Diámetro exterior del tubo circular.

$D : 25.00 \text{ mm}$

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal.

$t : 1.35 \text{ mm}$

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

$A : 1.00 \text{ cm}^2$

Resistencia a corte en la dirección del eje Y (C3.2)

Se debe satisfacer:

$h_v < 0.001 \quad \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.830 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·Superdead.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$V_r : 0.00 \text{ kN}$

V_c : Resistencia de diseño a cortante.

$V_c : 9.33 \text{ kN}$

Donde:

j_v : Factor de resistencia para cortante.

$j_v : 0.90$

V_n : Resistencia nominal a corte, calculada según el Capítulo G-6 ANSI/AISC 360-05 (LRFD), ya que la norma AISI S100-07 (2007) no contempla esta comprobación para tubos cilíndricos.

$V_n : 10.37 \text{ kN}$

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

$V_n : 10.37 \text{ kN}$

Donde:

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

$F_{cr} : 207.00 \text{ MPa}$

$F_{cr} : 1489.52 \text{ MPa}$

Donde:

E: Módulo de Young.

$E : 203000.00 \text{ MPa}$

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

$L_v : 803.26 \text{ mm}$

D: Diámetro exterior del tubo circular.

$D : 25.00 \text{ mm}$

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal.

$t : 1.35 \text{ mm}$



$F_{cr} : 1983.61 \text{ MPa}$

Donde:

E: Módulo de Young.

$E : 203000.00 \text{ MPa}$

D: Diámetro exterior del tubo circular.

$D : 25.00 \text{ mm}$

t: Espesor de cálculo de la pared, tomada como 0.93 veces el espesor nominal.

$t : 1.35 \text{ mm}$

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

$A : 1.00 \text{ cm}^2$

Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con torsión (C3.6)

Se debe satisfacer:

$h_B : 0.090 \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.027 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

M_r : Resistencia requerida para flexión positiva.

$M_r : 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$

M_c : Resistencia de diseño a flexión, según C3.1.

$M_c : 0.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$

R: Factor de reducción de resistencia debido a la torsión.

$R : 0.94$

Donde:

Las tensiones utilizadas en esta comprobación se han calculado en el siguiente punto, en el cual se produce la combinación pésima de tensiones normales y tangenciales.

x: Coordenada X del punto de cálculo respecto al centro de gravedad.

$x : 12.50 \text{ mm}$

y: Coordenada Y del punto de cálculo respecto al centro de gravedad.

$y : 0.07 \text{ mm}$

f_{by} : Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje Y.

$f_{by} : -34.47 \text{ MPa}$

Donde:

M_{ry} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

$M_{ry} : 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.

$I_y : 0.75 \text{ cm}^4$

f_{tr} : Tensión tangencial debida a la torsión.

$f_{tr} : 2.30 \text{ MPa}$

Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje X (C3.3)

Se debe satisfacer:

$h : 0.003 \checkmark$



506
487

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.027 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

$h : 0.008$

Donde:

R : Factor de reducción de resistencia debido a la torsión, calculado según C3.6.

$R : 0.94$

M_y : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

$M_y : 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$

M_y : Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje Y.

$M_y : 0.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$

V_x : Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje X para las combinaciones de carga LRFD.

$V_x : 0.05 \text{ kN}$

V_x : Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje X.

$V_x : 9.33 \text{ kN}$

Resistencia a flexión combinada con compresión (C5.2.2)

(b) Se debe satisfacer el siguiente criterio si

$h : 0.090 \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.027 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

R_x : Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje X debido a la torsión, calculado según C3.6.

$R_x : 1.00$

R_y : Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje Y debido a la torsión, calculado según C3.6.

$R_y : 0.94$

j_c : Factor de resistencia para compresión.

$j_c : 0.85$

P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD.

$P_r : 0.00 \text{ kN}$

P_n : Resistencia nominal a compresión según la Sección C4.

$P_n : 17.29 \text{ kN}$

j_{bx} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X.

$j_{bx} : 0.95$

M_{rx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

$M_{rx} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

M_{nx} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1.

$M_{nx} : 0.26 \text{ kN}\cdot\text{m}$

j_{by} : Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y.

$j_{by} : 0.95$

M_{ry} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

$M_{ry} : 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$



M_{ay} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la Sección C3.1.

M_{ay} : 0.26 kN·m

Flexión combinada con cortante, axil y torsión - Comprobación de Von Mises (Comprobación adicional)

Ya que la norma no proporciona una comprobación general para secciones sometidas a torsión combinada con otros esfuerzos, se considera que este elemento debe cumplir, además, el siguiente criterio de rotura de Von Mises:

h : 0.105 ✓

h : 0.013 ✓

h : 0.011 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.027 m del nudo N67, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·Superdead+1.6·Live_cubierta.

Donde:

f_c : Tensión normal debida a compresión, calculada utilizando el área de la sección bruta.

f_c : 0.01 MPa

Donde:

P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD.

P_r : 0.00 kN

A : Área de la sección bruta.

A : 1.07 cm²

Las tensiones utilizadas en esta comprobación se han calculado en el siguiente punto, en el cual se produce la combinación pésima de tensiones normales y tangenciales.

x : Coordenada X del punto de cálculo respecto al centro de gravedad.

x : -12.50 mm

y : Coordenada Y del punto de cálculo respecto al centro de gravedad.

y : 0.07 mm

f_{bx} : Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje X.

f_{bx} : 0.00 MPa

Donde:

M_{tx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD.

M_{tx} : 0.00 kN·m

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

I_x : 0.75 cm⁴

f_{by} : Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje Y.

f_{by} : 34.47 MPa

Donde:

M_{ty} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.

M_{ty} : 0.02 kN·m

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y.

I_y : 0.75 cm⁴



507
488

f_{vx} : Tensión tangencial debida al esfuerzo cortante en la dirección del eje X.
 f_{vy} : Tensión tangencial debida al esfuerzo cortante en la dirección del eje Y.
 f_{tr} : Tensión tangencial debida a la torsión.
 F_a : Resistencia a compresión de la sección.

f_{vx} : 0.00 MPa
 f_{vy} : 0.07 MPa
 f_{tr} : 2.30 MPa

F_a : 136.99 MPa

Donde:

j_c : Factor de resistencia para compresión.

j_c : 0.85

F_a : Tensión crítica nominal de pandeo, calculada según el Capítulo C4.

F_a : 161.16 MPa

F_{bx} , F_{by} : Resistencia de la sección a flexión alrededor de los ejes X y Y, respectivamente.

F_{bx} : 327.75 MPa

F_{by} : 327.75 MPa

Donde:

j_b : Factor de resistencia para flexión.

j_b : 0.95

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 345.00 MPa

F_{vx} , F_{vy} : Resistencia de la sección a cortante en las direcciones X y Y, respectivamente.

F_{vx} : 179.27 MPa

F_{vy} : 179.27 MPa

Donde:

j_v : Factor de resistencia para cortante.

j_v : 0.90

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 345.00 MPa

F_{tr} : Resistencia a torsión de la sección.

F_{tr} : 179.27 MPa

Donde:

j_{tr} : Factor de resistencia para torsión.

j_{tr} : 0.90

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 345.00 MPa

14.4 Placa base Barandas y pasamanos

• Material

Acero A572 Gr.50
Hormigón 3000 psi

ombre Placa barandas

Descripción

Análisis Tensión, deformación/ Carga simplificada

Normativa de cálculo AISC - LRFD 2016

• Elementos estructurales

Nombre	Sección transversal	β - Dirección [°]	γ - Inclinação [°]	α - Rotación [°]	Desplazamiento e_x [mm]	Desplazamiento e_y [mm]	Desplazamiento e_z [mm]	Fuerzas en
M1	2 - CHS51,2.5	0.0	-90.0	0.0	0	0	0	Nodo



• Secciones

Nombre	Material
2 - CHS51,2.5	A572 Gr.50

• Anclajes

Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [mm]	f_u [MPa]	Área bruta [mm ²]
3/8 F1554 Gr.36	3/8 F1554 Gr.36	9.5	400.0	71

• Cargas (No se requiere el equilibrio)

Nombre	Elemento	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
LE1	M1	-0.1	0.0	-1.7	0.0	1.1	0.0

• Resumen

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	OK
Placas	0.1 < 5.0%	OK
Anclajes	55.7 < 100%	OK
Soldaduras	78.9 < 100%	OK
Bloque de hormigón	11.1 < 100%	OK
Cortante	27.2 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	

• Placas

Nombre	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{Ed} [MPa]	Estado de la verificación
M1	344.7	2.5	LE1	266.0	0.0	0.0	OK
BP1	344.7	6.4	LE1	310.4	0.1	0.0	OK

• Datos de diseño

Material	f_y	E_{lim}
----------	-------	-----------

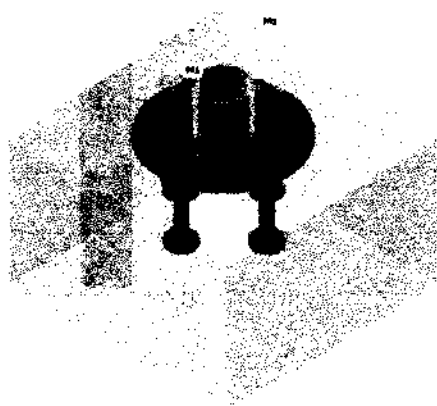


508
489

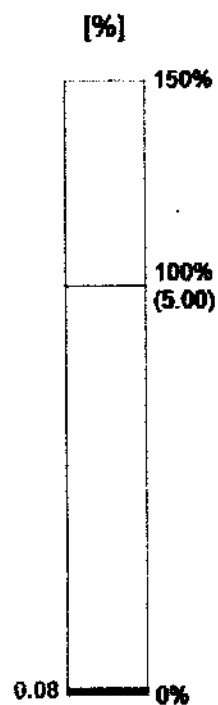
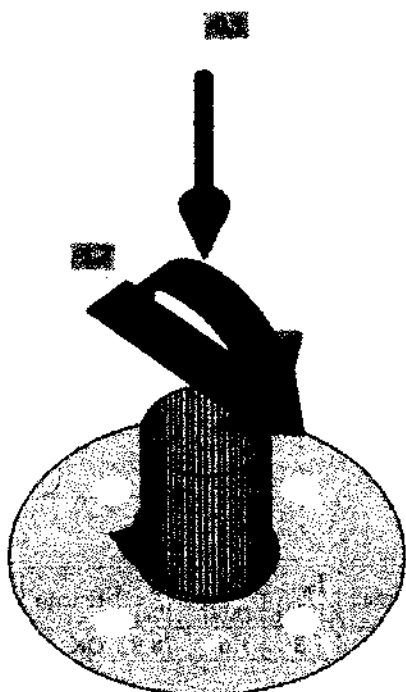
	[MPa]	[%]
A572 Gr.50	344.7	5.0

- Explicación del símbolo

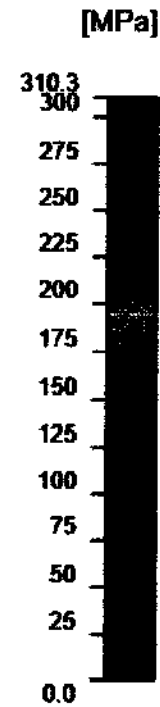
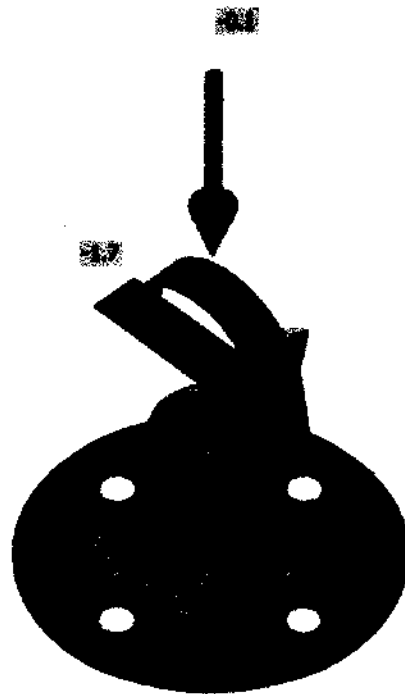
- ϵ_{py} Deformación plástica
 σ_{Ced} Tensiones de Contacto
 σ_{Ed} Ec. tensión
 f_y Límite elástico
 ϵ_{lim} Límite de la deformación plástica



Verificación general, LE1



Verificación de deformación, LE1



Tensión equivalente, LE1

• Anclajes

Forma	Ítem	Cargas	N_t [kN]
	A1	LE1	4.3
	A2	LE1	14.3
	A3	LE1	4.3
	A4	LE1	0.0

Datos de diseño

Calidad	ϕN_{as} [kN]	ϕV_{as} [kN]
3/8 F1554 Gr.36 - 1	16	8

• Weld sections

Ítem	Borde	Xu	T_h [mm]	L_s [mm]	L [mm]	L_c [mm]	Cargas	F_u [kN]	ϕR_n [kN]	Ut [%]	Estado
BP1	M1	E70xx	2.1	3.0	152	2	LE1	1.3	1.6	78.9	OK

• Explicación del símbolo

T_h Espesor de garganta de soldadura



809
490

L_s	Tamaño de la soldadura
L	Longitud de la soldadura
L_c	Longitud del elemento crítico de la soldadura
F_u	Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
ϕR_n	Resistencia de la soldadura, AISC 360-10 J2.4
U_t	Utilización

15. RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN

- Se deben cumplir los requisitos de calidad, mezclado y colocación estipulados en la NSR-10 en los capítulos C.3 y C.5.
- Se debe garantizar el anclaje entre el concreto ciclópeo y la Zapata, ya que el concreto ciclópeo funciona como contrapeso de la zapata.
- Los tiempos de excavación, fundida y relleno deben ser los menores posibles disponer de las herramientas y equipo para esa labor.
- Para la colocación de aceros de vigas de cimentación se debe antes colocar un solado de limpieza para evitar la contaminación del acero con el suelo
- El material excavado se debe disponer a una distancia de por lo menos la altura de la excavación.
- Si la construcción coincide con épocas de lluvias se podrán realizar zanjas y filtros temporales para captar el agua de escorrentía y las de infiltración.
- Se debe garantizar el retiro total de cualquier tipo de escombros, o con contenido de materia orgánica.

16. CONCLUSIONES

- Con el sistema estructural propuesto y las dimensiones de los elementos estructurales dados, se cumple todos los requisitos de desplazamientos y derivas dados en la NSR10.
- Se debe garantizar el anclaje entre el concreto ciclópeo y la Zapata, ya que el concreto ciclópeo funciona como contrapeso de la zapata.
- Las cargas en consideración para el diseño son producto del peso propio de estructura (carga muerta), las cargas debido a su funcionamiento que no se encuentran de forma permanente (carga viva), las fuerzas impuestas por la posible ocurrencia de un sismo y las cargas producto de fuerzas naturales como el viento
- Para determinar las fuerzas horizontales debidas ante la posible ocurrencia de sismos se determina el espectro de diseño que, de acuerdo con el estudio de suelos entregado, el suelo corresponde a un perfil de suelo tipo E acorde a la clasificación de la NSR-10.
- Los perfiles laminados con $F_y=350$ MPa (50Ksi)

