MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL Y GEOTÉCNICO

IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS CON FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA PARA USUARIOS EN ZONAS RURALES DE GUACHALITO, MUNICIPIO DE NUQUÍ DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ

Guerdy Alejandra Mendoza Rojas

Nombre: Guerdy Alejandra Mendoza Rojas
Ing. Civil. Esp. MSc.

A	03/12/2024	EMISIÓN PARA REVISIÓN	G. MENDOZA	G. MENDOZA	G. MENDOZA	G. MENDOZA
REVISIÓN Revision	**FECHA DE REVISIÓN** Revision Date	**DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN** Revision Description	**PREPARÓ** Prepared by	**CHEQUEÓ** Checked by	**APROBÓ** Approved by	**AUTORIZÓ** Authorized by

1. ALCANCE

En el marco de la misionalidad del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas-IPSE, en cuanto a promover la transformación del país hacia un futuro energético sostenible y equitativo, a través del diseño, estructuración e implementación de proyectos energéticos sostenibles, se presenta este informe, el cual contiene el procedimiento para el análisis y diseño de las diferentes estructuras requeridas en la solución energética planteada en el sector de Guachalito del corregimiento de Coquí, municipio de Nuquí, departamento del Chocó.

El diseño abarca las estructuras de soporte para los paneles solares, el cuarto de equipos y el cerramiento incluyendo las superestructuras, cimentaciones, detalles de conexiones, y obras de manejo de aguas lluvias.

Con el análisis de las cargas actuantes, la definición de los materiales a emplear, la geometría de la estructura se procede a su modelación matemática mediante el uso del software SAP2000.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

2.1 DOCUMENTOS RECIBIDOS PARA MODELAMIENTO Y DISEÑO

- TRINA-VERTEX-645-670W-FICHA-TECNICA-EN.pdf
- INFORME GEOTÉCNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA MEDIANTE EL SISTEMA HÍBRIDO CORREGIMIENTO DE COQUÍ.pdf

2.2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Tabla 1. Códigos de diseño.

NSR-10	Reglamento Colombiano de Diseño y Construcción Sismo Resistente
NTC	Normas Técnicas Colombianas, NTC (121, 321, 174, 3459, 2289, 1925, 2310, 161, 1920)
ASCE 7-22	Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures
AIS 180-13	Recomendaciones para requisistos sísmicos de estructuras diferentes de edificaciones
AISC 360-22	Specification for Structural Steel Buildings
AISC 341-10	Seismic Provisions for Structural Steel Buildings
AISC 358-16	Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications
ACI 318-19	Building Code Requirements for Concrete and Commentary
AWS D1.1-20	Structural Welding Code – Steel
	Demás disposiciones indicadas en los planos

3. INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Se cuenta con la siguiente información de la zona de estudio:

Tabla 2. Parámetros sísmicos.

PARÁMETROS SÍSMICOS	
Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva (Aa)	0.45
Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva (Av)	0.40
Nivel de amenaza sísmica	Alta
Perfil de suelo [1]	D

4. UNIDADES DE MEDIDA

Los diseños y cálculos serán desarrollados usando las siguientes Unidades:

- Longitud:	Metro	m
	Milímetro	mm
- Área:	Metro cuadrado	m^2
	Milímetro cuadrado	mm^2
- Volumen:	Metro cúbico	m^3
	Milímetro cúbico	mm^3
- Fuerza:	Kilo Newton	kN
- Masa:	Kiligramo	kg
- Presión:	Kilo Pascal	kPa
	Mega Pascal	MPa
- Peso específico:	Kilo Newton/metro cúbico	kN/m^3

- [1] De acuerdo con el estudio de suelos de referencia: INFORME GEOTÉCNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA MEDIANTE EL SISTEMA HÍBRIDO CORREGIMIENTO DE COQUÍ.pdf

5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

5.1 CONCRETO

Tabla 3. Valores considerados en el diseño de las cimentaciones

Elementos	Resistencia (f'c) [MPa]	Módulo de Elasticidad E[MPa]
Cimentación	28.0	24870.0

5.2 ACERO DE REFUERZO

- Acero liso y trefilado, con Límite de Fluencia fy = 240 MPa
- Acero corrugado, Grado 60, con Límite de Fluencia fy = 420 MPa para todos los diámetros,NTC 2289 (ASTM A-706).
- Malla acero corrugado para todos los diámetros, con límite de Fluencia fy=485 MPa.

Tabla 4. Valores considerados para el refuerzo de las cimentaciones

Elemento	Acero	fyk (MPa)	gs
Todos	Grade 60	412	1.00

5.3 ACERO DE PLATINAS

- Acero ASTM A 36

5.4 ACERO DE PERNOS DE ANCLAJE

- Acero F1554 GR 36

5.5 ACERO DE PERNOS DE CONEXIONES METÁLICAS

- Acero ASTM A 325

5.6 ACERO DE PERFILES LAMINADOS EN FRIO (PHR)

- Acero ASTM A 653 GR 50

5.7 ACERO DE PERFILES TUBULARES RECTANGULARES (PTR-PTC)

- Acero ASTM A 500 GR C

6. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y DEL SISTEMA DE RESISTENCIA

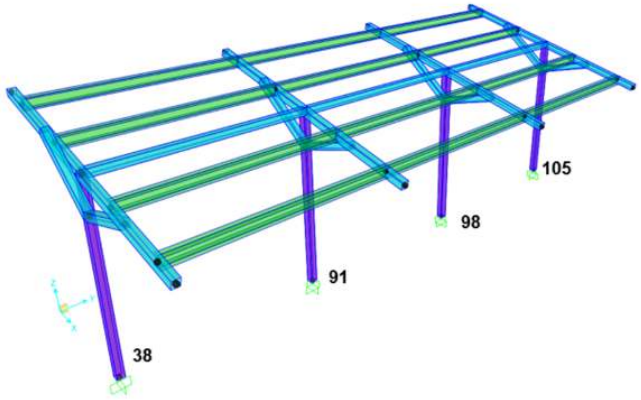
6.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE DE PANELES SOLARES

La estructura de soporte para los paneles solares consiste en un sistema de pórticos de la siguiente manera:

- Columnas: PTC 150x150x4.0 mm
- Vigas principales, secundarias y arriostramientos: PTR 150x150x 2.0 mm

- Correas: PHR Doble C 203x67x3.0 mm

Figura 1. Modelo esquemático de la estructura (numeración nodos base).



El sistema de resistencia ante cargas verticales se basa en la transmisión de cargas desde los paneles solares hacia las correas, luego a las vigas secundarias y principales y finalmente a las columnas, que transfieren las cargas a la cimentación.

6.1.1 Niveles

Figura 2. Alzado transversal estructura de soporte de paneles fotovoltaicos

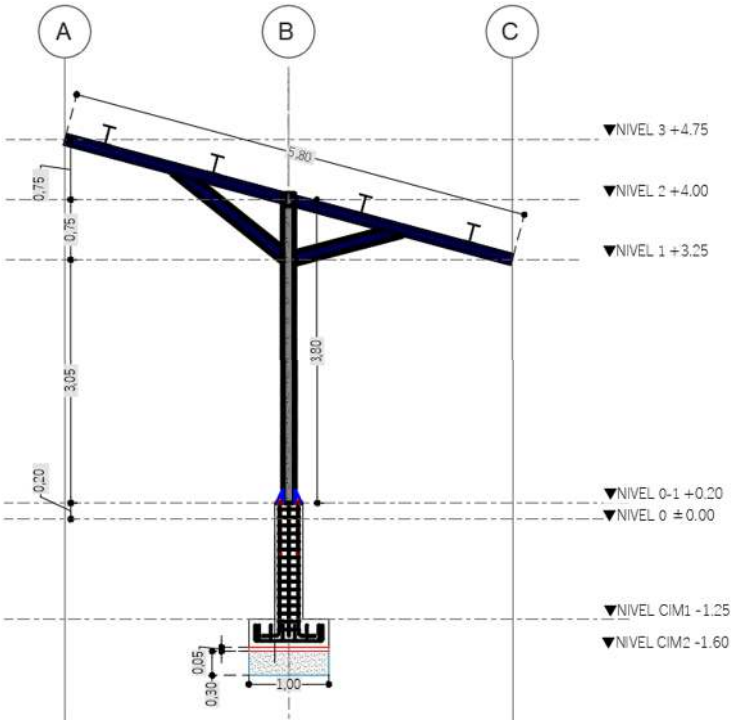


Tabla 5. Niveles de la estructura.

Grupo	Nombre del grupo	Cota Absoluta (m)
2	Altura media	4.00
1	Terreno	0.00
0	Cimentación	-1.60

Para el caso del presente proyecto, se denomina “Cimentación” el nivel de desplante sugerida, sujeta a verificación con resultados del estudio de suelos.

6.1.2 Cimentación

La cimentación consiste en zapatas aisladas de concreto reforzado con resistencia f’c= 28 MPa, con dimensiones de 1.00x1.00x0.35 m. Las zapatas están conectadas a pedestales de 0.35x0.35 m que se extienden hasta el nivel del terreno y sobresalen 0.20 m.

El sistema de cimentación está diseñado para transferir tanto las cargas verticales como las fuerzas laterales al suelo, proporcionando estabilidad y resistencia al volcamiento.

6.1.3 Conexiones

Conexiones viga-columna:

Las conexiones entre vigas principales (PTR 150x150x2.0 mm) y columnas (PTR 150x150x4.0 mm) se diseñan como conexiones rígidas para proporcionar continuidad estructural y resistencia a momentos. Para estas conexiones utilizan placas de acero soldadas y/o pernos de alta resistencia para garantizar la transferencia efectiva de fuerzas y momentos.

Conexiones viga principal-viga secundaria:

Las vigas secundarias (PTR 150x150x2.0 mm) se conectan a las vigas principales mediante conexiones simples mediante placas de corte soldadas y atornilladas para transferir las fuerzas cortantes.

Conexiones correas-vigas:

Las correas (PHR Doble C 220x80x3.0 mm) se conectan a las vigas principales mediante conexiones tipo porta-correas consistentes en placas de corte soldadas y atornilladas para transferir las fuerzas cortantes.

Conexiones de los paneles solares:

Los paneles solares se fijan a las correas mediante conexiones especializadas en aluminio anodizado con tornillos autoperforantes y arandelas en neopreno para evitar el par galvánico entre el aluminio y el acero de las correas.

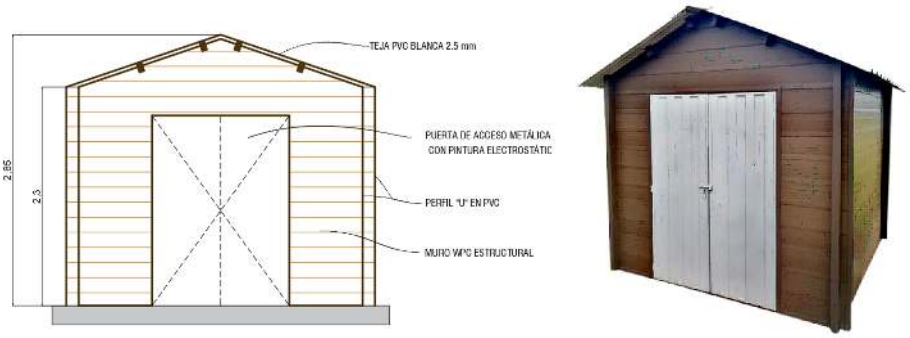
Conexiones en la base de las columnas:

La unión entre columnas y cimentación, se realiza mediante placas base de acero de 300x300x9.5 mm, ancladas al concreto con pernos de alta resistencia.

6.2 CUARTO DE EQUIPOS

El almacenamiento de equipos eléctricos tales como baterías, inversores, gabinetes etc., se hará dentro de una envolvente compuesta por muros hechos en paneles de WPC (wood plastic composite) y teja termoacústica en PVC. Esta estructura y todos los equipos dentro de ella se apoyan sobre una placa de cimentación en concreto reforzado con resistencia f'c= 28 MPa.

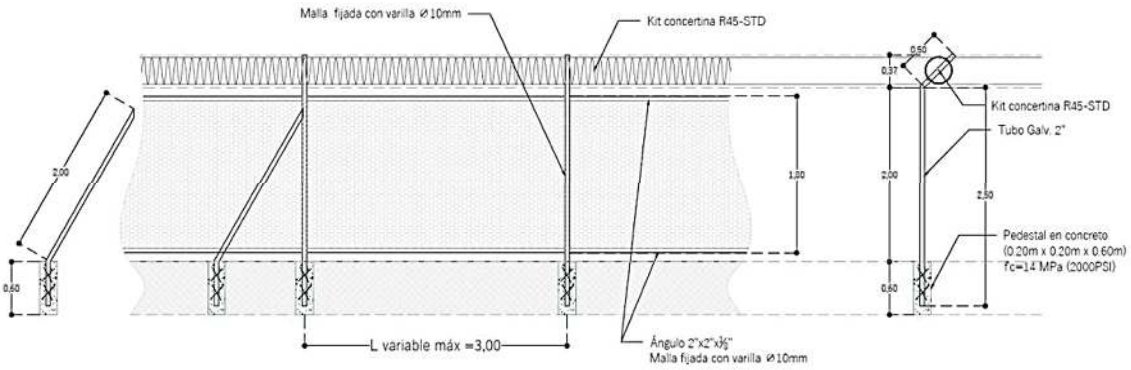
Figura 3. Esquema del cuarto eléctrico.



6.3 CERRAMIENTO

El cerramiento perimetral, aunque no es un elemento estructural principal, se diseña para resistir cargas de viento y proporcionar seguridad. Consiste en postes metálicos galvanizados anclados a pedestales de concreto, con malla eslabonada y concertina en la parte superior.

Figura 4. Detalle típico del cerramiento.



7.EVALUACIÓN DE CARGAS

Este sistema estructural ha sido diseñado considerando las cargas vivas, muertas, de viento y sísmicas según lo estipulado en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, asegurando la estabilidad y seguridad de la instalación. Para resistir cargas laterales (viento y sismo), la estructura utiliza un sistema de pórticos resistentes a momento en ambas direcciones.

7.1 CARGA MUERTA (D)

Corresponde a las solicitaciones transmitidas por el peso propio de la estructura, y por el peso de todoslos materiales permanentemente fijados a esta o soportados por la misma. Los elementos de concreto,aluminio y acero fueron automáticamente generados por el programa de análisis a partir de la geometría y propiedades asignadas.

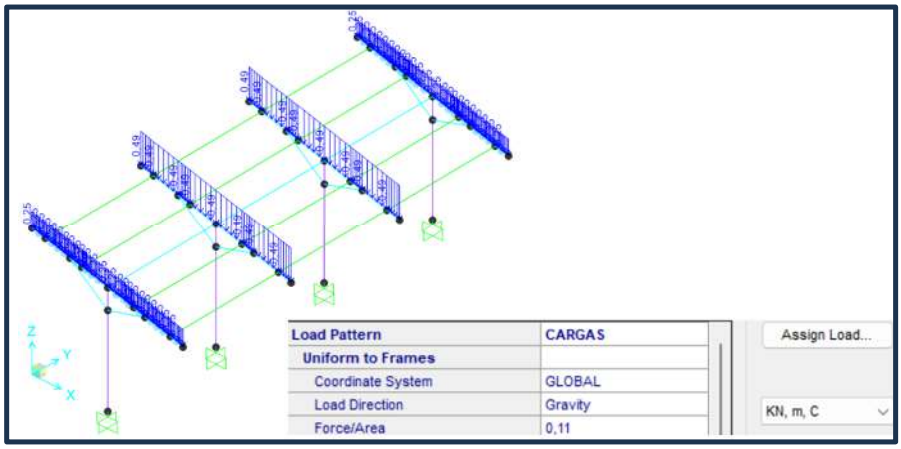
7.1.1 Carga muerta en cubierta

La carga muerta asignada en cubierta es de 0.11 kN/m^2, correspondiente al peso del módulo de paneles solares sobre la estructura:

MECHANICAL DATA	
Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×35 mm (93.86×51.30×1.38 inches)
Weight	33.6 kg (74.1 lb)

Fuente: Ficha técnica TRINA-VERTEX-645-670W.

Figura 5. Asignación de carga muerta.



7.2 CARGA VIVA DE CUBIERTA (LR)

Corresponde a las solicitaciones transmitidas por la ocupación y uso de la estructura de cubierta. Estacarga se evaluó teniendo en cuenta el tipo de cubierta para la estructura y según ancho aferente (m) para cada correa.

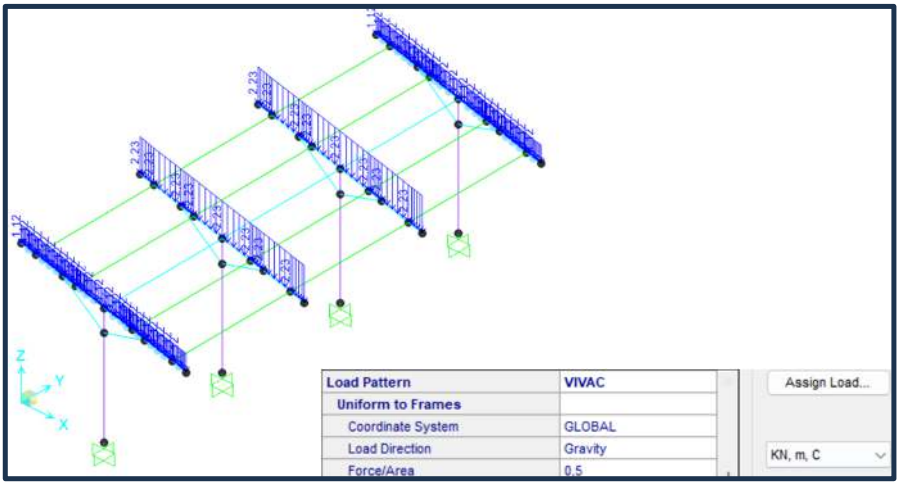
Tabla B.4.2.1-2

Cargas vivas mínimas en cubiertas, azoteas y terrazas

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m²) m² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m²) m² de área en planta
(A) Cubiertas, azoteas y terrazas planas con acceso totalmente limitado al personal de mantenimiento y a través de un acceso (puerta, reja, o trampa) que permanezca siempre cerrada con llave, u otro elemento de seguridad equivalente, que esté bajo custodia y responsabilidad del propietario del inmueble o de su administrador. Esta limitación debe quedar consignada en el reglamento de copropiedad cuando se trata de copropiedades. Cualquier modificación a este tipo de acceso requiere licencia de construcción y constituirá un cambio de uso con las implicaciones correspondientes.	1.80	180
(B) Cubiertas, azoteas y terrazas a las cuales haya acceso al público o los usuarios de la edificación sin restricción (véanse las Notas 2 y 3)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
(C) Cubiertas, azoteas y terrazas con acceso únicamente desde un bien privado según la licencia de construcción y el reglamento de copropiedad (véanse las Notas 2 y 3)	La misma correspondiente en la Tabla B.4.2.1-1 del espacio desde el cual se les da acceso (Nota-4)	La misma correspondiente en la Tabla B.4.2.1-1 del espacio desde el cual se les da acceso (Nota-4)
(D) Cubiertas, azoteas y terrazas autorizadas en la licencia de construcción y el reglamento de copropiedad como elementos comunales recreativos, o como jardines comunales de cubierta, o para reuniones públicas o privadas (véanse las Notas 2 y 3)	5.00	500
(E) Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
(F) Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada y sin posibilidad alguna de acceso a personas diferentes del personal de mantenimiento	0.50	50

Fuente: NSR-10.

Figura 6. Asignación de carga viva de cubierta.



7.3 CARGA VIVA DE VIENTO (W)

La carga de viento se evalúa con método analítico para presiones de viento producidas sobre una estructura de este tipo según el título B.6 de la NSR 10. Conservadoramente, se analiza la estructura para una región 5 con una velocidad del viento de 130 km/h.

a) ***CALCULO DE VELOCIDAD DEL VIENTO***

Según la FIG BB.6.4-1 NSR-10 V= 130 km/h

CALCULO DEL FACTOR Kd

TIPO DE ESTRUCTURA	Factor de direccionalidad del viento Kd
Edificios	
Sistema principal de resistencia de cargas de viento	0.85
Componentes y recubrimientos	0.85
Cubiertas aAbovedadas	0.85
Chimeneas, Tanques y estructuras similares	
Cuadradas	0.9
Hexagonales	0.95
Redondas	0.95
Avisos sólidos	0.85
Avisos abiertos ty estructura rectangular	0.85
Torres en celosia	
Triangular, cuadrda y rectangular	0.85
Todas las otras secciones transversales	0.95

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

Kd= 0.95

b) ***CALCULO DEL FACTOR DE IMPORTANCIA***

CATEGORIA	Regiones no propensas a huracanes, y regiones con posibilidad de huracanes de V = 40 – 45 m/s	Regiones con posibilidades de huracanes y V > 45 m/s
I	0.87	0.77
II	1	1
III	1.15	1.15
IV	1.15	1.15

I= 1.15

c) ***CALCULO DEL FACTOR Kz***

RUGOSIDAD	CARACTERÍSTICAS
B	Áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas u otros terrenos con numerosas obstrucciones del tamaño, iguales o mayores al de una vivienda unifamiliar y con poca separación entre ellas.
C	Terreno abierto con pocas obstrucciones y con alturas inferiores a 9.0 m. Esta categoría incluye campos planos abiertos, praderas y todas las superficies acuáticas en zonas propensas a huracanes.
D	Áreas planas y no obstruidas y superficies acuáticas por fuera de regiones propensas a huracanes. Esta categoría incluye pantanos, salinas y superficies de hielo.

RUGOSIDAD C

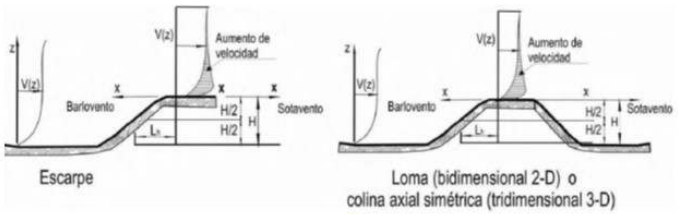
RUGOSIDAD	CARACTERÍSTICAS
B	La categoría de exposición B aplica cuando la rugosidad del terreno, como se define en Rugosidad de Terreno B, prevalece por una distancia de al menos 800 m o 20 veces la altura del edificio, la que sea mayor, en la dirección al viento.
C	La categoría de exposición C aplicará para todos los casos donde no apliquen las categorías B y D.
D	La categoría de exposición D aplica cuando la rugosidad del terreno, como se define en Rugosidad de Terreno D, prevalece por una distancia mayor a 1500 m o 20 veces la altura del edificio, la que sea mayor, en la dirección de barlovento. La categoría de exposición D se extenderá hacia las áreas viento abajo de las Rugosidades de Terreno B o C por una distancia de 200 m o 20 veces la altura de la

EXPOSICION C

d) ***CALCULO DEL FACTOR TOPOGRÁFICO Kzt***

Aumento de velocidad sobre Colinas o Escarpes — Se deben incluir en el diseño los efectos de aumento de velocidad del viento sobre colinas aisladas, o escarpes, que constituyan cambios abruptos en la topografía general. Los edificios, las condiciones del sitio y la localización deben cumplir todas las siguientes condiciones:

(a) Que la colina, o escarpe esté aislada y sin obstrucciones en barlovento, por otros accidentes topográficos de altura cercana a 100 veces su altura (100H) o 3 km, la que sea menor. La distancia se debe medir horizontalmente del punto desde el cual la altura H de la loma, colina o escarpe se mide.
(b) Que la colina, o escarpe sobresalga por encima del terreno viento arriba por un factor de 2 o más, dentro de un radio de 3 km.
(c) Que la estructura esté localizada en la mitad superior de la colina o cerca de la cresta del escarpe, como se muestra en la fig. B.6.5-1.
(d) Que H Lh ≥ 0.2 .
(e) H es mayor o igual a 4.5 m para la Exposición C y D y 18 m para la Exposición B.



Kzt= 1.00

e) Efecto Ráfaga:	
Altura equivalente de la estructura (z) [m]	4.5
Factor de intensidad de turbulencia (c)	0.20
Intensidad de turbulencia (Iz)	0.23
Factor g_Q y g_v	3.40
Dimensión horizontal crítica (B) [m]	13.4
Factor de escala de longitud integral (l)	152.40
Exponente para la escala de longitud integral (ε)	1/5
Longitud integral a escala de la turbulencia (Lz) [m]	129.91
Factor de respuesta del entorno (Q)	0.92
Factor efecto ráfaga (G)	**0.88**

EDIFICIO RIGIDO
Estructuras Flexibles o Dinámicamente Sensibles

Exposicion	a	Zg (m)	â	Б	ά	б	c	ℓ (m)	έ	Zmin (m)
B	7	365.8	0.143	0.84	0.250	0.45	0.300	97.5	0.333	9.000
C	9.5	274.3	0.105	1	0.154	0.65	0.200	152.4	0.200	4.500
D	11.5	213.4	0.087	1.07	0.111	0.8	0.150	198.1	0.125	2.000

a	Zg (m)	â	Б	ά	б	c	ℓ (m)	έ	Zmin (m)
9.5	274.3	0.1052632	1	0.153846154	0.65	0.2	152.4	0.2	4.5

f) ***CLASIFICACIÓN DEL CERRAMIENTO***

Edificio abierto — Un edificio con aberturas de al menos 80% del área en cada una de las paredes que conforman el cerramiento del edificio (fachadas y cubiertas).

Edificio cerrado — Un edificio que no cumpla los requerimientos de edificios abiertos o parcialmente cerrados.

Edificio parcialmente cerrado — Un edificio que cumpla las siguientes condiciones:

(a) El área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva excede por más de 10% a la suma de las áreas de aberturas en el área restante del revestimiento del edificio (paredes y cubierta).
(b) El área total de aberturas en una pared que soporta cargas positivas, excede de 0.37 m2 o 1% del área de esa pared (la que sea menor), y el porcentaje de aberturas en el área restante del revestimiento del edificio no excede 20%.

El edificio es ABIERTO

g) ***COEFICIENTE DE PRESION INTERNA***

Clasificación del cerramiento	GC_{pi}
Edificios Abiertos	0
Edificios Parcialmente cerrados	0.55
	-0.55
Edificios cerrados	0.18
	-0.18

1. Los signos positivos y negativos significan presiones y succiones actuando sobre las superficies internas, respectivamente.
2. Los valores de GC_{pi} deberán ser utilizados con q_z y q_h según se especifica en B.6.5.12.
3. se deberían considerar dos casos para determinar los requerimientos de la carga crítica para la condición apropiada:
(i) Un valor positivo de GC_{pi} aplicado sobre todas las superficies internas.
(ii) Un valor negativo de GC_{pi} aplicado sobre todas las superficies internas

GC_{pi} ABIERTO

h) ***COEFICIENTE DE FUERZA C_f***

e= 1

i) ***CALCULO DE LA PRESIÓN POR VELOCIDAD***

$$q_z = 0.613 K_z K_{zt} K_d V^2 I \quad \text{En N/m2}$$

J) ***PRESIÓN DE DISEÑO p***

$4.0\ \text{m} \le Z \le Z_g$ Para Z < 4.0 m

$$K_z = 2.01\left(Z/Z_g\right)^{2/\alpha} \qquad K_z = 2.01\left(4.0/Z_g\right)^{2/\alpha}$$

$$F = q_z G C_f$$

Presión de Diseño Neta (pd) [N/m^2]	**1442.08**	**1.44**	**[kN/m^2]**

Figura 7. Asignación carga de viento (presión).

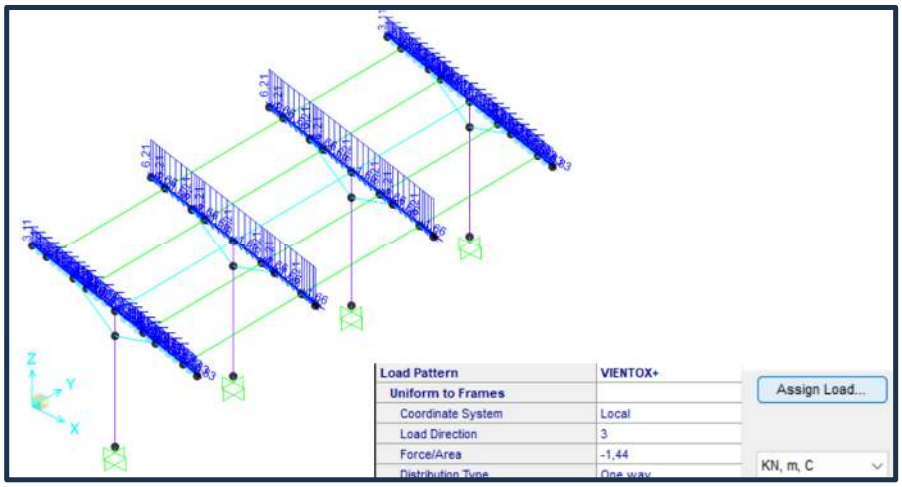
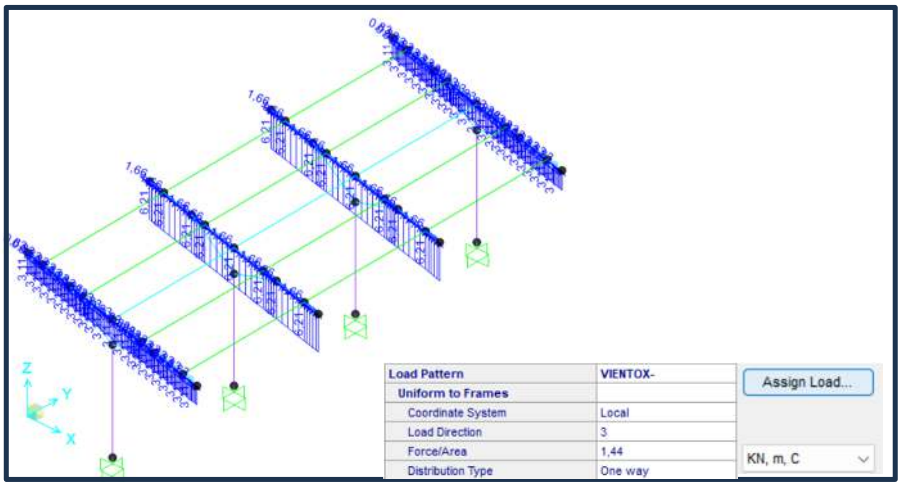


Figura 8. Asignación carga de viento (succión).



7.4 CARGA DE GRANIZO (G)

No se le asigna carga de granizo al modelo puesto que Nuquí se encuentra a 5 m.s.n.m y según el B.4.8.3.1. solo se requiere considerar esta carga cuando el proyecto está ubicado en una región con más de 2000 metros de altura sobre el nivel del mar.

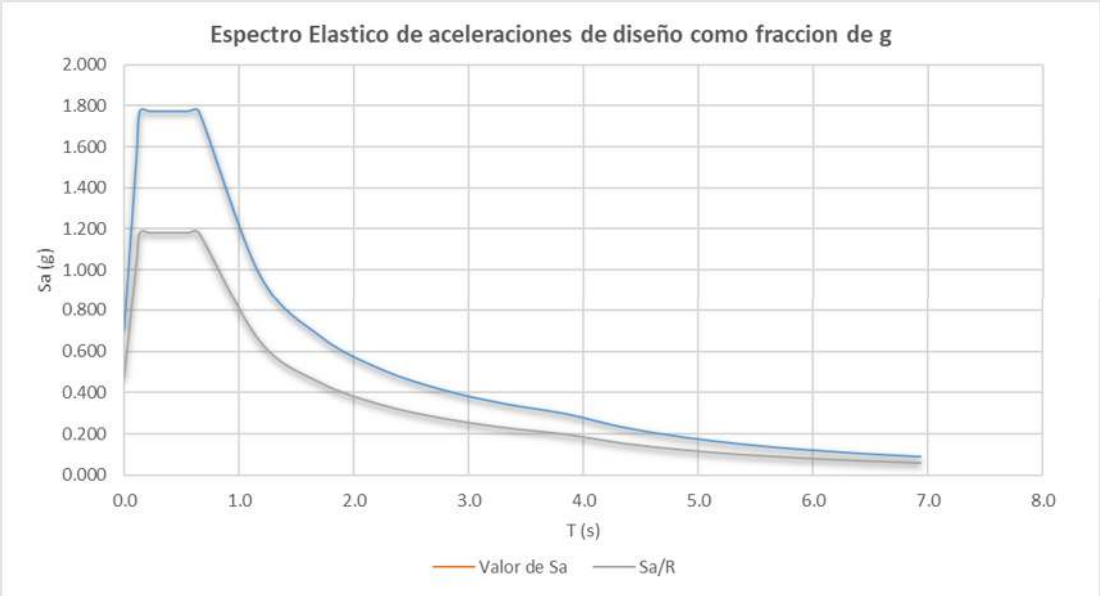
7.5 ANÁLISIS SÍSMICO (SY Y SX)

Para este apartado se usa el espectro de diseño elástico, encontrado en NSR-10 A.2, y remplazando con los parámetros sísmicos definidos según la zona de análisis.

Tabla 6. Espectro usado para la revisión de Umbral de daño.

Datos		Unidad	Página
Ubicación de la Estructura-CIUDAD	Nuquí		
Departamento	Chocó		
Altura del edificio	4.00	[m]	Título A
Numero de Pisos	1.00		
Tipo de Perfil del Suelo:	D		Tabla A.2.4-3
Grupo de Uso Edificación:	IV		A.2.5.1
Sistema estructural de resistencia sísmica	2.00		Tabla A.4.2-1
Porticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sismicas y que no estan limitados o adheridos a componentes mas rigidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sismicas			
Zona de Amenaza Sísmica:	Alta		APÉNDICE A-4
Coeficiente de Aceleracion (Aa):	0.45		APÉNDICE A-4
Coeficiente de Velocidad (Av):	0.40		APÉNDICE A-4
Coeficiente de Amplificación de Sitio (Fa):	1.05		Tabla A.2.4-3
Coeficiente de Amplificación de Sitio (Fv):	1.60		Tabla A.2.4-4
Coeficiente de Importancia (I):	1.50		A.2.5.1
Espectro de Diseño (Sa):	Gráfico		Título A
Período de Vibración Inicial (To):	0.14	[s]	Título A
Período de Vibración Corto (Tc):	0.65	[s]	Título A
Período de Vibración Largo (T_L):	3.84	[s]	Título A
Coeficiente (C_t):	0.072		Tabla A.4.2-1
Exponente (α):	0.8		Tabla A.4.2-1
Período de Vibración Aproximado ($Ta = C_t h^{\alpha}$):	0.22	[s]	Ec. A.4.2-3
Coeficiente (Cu):	1.20		Ec. A.4.2-2
Tmax= Cu*Ta	0.26	[s]	Ec. A.4.2-2
k	1.00		A.4.3.2
Capacidad de Disipación de Energía:	Pórticos Resistentes a Momentos con Capacidad Especial de Disipación de Eneraía (DES)		
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía Básico (R_0):	1.5		Tabla A.3-3
Coeficiente de Reducción (ϕ_a):	1.0		A.3.3.3
Coeficiente de Reducción (ϕ_p):	1.0		A.3.3.3
Coeficiente de Reducción (ϕ_r):	1.0		A.3.3.3
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía de Diseño ($R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$):	1.50		Ec. A.3.3-1

Figura 9. Espectro elástico de aceleraciones de diseño Nuquí, Chocó.



T y Sa de la estructura	
T:	0.22 [s]
Sa	1.77
k:	1.00

8. COMBINACIONES DE CARGA

COMBINACIONES DE CARGA PARA LA VERIFICACIÓN DEL ESTADO LIMITE DE SERVICIO (MÉTODO DE ESFUERZOS DE TRABAJO)

Las siguientes combinaciones serán utilizadas para el análisis de estabilidad de estructuras y fundaciones, y la evaluación de la presión de suelo bajo fundaciones.

D	B.2.3-1
D+L	B.2.3-2
D+L	B.2.3-3
D+0.75L	B.2.3-4
D±W	B.2.3-5
D±0.7E	B.2.3-6
D±0.75W+0.75L	B.2.3-7
D+0.75(0.7E) +0.75L	B.2.3-8
0.6D±W	B.2.3-9
0.6D±0.7E	B.2.3-10

NOTAS:

Fuerza sísmica reducida E = Fs / R = Fs/(Ro*øa*øp*ør)

COMBINACIONES DE CARGA PARA ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA (LRFD)

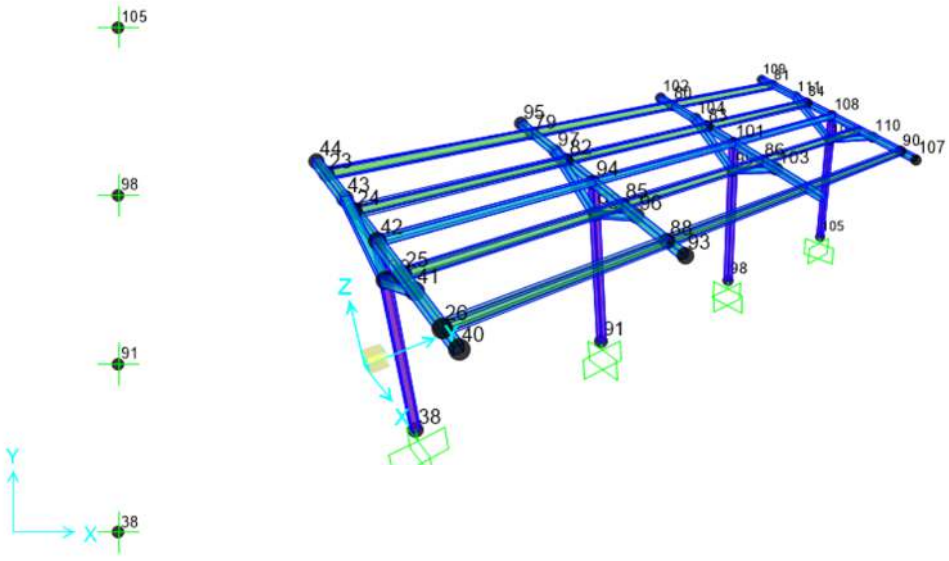
Las estructuras de concreto o mampostería estructural, sus componentes y su cimentación deben diseñarse de tal manera que sus resistencias de diseño excedan los efectos de las cargas mayoradas de acuerdo con las siguientes combinaciones de carga por el método Estado límite deResistencia, para:

1.4D	B.2.4-1
1.2D+1.6L+0.5Lr	B.2.4-2
1.2D+1.6(Lr o G o Le)+(1.0L o 0.5W)	B.2.4-3
1.2D+1.0W+1.0L+0.5(Lr o G o Le)	B.2.4-4
1.2D+1.0E+1.0L	B.2.4-5
0.9D+1.0W	B.2.4-6
0.9D+1.0E	B.2.4-7

9. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS

En la siguiente imagen se muestra la numeración de los nodos de la estructura donde se verifican las diferentes solicitaciones:

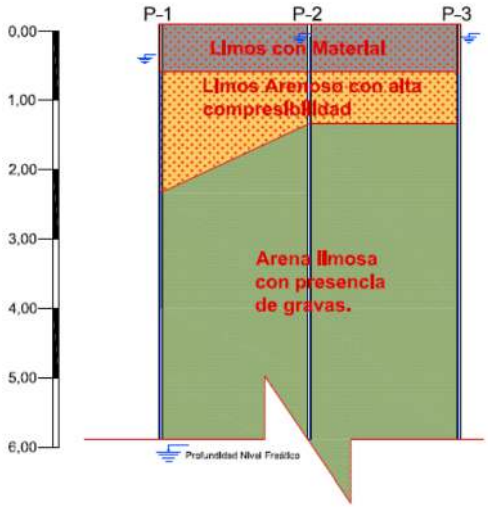
Figura 10. Numeración de los elementos de la estructura (nodos).



10. DISEÑO CIMENTACIÓN

Para el diseño de la cimentación se tuvo en cuenta la caracterización físico-mecánica del perfil típico obtenido en el estudio de suelos de referencia[2] , el cual se muestra a continuación:

Figura 11. Perfil estratigráfico típico corregimiento de Coquí, Nuquí-Chocó.



Fuente: INFORME GEOTÉCNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA MEDIANTE EL SISTEMA HÍBRIDO CORREGIMIENTO DE COQUÍ.

Figura 12. Parámetros geotécnicos a partir de la corrección del número de golpees de SPT (N60), correlación de ángulo de fricción y módulo de elasticidad.

Material	Prof	H	Nspt1	Nspt2	Nspt3	N_{prom}	γ	u	q	q"	Rs	Cn	N_{60}	ø	E
	(m)	(m)	Golpes	Golpes	Golpes	---	KN/m3	(Kpa)	(Kpa)	(Kpa)	---	---	Golpes	Kishida	(Kpa)
Limo-arenoso	0,0 -1,0	1,00	-	-	-										
	1,0 -2,45	1,45	2	0	1	1	18,80	7,00	27,26	20,26	0,20	1,66	1	19	4200
Arena con presencia de grava de color gris, compacidad media densa a densa y baja humedad.	2,45-3,0	0,55	6	3	6	5	21,10	12,50	48,36	35,86	0,36	1,47	3	23	5400
	3,0-4,0	1,00	12	11	11	11	21,10	22,50	69,46	46,96	0,47	1,36	6	26	7200
	4,0-5,0	1,00	22	20	19	20	21,10	32,50	90,56	58,06	0,58	1,27	11	30	10200
	5,0-6,0	1,00	29	29	30	29	21,10	42,50	111,66	69,16	0,69	1,18	19	34	15000
	6,0-6,45	0,45	37	38	40	38	21,10	47,00	121,16	74,16	0,74	1,15	24	37	20000

Fuente: INFORME GEOTÉCNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA MEDIANTE EL SISTEMA HÍBRIDO CORREGIMIENTO DE COQUÍ.

10.1 POTENCIAL DE LICUACIÓN

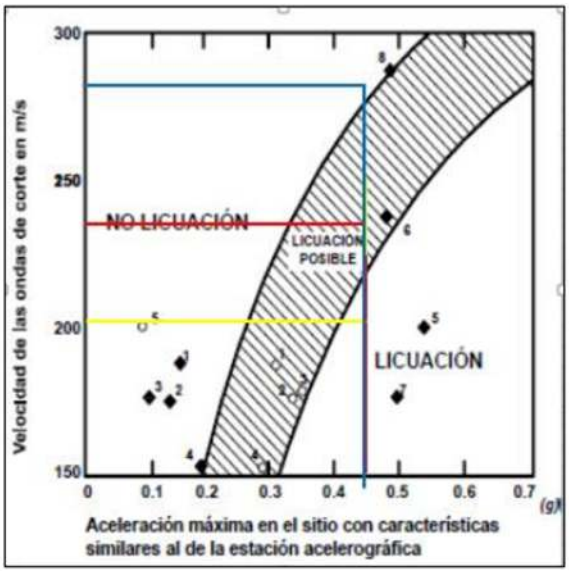
Considerando que la zona de influencia del proyecto se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta, los suelos son de tipo granular y se encuentran saturados es necesario evaluar la susceptibilidad ante la licuación, para lo cual se usa la formulación de Seed et. al (1983) para obtener la velocidad de propagación de ondas de corte a partir del número de golpes del SPT y posteriormente el modelo matemático de Youd et. al (2001) para la determinación del Coeficiente de Resistencia Cíclica (CRR o CSR)

[2] INFORME GEOTÉCNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA MEDIANTE EL SISTEMA HÍBRIDO CORREGIMIENTO DE COQUÍ.pdf

Figura 13. Parámetros geotécnicos a partir de la corrección del número de golpees de SPT (N60), correlación de ángulo de fricción y módulo de elasticidad.

PROF	N_{SPT}	R_S	C_N	N_{60}	V_S	CSR
1,0-2,0	1	0,20	1,67	1	56,00	0,01
2,0-3,0	5	0,36	1,47	4	112,00	0,04
3,0-4,0	11	0,47	1,36	7	148,16	0,08
4,0-5,0	20	0,58	1,27	13	201,91	0,14
5,0-6,0	29	0,69	1,18	17	230,89	0,19
6,0-6,45	38	0,74	1,15	22	262,66	0,24

Figura 14. Correlación entre la velocidad de ondas de corte y la aceleración máxima del terreno, antes de la licuación.



Fuente: García Núñez (2007) RETOMANDO DE Holzer et. al (1988)

Según el análisis de potencial de licuación, la profundidad de estrato licuable inicia a una profundidad de 6.0 metros.

10.2 CAPACIDAD PORTANTE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL AISLADA

Para el análisis de capacidad portante para cimentaciones superficiales se usó la teoría de Hansen, Meyerhof y Vesic para cimientos cuadrados, rectangulares y continuos, considerando una profundidad de desplante Df=-1.60 m, un F.S=3.0 y los parámetros de la Figura 12.

Figura 15. Determinación de la capacidad portante, valores de carga admisible y asentamientos inmediatos.

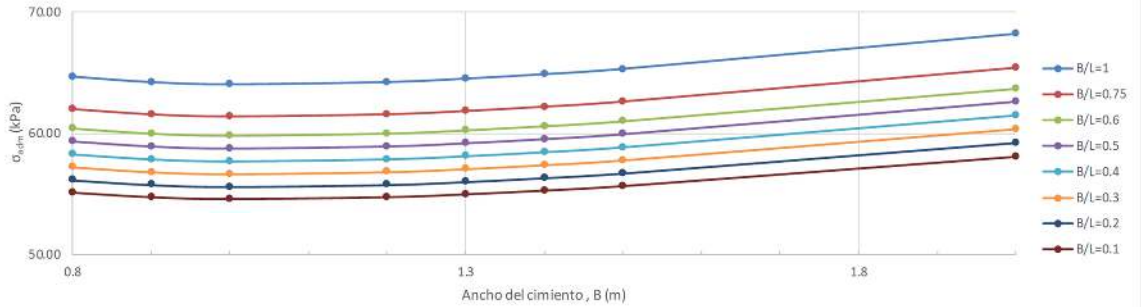
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE (kPa)
TEORÍA DE HANSEN, MEYERHOF, VESIC
ANÁLISIS PARA CIMIENTOS CUADRADOS, RECTANGULARES Y CONTINUOS

$$\sigma u = CNcF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qNqF_{qs}F_{qd}F_{qi} + 0.5\gamma BN\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i}$$

VALORES DE CAPACIDAD ADMISIBLE DE SEGURIDAD σ_{adm} (kPa)

TIPO DE CIMIENTO	RELACIÓN B/L	ANCHO DEL CIMIENTO B (m)							
		0.8	0.9	1	1.2	1.3	1.4	1.5	2
CUADRADO	1	64.65	64.20	64.03	64.21	64.49	64.86	65.29	68.18
RECTANGULAR	0.75	62.00	61.57	61.40	61.57	61.84	62.19	62.61	65.38
	0.6	60.40	59.99	59.82	59.99	60.25	60.59	61.00	63.70
	0.5	59.34	58.93	58.77	58.94	59.19	59.53	59.93	62.58
	0.4	58.28	57.88	57.72	57.88	58.13	58.46	58.86	61.46
	0.3	57.22	56.82	56.66	56.83	57.07	57.40	57.79	60.34
	0.2	56.16	55.77	55.61	55.77	56.01	56.33	56.71	59.22
	0.1	55.09	54.71	54.56	54.72	54.95	55.27	55.64	58.10

GRÁFICO DE VARIACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE CON EL TIPO DE CIMIENTO



VALORES DE CARGA ADMISIBLE (kN)

TIPO DE CIMIENTO	RELACIÓN B/L	ANCHO DEL CIMIENTO B (m)							
		0.8	0.9	1	1.2	1.3	1.4	1.5	2
CUADRADO	1	41.4	52.0	64.0	92.5	109.0	127.1	146.9	272.7
RECTANGULAR	0.75	52.9	66.5	81.9	118.2	139.3	162.5	187.8	348.7
	0.6	64.4	81.0	99.7	144.0	169.7	197.9	228.8	424.7
	0.5	76.0	95.5	117.5	169.7	200.1	233.4	269.7	500.6
	0.4	93.2	117.2	144.3	208.4	245.6	286.5	331.1	614.6
	0.3	122.1	153.4	188.9	272.8	321.5	375.0	433.4	804.5
	0.2	179.7	225.9	278.1	401.6	473.3	552.1	638.0	1184.4
	0.1	352.6	443.2	545.6	787.9	928.7	1083.2	1251.9	2324.0

VALORES DE ASENTAMIENTO INMEDIATO (mm)

TIPO DE CIMIENTO	RELACIÓN B/L	ANCHO DEL CIMIENTO B (m)							
		0.8	0.9	1	1.2	1.3	1.4	1.5	2
CUADRADO	1	8.25	9.22	10.21	12.29	13.37	14.48	15.62	21.75
RECTANGULAR	0.75	8.94	9.98	11.06	13.31	14.49	15.69	16.92	23.56
	0.6	9.53	10.64	11.79	14.19	15.44	16.72	18.04	25.12
	0.5	10.02	11.19	12.40	14.92	16.24	17.59	18.97	26.41
	0.4	10.70	11.96	13.25	15.95	17.35	18.79	20.27	28.22
	0.3	11.49	12.84	14.22	17.12	18.62	20.17	21.76	30.29
	0.2	12.77	14.26	15.80	19.02	20.69	22.41	24.18	33.66
	0.1	13.95	15.58	17.26	20.78	22.60	24.48	26.41	36.77

Para la evaluación de los asentamientos totales se consideró el valor de límite líquido obtenido para el estrato del nivel de desplante propuesto (LL=75.2%), T1= 1.5 años y t2= 5 años (Ver Figura 17).

Figura 16. Determinación de asentamientos totales

LImax	**75.2**
Cc	0.5868
Cs	0.10
H(2B)	2.0
eo	0.6

Sp	0.053
	5.3
Ca	0.023472
t1	1.5
t2	5
Ss	0.025
	2.45

ST (mm)	**8.7**

Nota: Se deben verificar las condiciones geotécnicas del sitio de implantación del proyecto y evaluar si las condiciones consideradas en este documento son diferentes.

Figura 17. Límites de consistencia muestra a -1.45 m.

CIVILC

LÍMITES DE CONSISTENCIA INV E-125, 126
FT-GT-01_V01_16/09/2020

PROYECTO:	Energía Solar	CÓDIGO	P3
LOCALIZACIÓN:	Corregimiento de Coquí-Nuquí- Chocó	MUESTRA No.	M1
DESCRIPCIÓN MUESTRA:	Limo de alta Compresibilidad	FECHA	2021/04/15
PROFUNDIDAD:	1,45m	CONSECUTIVO°:	1401

LIMITE LIQUIDO INV E-125-13			
Número de golpes	35	26	18
Peso tara (g)	26,00	26,04	26,31
Peso de tara + suelo húmedo (g)	43,85	42,66	37,18
Peso de tara + suelo seco (g)	37,09	35,96	32,18
% de humedad	61,12	73,46	85,18

LIMITE PLASTICO INV E-126-13		
Prueba No.	1	2
Peso Tara (g)	26,29	23,53
Peso de tara + suelo húmedo (g)	27,90	25,47
Peso de tara + suelo seco (g)	27,34	24,79
% de humedad	53,33	53,97



Pasa 200 (%)	75,2
LL % =	73,4
LP % =	53,7
IP % =	19,8

HUMEDAD NATURAL INV E-122-13	
Tara No.	1
Peso Tara (g)	106,8
Peso Tara + Sh (g)	307,2
Peso Tara + Ss (g)	255,9
% humedad	34,41

Observaciones:

ELABORÓ: Jadier Hernandez.
Jadier Hernandez
Laboratorista

APROBÓ:
Germán A. Velásquez
Director Técnico

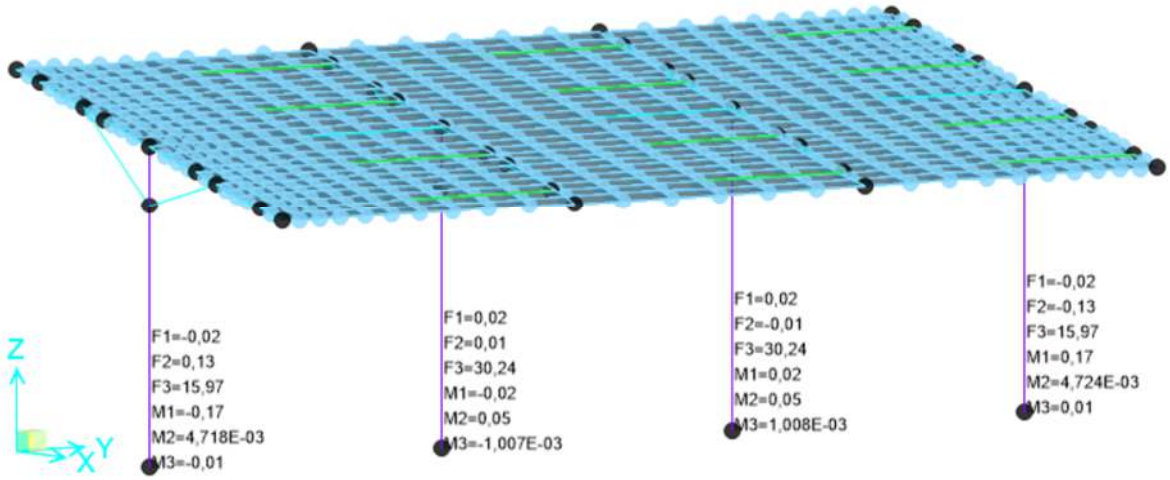
Fuente:

Fuente: INFORME GEOTÉCNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA MEDIANTE EL SISTEMA HÍBRIDO CORREGIMIENTO DE COQUÍ.

10.2.1 Chequeo por capacidad portante

Las reacciones críticas obtenidas a nivel de cimentación se muestran en la Figura 18. Se evidencia que para los nodos centrales la reacción vertical es de 30.24 kN , valor que es inferior a la carga admisible de 64 kN calculado para las zapatas de 1.00x1.00 m a un nivel de desplante DF=1.60m, por lo que se verifica el chequeo por cortante general.

Figura 18. Reacciones críticas a nivel de cimentación



10.2.2 Chequeo por cortante y por punzonamiento

Para cimentaciones superficiales es necesario evaluar los diversos mecanismos de falla que pueden presentarse, por lo que a continuación se presenta el chequeo por cortante local y por punzonamiento, considerando barras de refuerzo No. 3.

Figura 19. Chequeo por cortante y punzonamiento

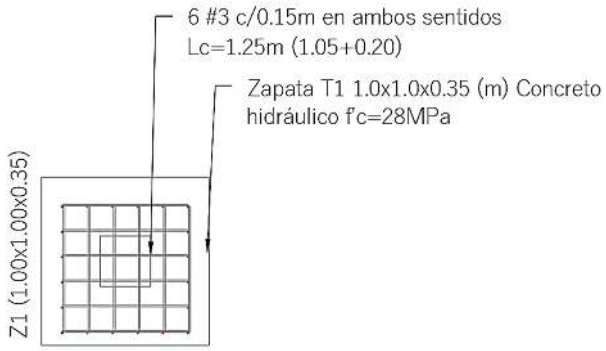
CHEQUEO POR CORTANTE		
Pu (kN)	*64*	
B (m)	*1*	
h (m)	*0.35*	
B col (m)	*0.35*	
A col (m)	*0.35*	
f'c (MPa)	*28*	
f'y (MPa)	*420*	
σ u (kPa)	*64.0*	
d barra (m)	*0.0095*	*No.3*
r (m)	*0.075*	
d (m)	*0.27*	
Lv (m)	*0.325*	
Vua [kN]	*3.8*	
φ	*0.85*	
Vu [kN]	*231.0*	*OK*

CHEQUEO POR PUNZONAMIENTO		
m (m)	*0.62*	
n (m)	*0.62*	
bo (m)	*2.46*	
Ac (m^2)	*0.65*	
Fvu (kN)	*39.75*	
φ	*0.85*	
Vc1 (kN)	*1450*	
Vc2 (kN)	*1289*	
Vc3 (kN)	*860*	
Vu (kN)	*731.36*	*OK*

10.2.2 Diseño estructural de la cimentación superficial

Considerando lo anterior se plantea un armado de 6 #3 en ambos sentidos para la zapata, de la siguiente forma:

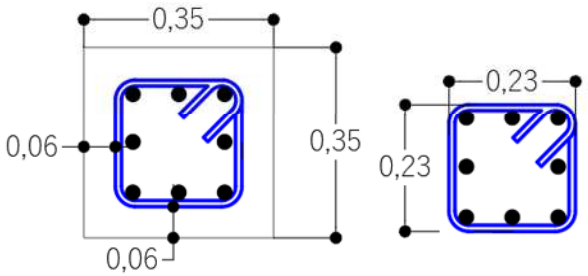
Figura 20. Refuerzo estructural de las zapatas aisladas para la estructura de soporte de los paneles



Con respecto a los pedestales se propone:

Figura 21. Refuerzo estructural de los pedestales

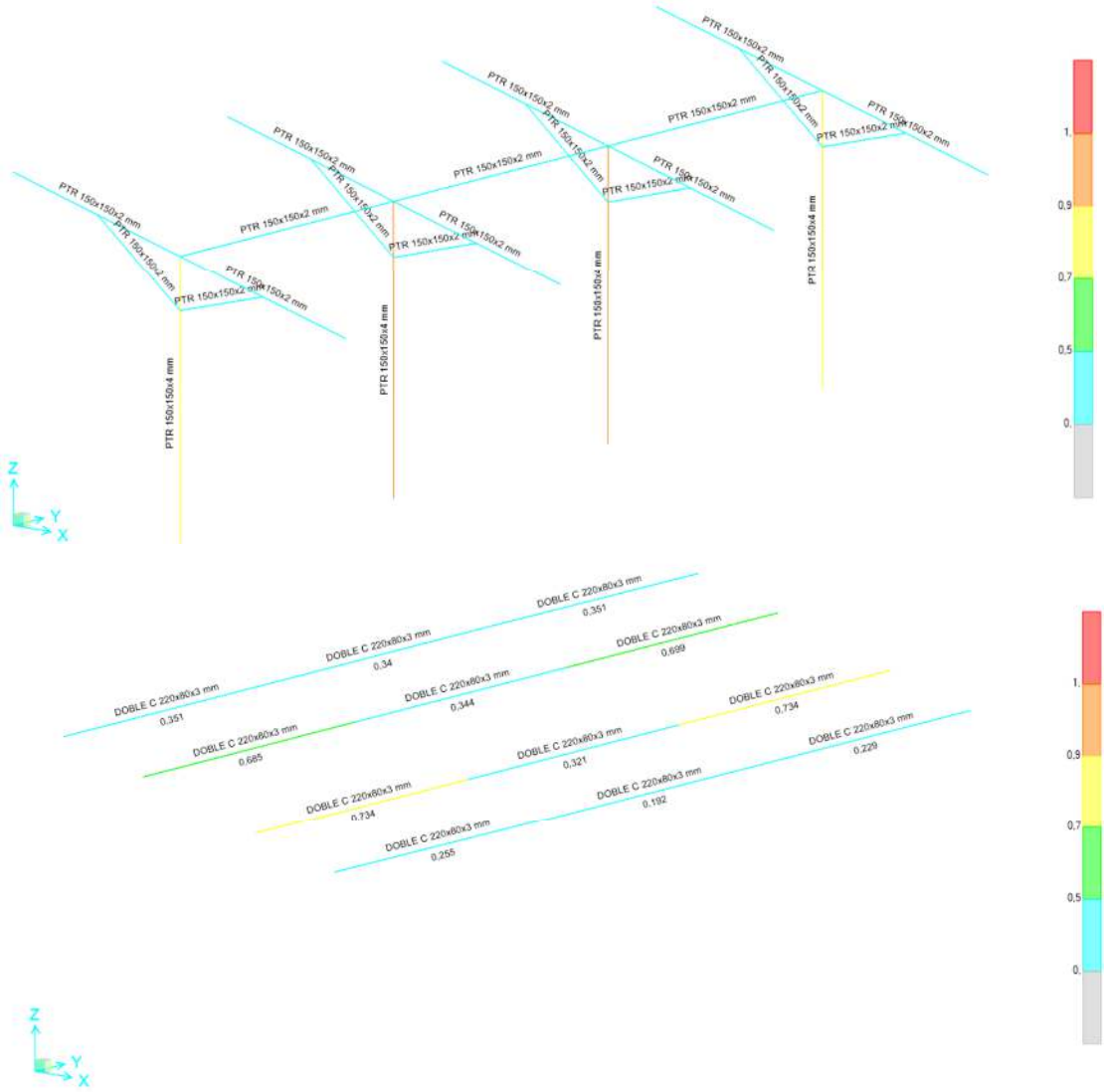
PEDESTALES			
Refuerzo longitudinal		**Refuerzo transveral**	
h (mm)	*350*	*Barra No.*	*No.3*
b (mm)	*350*	*Zc (mm)*	*700*
r (mm)	*60*	*$s_{máx}$ Zc (mm)*	*100*
ρ	*0.005*	*s Zc (mm)*	100
As (mm^2)	*613*		OK
Barra No.	*No.4*	*$s_{máx}$ (mm)*	*300*
A (mm^2)	*129*	*s L (mm)*	100
# barras	*6*		OK
Constructivamente usar 8 φ 1/2"		***Usar estribos ϕ 3/8" @ 10 cm en todo el pedestal***	



==========
Sección de Columna: 35x35
f'c=28 MPa
Recubrimiento: 0.06 m
AS1: 8 Barras #4 (4+4)
Estribo 1: Barra #3 L=1.07m
Gancho sísmico: 7.5cm - 135°
==========

11. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

A continuación se presenta la verificación del índice de sobre esfuerzo de los elementos que constituyen el sistema de pórticos de acero resistentes momentos, en este caso las vigas áreas del único nivel y las columnas que constituyen el sistema de resistencia sísmica.



Datos del proyecto

Nombre del proyecto	Estructura agrovoltaica
Número del Proyecto	Guachalito
Autor	IPSE- Grupo de Estructuración
Descripción	Conexión Tipo 4 - Placa Base de Perfil Tubular
Fecha	12/12/2024
Normativa de cálculo	AISC 360-16

Material

Acero	A500, Gr. C
Hormigón	4000 psi

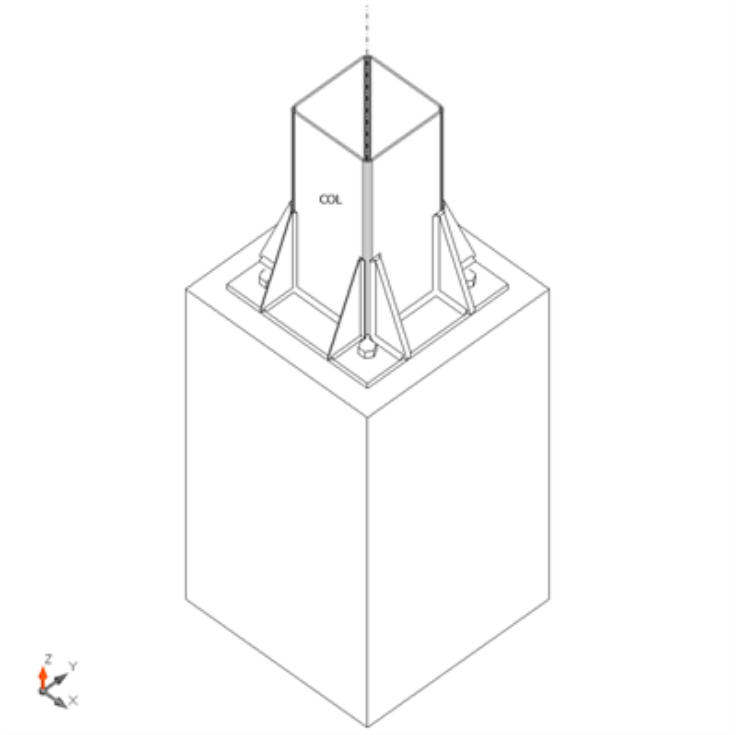
Ítem del proyecto Estructura agrofotovoltaica

Diseño

Nombre	Estructura agrofotovoltaica
Descripción	Conexión Tipo 4 - Unión perfil tubular cuadrado con placa base a pedestal en concreto
Análisis	Tensión, deformación/ Carga simplificada
Normativa de cálculo	AISC - LRFD 2016

Elementos estructurales

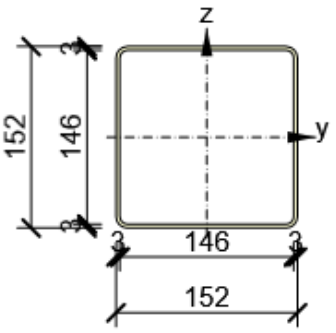
Nombre	Sección transversal	β – Dirección [°]	γ - Inclinación [°]	α - Rotación [°]	Desplazamiento ex [mm]	Desplazamiento ey [mm]	Desplazamiento ez [mm]	Fuerzas en
COL	1 - HSS(Imp)6X6X1/8	0,0	-90,0	0,0	0	0	0	Nodo



Secciones

Nombre	Material
1 - HSS(Imp)6X6X1/8	A500, Gr. C

Secciones

Nombre	Material	Dibujo
1 - HSS(Imp)6X6X1/8	A500, Gr. C	

Anclajes

Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [mm]	fu [MPa]	Área bruta [mm^2]
1/2 A325	1/2 A325	13	827,4	127

Cargas (No se requiere el equilibro)

Nombre	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	COL	-30,0	0,0	0,0	5,0	5,0	5,0

Bloque de la cimentación

Ítem	Valor	Unidad
CB 1		
Dimensiones	352 x 352	mm
Profundidad	600	mm
Anclaje	1/2 A325	
Longitud del anclaje	400	mm
Transferencia de la fuerza cortante	Fricción	

Verificación

Resumen

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100,0%	OK
Placas	0,0 < 5,0%	OK
Deformación loc.	0,0 < 3%	OK
Anclajes	99,2 < 100%	OK
Soldaduras	31,7 < 100%	OK
Bloque de hormigón	6,7 < 100%	OK
Cortante	0,0 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	

Placas

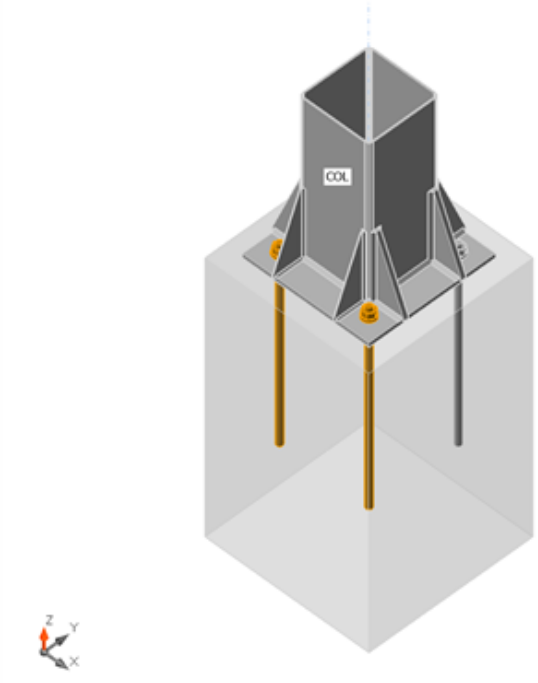
Nombre	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	σc_{Ed} [MPa]	Estado de la verificación
COL	317,2	3,2	LE1	237,4	0,0	0,0	OK
BP1	317,2	9,5	LE1	149,8	0,0	0,0	OK
RIB1a	317,2	9,5	LE1	68,4	0,0	0,0	OK
RIB1b	317,2	9,5	LE1	47,0	0,0	0,0	OK
RIB2a	317,2	9,5	LE1	27,0	0,0	0,0	OK
RIB2b	317,2	9,5	LE1	83,5	0,0	0,0	OK
RIB3a	317,2	9,5	LE1	77,5	0,0	0,0	OK
RIB3b	317,2	9,5	LE1	39,9	0,0	0,0	OK
RIB4a	317,2	2,0	LE1	16,0	0,0	0,0	OK
RIB4b	317,2	2,0	LE1	118,9	0,0	0,0	OK

Datos de diseño

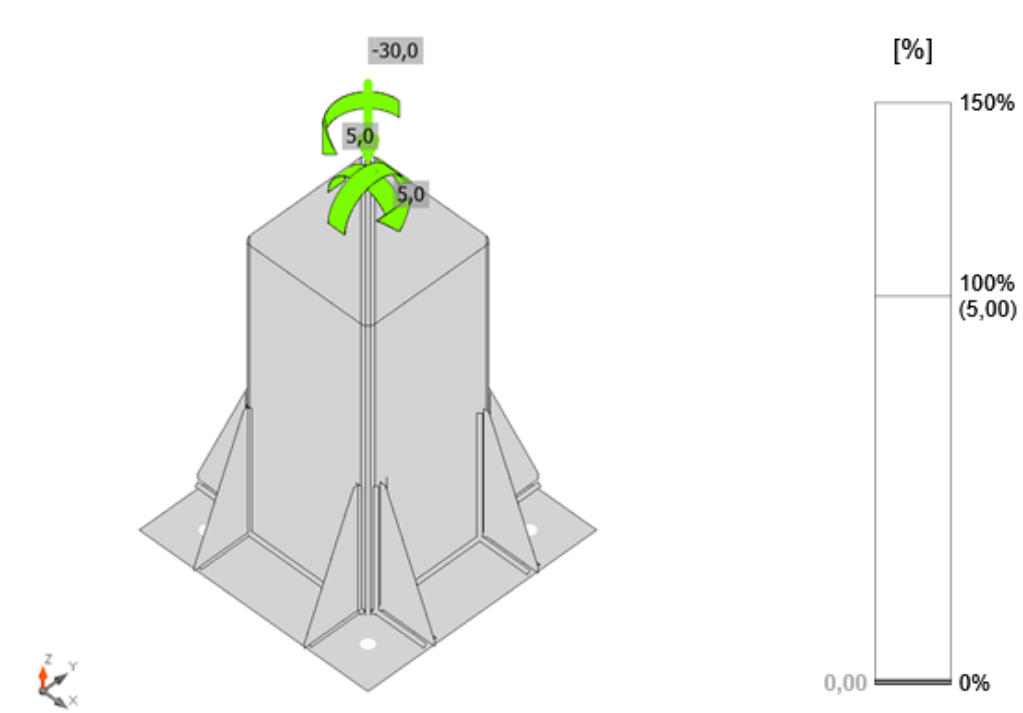
Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
A500, Gr. C	317,2	5,0

Deformación loc.

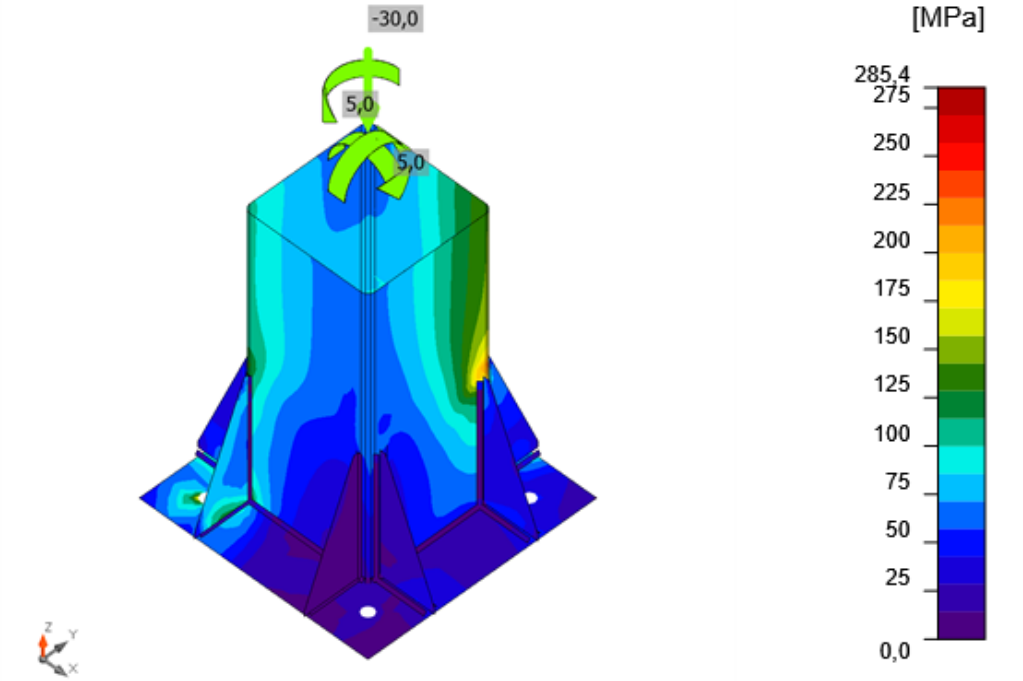
Nombre	d0 [mm]	Cargas	δ [mm]	δ lim [mm]	δ/d0 [%]	Estado de la verificación
COL	152	LE1	0	5	0,0	OK



Verificación general, LE1

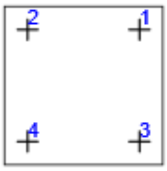


Verificación de deformación, LE1



Tensión equivalente, LE1

Anclajes

Forma	Ítem	Cargas	N_f [kN]	V [kN]	ϕN_{cbg} [kN]	ϕV_{cp} [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Estado
	A1	LE1	1,1	0,0	20,2	111,6	99,2	0,0	98,7	OK
	A2	LE1	16,6	0,0	20,2	111,6	99,2	0,0	98,7	OK
	A3	LE1	0,0	0,0	-	111,6	0,0	0,0	0,0	OK
	A4	LE1	2,4	0,0	20,2	111,6	99,2	0,0	98,7	OK

Datos de diseño

Calidad	ϕN_{sa} [kN]	ϕV_{sa} [kN]
1/2 A325 - 1	53,1	29,6

Resultado detallado para A1

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} = \quad 53{,}1 \quad \text{kN} \quad \geq \quad N_f = \quad 1{,}1 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 0{,}70$ – factor de resistencia

$A_{se,N} = 92$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827{,}4$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1{,}9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634,3 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827,4 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a arrancamiento del hormigón del anclaje en tracción (ACI 318-14 – 17.4.2)

The check is performed for group of anchors that form common tension breakout cone: A1, A2, A4

$\phi N_{cbg} = \phi \cdot \frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} \cdot \Psi_{ed,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{c,N} \cdot N_b =$ 20,2 kN ≥ $N_{fg} =$ 20,1 kN

Donde:

$N_{fg} =$ 20,1 kN – suma de las fuerzas de tracción en los anclajes con un área común del cono de arrancamiento de hormigón

$\phi =$ 0,70 – factor de resistencia

$A_{Nc} =$ 92928 mm^2 – Cono de arrancamiento del hormigón para el grupo de anclajes

$A_{Nc0} =$ 36864 mm^2 – Cono de arrancamiento del hormigón de un solo anclaje no influenciado por los bordes

$\Psi_{ed,N} =$ 0,95 – factor modificador por la distancia al borde

- $\Psi_{ed,N} = \min(0,7 + \frac{0,3 \cdot c_{a,min}}{1,5 \cdot h_{ef}}, 1)$, donde:
  - $c_{a,min} =$ 80 mm – distancia mínima desde el anclaje hasta el borde
  - $h_{ef} = \min(h_{emb}, \max(\frac{c_{a,max}}{1,5}, \frac{s}{3})) =$ 64 mm – profundidad del embebimiento, donde:
    - $h_{emb} =$ 400 mm – longitud del anclaje
    - $c_{a,max} =$ 80 mm – máxima distancia del anclaje a uno de los tres bordes más cercanos
    - $s =$ 192 mm – máximo espaciado entre anclajes

$\Psi_{ec,N} =$ 0,45 – factor modificador para grupos de anclajes cargados excéntricamente

- $\Psi_{ec,N} = \Psi_{ecx,N} \cdot \Psi_{ecy,N}$, donde:
  - $\Psi_{ecx,N} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot e_{x,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$ 0,70 – factor modificador que depende de la excentricidad en la dirección x
  - $e_{x,N} =$ 41 mm – excentricidad de la carga de tracción en la dirección x
  - $\Psi_{ecy,N} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot e_{y,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$ 0,64 – factor modificador que depende de la excentricidad en la dirección y
  - $e_{y,N} =$ 54 mm – excentricidad de la carga de tracción en la dirección y
  - $h_{ef} =$ 64 mm – profundidad del embebimiento

$\Psi_{c,N} =$ 1,00 – factor modificador para las condiciones del hormigón

$N_b =$ 26,9 kN – resistencia básica a arrancamiento del hormigón de un solo anclaje a tracción

- $N_b = k_c \cdot \lambda_a \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h_{ef}^{1,5}$, donde:
  - $k_c =$ 10,0 – coeficiente para anclajes hormigonados in situ
  - $\lambda_a =$ 1,00 – factor de modificación para hormigones ligeros
  - $f'_c =$ 27,6 MPa – resistencia a compresión del hormigón
  - $h_{ef} =$ 64 mm – profundidad del embebimiento

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 29,6 kN ≥ $V =$ 0,0 kN

Donde:

$\phi =$ 0,65 – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 92 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827,4 MPa – resistencia última espeficifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860 \text{ MPa}, 1,9 \cdot f_{ya}, f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634,3 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827,4 MPa – resistencia última espeficifica para el acero del anclaje

Resistencia al arrancamiento en cuña del hormigón (pryout) (ACI 318-14 – 17.5.3)

The check is performed for group of anchors on common base plate

$$\phi V_{cp} = \phi \cdot k_{cp} \cdot N_{cp} = \quad 111{,}6 \quad \text{kN} \quad \geq \quad V_g = \quad 0{,}0 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 0{,}65$ – factor de resistencia

$k_{cp} = 2{,}00$ – factor de arrancamiento por cortante en cuña del hormigón (pry-out)

$N_{cp} = 85{,}9$ kN – resistencia a arrancamiento del cono de hormigón en caso de todos los anclajes en tracción

$V_g = 0{,}0$ kN – suma de los cortantes de los anclajes sobre una misma placa base

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

$$U_{tt}{}^{5/3} + U_{ts}{}^{5/3} = \quad 0{,}99 \quad \leq \quad 1{,}0$$

Donde:

$U_{tt} = 0{,}99$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0{,}00$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Resultado detallado para A2

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} = \quad 53{,}1 \quad \text{kN} \quad \geq \quad N_f = \quad 16{,}6 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 0{,}70$ – factor de resistencia

$A_{se,N} = 92$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827{,}4$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860 \text{ MPa}, 1{,}9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634,3 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827,4 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a arrancamiento del hormigón del anclaje en tracción (ACI 318-14 – 17.4.2)

The check is performed for group of anchors that form common tension breakout cone: A1, A2, A4

$\phi N_{cbg} = \phi \cdot \frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} \cdot \Psi_{ed,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{c,N} \cdot N_b =$ 20,2 kN ≥ $N_{fg} =$ 20,1 kN

Donde:

$N_{fg} =$ 20,1 kN – suma de las fuerzas de tracción en los anclajes con un área común del cono de arrancamiento de hormigón

$\phi =$ 0,70 – factor de resistencia

$A_{Nc} =$ 92928 mm^2 – Cono de arrancamiento del hormigón para el grupo de anclajes

$A_{Nc0} =$ 36864 mm^2 – Cono de arrancamiento del hormigón de un solo anclaje no influenciado por los bordes

$\Psi_{ed,N} =$ 0,95 – factor modificador por la distancia al borde

- $\Psi_{ed,N} = \min(0,7 + \frac{0,3 \cdot c_{a,min}}{1,5 \cdot h_{ef}}, 1)$, donde:
  - $c_{a,min} =$ 80 mm – distancia mínima desde el anclaje hasta el borde
  - $h_{ef} = \min(h_{emb}, \max(\frac{c_{a,max}}{1,5}, \frac{s}{3})) =$ 64 mm – profundidad del embebimiento, donde:
    - $h_{emb} =$ 400 mm – longitud del anclaje
    - $c_{a,max} =$ 80 mm – máxima distancia del anclaje a uno de los tres bordes más cercanos
    - $s =$ 192 mm – máximo espaciado entre anclajes

$\Psi_{ec,N} =$ 0,45 – factor modificador para grupos de anclajes cargados excéntricamente

- $\Psi_{ec,N} = \Psi_{ecx,N} \cdot \Psi_{ecy,N}$, donde:
  - $\Psi_{ecx,N} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot e_{x,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$ 0,70 – factor modificador que depende de la excentricidad en la dirección x
  - $e_{x,N} =$ 41 mm – excentricidad de la carga de tracción en la dirección x
  - $\Psi_{ecy,N} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot e_{y,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$ 0,64 – factor modificador que depende de la excentricidad en la dirección y
  - $e_{y,N} =$ 54 mm – excentricidad de la carga de tracción en la dirección y
  - $h_{ef} =$ 64 mm – profundidad del embebimiento

$\Psi_{c,N} =$ 1,00 – factor modificador para las condiciones del hormigón

$N_b =$ 26,9 kN – resistencia básica a arrancamiento del hormigón de un solo anclaje a tracción

- $N_b = k_c \cdot \lambda_a \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h_{ef}^{1,5}$, donde:
  - $k_c =$ 10,0 – coeficiente para anclajes hormigonados in situ
  - $\lambda_a =$ 1,00 – factor de modificación para hormigones ligeros
  - $f'_c =$ 27,6 MPa – resistencia a compresión del hormigón
  - $h_{ef} =$ 64 mm – profundidad del embebimiento

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 29,6 kN ≥ $V =$ 0,0 kN

Donde:

$\phi =$ 0,65 – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 92 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827,4 MPa – resistencia última espeficifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860 \text{ MPa}, 1,9 \cdot f_{ya}, f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634,3 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827,4 MPa – resistencia última espeficifica para el acero del anclaje

Resistencia al arrancamiento en cuña del hormigón (pryout) (ACI 318-14 – 17.5.3)

The check is performed for group of anchors on common base plate

$$\phi V_{cp} = \phi \cdot k_{cp} \cdot N_{cp} = \quad 111{,}6 \quad \text{kN} \quad \geq \quad V_g = \quad 0{,}0 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 0{,}65$ – factor de resistencia

$k_{cp} = 2{,}00$ – factor de arrancamiento por cortante en cuña del hormigón (pry-out)

$N_{cp} = 85{,}9$ kN – resistencia a arrancamiento del cono de hormigón en caso de todos los anclajes en tracción

$V_g = 0{,}0$ kN – suma de los cortantes de los anclajes sobre una misma placa base

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

$$U_{tt}{}^{5/3} + U_{ts}{}^{5/3} = \quad 0{,}99 \quad \leq \quad 1{,}0$$

Donde:

$U_{tt} = 0{,}99$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0{,}00$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Resultado detallado para A3

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} = \quad 53{,}1 \quad \text{kN} \quad \geq \quad N_f = \quad 0{,}0 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 0{,}70$ – factor de resistencia

$A_{se,N} = 92$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827{,}4$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860 \text{ MPa}, 1{,}9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634,3 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827,4 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0{,}6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} = \quad 29{,}6 \quad \text{kN} \quad \geq \quad V = \quad 0{,}0 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 0{,}65$ – factor de resistencia

$A_{se,V} = 92$ mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} = 827{,}4$ MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860 \text{ MPa}, 1{,}9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634,3 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827,4 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia al arrancamiento en cuña del hormigón (pryout) (ACI 318-14 – 17.5.3)

The check is performed for group of anchors on common base plate

$\phi V_{cp} = \phi \cdot k_{cp} \cdot N_{cp} =$ 111,6 kN ≥ $V_g =$ 0,0 kN

Donde:

$\phi =$ 0,65 – factor de resistencia

$k_{cp} =$ 2,00 – factor de arrancamiento por cortante en cuña del hormigón (pry-out)

$N_{cp} =$ 85,9 kN – resistencia a arrancamiento del cono de hormigón en caso de todos los anclajes en tracción

$V_g =$ 0,0 kN – suma de los cortantes de los anclajes sobre una misma placa base

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

${U_{tt}}^{5/3} + {U_{ts}}^{5/3} =$ 0,00 ≤ 1,0

Donde:

$U_{tt} =$ 0,00 – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} =$ 0,00 – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Resultado detallado para A4

Resistencia a tracción del anclaje (ACI 318-14 – 17.4.1)

$\phi N_{sa} = \phi \cdot A_{se,N} \cdot f_{uta} =$ 53,1 kN ≥ $N_f =$ 2,4 kN

Donde:

$\phi =$ 0,70 – factor de resistencia

$A_{se,N} =$ 92 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827,4 MPa – resistencia última especificifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860\ \text{MPa}, 1,9 \cdot f_{ya},\ f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634,3 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827,4 MPa – resistencia última especificifica para el acero del anclaje

Resistencia a arrancamiento del hormigón del anclaje en tracción (ACI 318-14 – 17.4.2)

The check is performed for group of anchors that form common tension breakout cone: A1, A2, A4

$\phi N_{cbg} = \phi \cdot \frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} \cdot \Psi_{ed,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{c,N} \cdot N_b =$ 20,2 kN ≥ $N_{fg} =$ 20,1 kN

Donde:

$N_{fg} =$ 20,1 kN – suma de las fuerzas de tracción en los anclajes con un área común del cono de arrancamiento de hormigón

$\phi =$ 0,70 – factor de resistencia

$A_{Nc} =$ 92928 mm^2 – Cono de arrancamiento del hormigón para el grupo de anclajes

$A_{Nc0} =$ 36864 mm^2 – Cono de arrancamiento del hormigón de un solo anclaje no influenciado por los bordes

$\Psi_{ed,N} =$ 0,95 – factor modificador por la distancia al borde

- $\Psi_{ed,N} = \min(0,7 + \frac{0,3 \cdot c_{a,min}}{1,5 \cdot h_{ef}}, 1)$, donde:
  - $c_{a,min} =$ 80 mm – distancia mínima desde el anclaje hasta el borde
  - $h_{ef} = \min(h_{emb}, \max(\frac{c_{a,max}}{1,5}, \frac{s}{3})) =$ 64 mm – profundidad del embebimiento, donde:
    - $h_{emb} =$ 400 mm – longitud del anclaje
    - $c_{a,max} =$ 80 mm – máxima distancia del anclaje a uno de los tres bordes más cercanos
    - $s =$ 192 mm – máximo espaciado entre anclajes

$\Psi_{ec,N} =$ 0,45 – factor modificador para grupos de anclajes cargados excéntricamente

- $\Psi_{ec,N} = \Psi_{ecx,N} \cdot \Psi_{ecy,N}$, donde:
  - $\Psi_{ecx,N} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot e_{x,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$ 0,70 – factor modificador que depende de la excentricidad en la dirección x
  - $e_{x,N} =$ 41 mm – excentricidad de la carga de tracción en la dirección x
  - $\Psi_{ecy,N} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot e_{y,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$ 0,64 – factor modificador que depende de la excentricidad en la dirección y
  - $e_{y,N} =$ 54 mm – excentricidad de la carga de tracción en la dirección y
  - $h_{ef} =$ 64 mm – profundidad del embebimiento

$\Psi_{c,N} =$ 1,00 – factor modificador para las condiciones del hormigón

$N_b =$ 26,9 kN – resistencia básica a arrancamiento del hormigón de un solo anclaje a tracción

- $N_b = k_c \cdot \lambda_a \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h_{ef}^{1,5}$, donde:
  - $k_c =$ 10,0 – coeficiente para anclajes hormigonados in situ
  - $\lambda_a =$ 1,00 – factor de modificación para hormigones ligeros
  - $f'_c =$ 27,6 MPa – resistencia a compresión del hormigón
  - $h_{ef} =$ 64 mm – profundidad del embebimiento

Resistencia a cortante (ACI 318-14 – 17.5.1)

$\phi V_{sa} = \phi \cdot 0,6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta} =$ 29,6 kN ≥ $V =$ 0,0 kN

Donde:

$\phi =$ 0,65 – factor de resistencia

$A_{se,V} =$ 92 mm^2 – Área a tracción

$f_{uta} =$ 827,4 MPa – resistencia última espeficifica para el acero del tornillo

- $f_{uta} = \min(860 \text{ MPa}, 1,9 \cdot f_{ya}, f_u)$, donde:
  - $f_{ya} =$ 634,3 MPa – límite elástico esfecificado del acero del anclaje
  - $f_u =$ 827,4 MPa – resistencia última espeficifica para el acero del anclaje

Resistencia al arrancamiento en cuña del hormigón (pryout) (ACI 318-14 – 17.5.3)

The check is performed for group of anchors on common base plate

$$\phi V_{cp} = \phi \cdot k_{cp} \cdot N_{cp} = \quad 111{,}6 \quad \text{kN} \quad \geq \quad V_g = \quad 0{,}0 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi = 0{,}65$ – factor de resistencia

$k_{cp} = 2{,}00$ – factor de arrancamiento por cortante en cuña del hormigón (pry-out)

$N_{cp} = 85{,}9$ kN – resistencia a arrancamiento del cono de hormigón en caso de todos los anclajes en tracción

$V_g = 0{,}0$ kN – suma de los cortantes de los anclajes sobre una misma placa base

Interacción tracción-cortante (ACI 318-14 – R17.6)

$$U_{tt}{}^{5/3} + U_{ts}{}^{5/3} = \quad 0{,}99 \quad \leq \quad 1{,}0$$

Donde:

$U_{tt} = 0{,}99$ – máxima ratio entre fuerza de tracción factorizada y resistencia a tracción determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

$U_{ts} = 0{,}00$ – máxima ratio entre esfuerzo cortante factorizado y resistencia a cortante determinada a partir de todos los modos de fallo relevantes

Weld sections

Ítem	Borde	Xu	T_h [mm]	L_s [mm]	L [mm]	L_c [mm]	Cargas	F_n [kN]	ϕR_n [kN]	Ut [%]	Estado
BP1	RIB1a	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	59	10	LE1	1,0	12,4	7,9	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	59	10	LE1	1,6	12,4	12,9	OK
COL-w 1	RIB1a	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	2,5	10,9	23,2	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	2,8	10,7	26,2	OK
BP1	RIB1b	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	60	10	LE1	0,7	12,4	5,5	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	60	10	LE1	1,4	12,4	11,1	OK
COL-w 1	RIB1b	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	0,8	11,6	6,9	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	0,4	12,1	3,5	OK
BP1	RIB2a	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	59	10	LE1	0,9	10,1	8,5	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	60	10	LE1	1,2	12,3	9,4	OK
COL-w 2	RIB2a	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	0,9	10,5	8,3	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	0,4	11,2	3,7	OK
BP1	RIB2b	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	59	10	LE1	1,8	12,4	14,5	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	59	10	LE1	2,2	12,4	17,5	OK
COL-w 2	RIB2b	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	3,4	10,9	31,7	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	2,6	11,0	23,8	OK
BP1	RIB3a	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	59	10	LE1	2,6	10,4	25,5	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	59	10	LE1	3,2	12,3	26,0	OK
COL-w 3	RIB3a	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	1,5	11,1	13,9	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	2,1	10,9	19,5	OK
BP1	RIB3b	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	60	10	LE1	1,0	12,4	8,1	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	60	10	LE1	0,8	12,4	6,7	OK
COL-w 3	RIB3b	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	0,2	12,4	1,9	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	149	10	LE1	1,0	10,8	9,2	OK
BP1	RIB4a	E70xx	◢2,8◣	◢4,0◣	59	10	LE1	0,3	6,6	4,0	OK
		E70xx	◢2,8◣	◢4,0◣	59	10	LE1	0,3	7,4	3,6	OK
COL-w 4	RIB4a	E70xx	◢2,8◣	◢4,0◣	149	10	LE1	0,2	7,7	2,0	OK
		E70xx	◢2,8◣	◢4,0◣	149	10	LE1	0,2	7,7	2,1	OK
BP1	RIB4b	E70xx	◢2,8◣	◢4,0◣	59	10	LE1	1,7	7,4	22,9	OK
		E70xx	◢2,8◣	◢4,0◣	59	10	LE1	1,3	7,4	17,9	OK
COL-w 4	RIB4b	E70xx	◢2,8◣	◢4,0◣	149	10	LE1	0,8	7,6	10,3	OK
		E70xx	◢2,8◣	◢4,0◣	149	10	LE1	0,8	7,3	11,5	OK
BP1	COL	E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	578	4	LE1	1,1	5,2	21,3	OK
		E70xx	◢4,6◣	◢6,5◣	576	4	LE1	1,3	5,0	24,9	OK

Resultado detallado para BP1 / RIB1a - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 14,8 kN ≥ $F_n =$ 1,0 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 433,7 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 85,4° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 1,0 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 64 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB1a - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 14,5 kN ≥ $F_n =$ 1,6 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 425,8 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 73,7° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 1,6 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 64 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 1 / RIB1a - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 10,9 kN ≥ $F_n =$ 2,5 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 317,1 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 19,3° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 2,5 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 1 / RIB1a - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 10,7 kN ≥ $F_n =$ 2,8 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 312,4 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 17,0° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 2,8 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB1b - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 12,9 kN ≥ $F_n =$ 0,7 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 374,6 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 44,5° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 0,7 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB1b - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 14,3 kN ≥ $F_n =$ 1,4 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 415,8 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 65,9° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 1,4 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 1 / RIB1b - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 11,6 kN ≥ $F_n =$ 0,8 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 337,3 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 28,5° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 0,8 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 1 / RIB1b - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 12,1 kN ≥ $F_n =$ 0,4 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 353,6 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 35,5° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 0,4 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB2a - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 10,1 kN ≥ $F_n =$ 0,9 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 296,7 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 7,7° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 0,9 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 64 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB2a - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 12,3 kN ≥ $F_n =$ 1,2 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 357,3 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 37,1° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 1,2 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 2 / RIB2a - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 10,5 kN ≥ $F_n =$ 0,9 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 305,3 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 13,1° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 0,9 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 2 / RIB2a - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 11,2 kN ≥ $F_n =$ 0,4 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 327,6 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 24,2° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 0,4 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB2b - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 14,4 kN ≥ $F_n =$ 1,8 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 421,0 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 69,6° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 1,8 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 64 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB2b - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 14,8 kN ≥ $F_n =$ 2,2 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 432,5 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 82,4° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 2,2 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 64 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 2 / RIB2b - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 10,9 kN ≥ $F_n =$ 3,4 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 316,9 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 19,2° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 3,4 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 2 / RIB2b - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 11,0 kN ≥ $F_n =$ 2,6 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 320,3 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 20,8° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 2,6 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB3a - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 10,4 kN ≥ $F_n =$ 2,6 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 304,3 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 12,6° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 2,6 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 64 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB3a - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 12,3 kN ≥ $F_n =$ 3,2 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 360,9 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 38,6° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 3,2 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 64 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 3 / RIB3a - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 11,1 kN ≥ $F_n =$ 1,5 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 322,3 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 21,8° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 1,5 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 3 / RIB3a - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 10,9 kN ≥ $F_n =$ 2,1 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 317,8 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 19,6° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 2,1 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB3b - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 14,5 kN ≥ $F_n =$ 1,0 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 422,9 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 71,2° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 1,0 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB3b - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 13,9 kN ≥ $F_n =$ 0,8 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 406,4 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 60,1° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 0,8 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 3 / RIB3b - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 14,8 kN ≥ $F_n =$ 0,2 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 433,6 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 85,3° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 0,2 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 64 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 3 / RIB3b - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 10,8 kN ≥ $F_n =$ 1,0 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 316,3 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 18,9° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 12,4 kN ≥ $F_n =$ 1,0 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 65 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 46 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB4a - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 6,6 kN ≥ $F_n =$ 0,3 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 312,3 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 16,9° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 7,6 kN ≥ $F_n =$ 0,3 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 40 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB4a - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 7,4 kN ≥ $F_n =$ 0,3 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 352,5 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 35,0° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 7,6 kN ≥ $F_n =$ 0,3 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 40 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 4 / RIB4a - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 8,0 kN ≥ $F_n =$ 0,2 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 379,8 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 46,9° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 7,7 kN ≥ $F_n =$ 0,2 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 40 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 4 / RIB4a - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 9,2 kN ≥ $F_n =$ 0,2 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 433,8 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 85,9° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 7,7 kN ≥ $F_n =$ 0,2 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 40 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB4b - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 7,4 kN ≥ $F_n =$ 1,7 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 350,9 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 34,3° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 7,6 kN ≥ $F_n =$ 1,7 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 40 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / RIB4b - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 7,4 kN ≥ $F_n =$ 1,3 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 350,4 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 34,1° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 7,6 kN ≥ $F_n =$ 1,3 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 40 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 4 / RIB4b - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 7,6 kN ≥ $F_n =$ 0,8 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 359,9 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 38,1° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 7,7 kN ≥ $F_n =$ 0,8 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 40 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para COL-w 4 / RIB4b - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 7,3 kN ≥ $F_n =$ 0,8 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 346,7 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 32,5° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 7,7 kN ≥ $F_n =$ 0,8 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 40 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 28 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL - 1

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 6,2 kN ≥ $F_n =$ 1,1 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 431,7 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 81,1° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 19 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 5,2 kN ≥ $F_n =$ 1,1 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 27 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 19 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Resultado detallado para BP1 / COL - 2

Comprobación de la resistencia de la soldadura (AISC 360-16: J2-4)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nw} \cdot A_{we} =$ 5,0 kN ≥ $F_n =$ 1,3 kN

Donde:

$F_{nw} =$ 352,8 MPa – resistencia nominal del material de aportación:

- $F_{nw} = 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot (1 + 0,5 \cdot sin^{1,5}\theta)$, donde:
  - $F_{EXX} =$ 482,6 MPa – número de clasificación del electrodo, p.e. mínima resistencia a tracción especificada
  - $\theta =$ 35,2° – ángulo de actuación de la carga medido desde el eje de la soldadura

$A_{we} =$ 19 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Comprobación de la resistencia del material base (AISC 360-16: J2-2)

$\phi R_n = \phi \cdot F_{nBM} \cdot A_{BM} =$ 5,2 kN ≥ $F_n =$ 1,3 kN

Donde:

$F_{nBM} =$ 256,5 MPa – tensión nominal del material base:

- $F_{nBM} = 0,6 \cdot F_u$, donde:
  - $F_u =$ 427,5 MPa – resistencia a tracción del material conectado

$A_{BM} =$ 27 mm^2 – Área seccional del material base

- $A_{BM} = A_{we} \cdot \sqrt{2}$, donde:
  - $A_{we} =$ 19 mm^2 – área eficaz del elemento de soldadura crítico

$\phi =$ 0,75 – factor de resistencia para conexiones soldadas

Bloque de hormigón

Ítem	Cargas	A_1 [mm2]	A_2 [mm2]	σ [MPa]	Ut [%]	Estado
CB 1	LE1	32192	77487	1,6	6,7	OK

Resultado detallado para CB 1

Comprobación de la resistencia a compresión del bloque de hormigón (AISC 360-16 Section J8)

$\phi_c f_{p,max} =$ 23,6 MPa ≥ $\sigma =$ 1,6 MPa

Donde:

$f_{p,max} =$ 36,4 MPa – resistencia de cálculo a aplastamiento del bloque de hormigón:

- $f_{p,max} = 0,85 \cdot f'_c \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1,7 \cdot f'_c$, donde:
  - $f'_c =$ 27,6 MPa – resistencia a compresión del hormigón
  - $A_1 =$ 32192 mm^2 – Área de la placa base en contacto con la superficie de hormigón
  - $A_2 =$ 77487 mm^2 – Superfície de apoyo del hormigón

$\phi_c =$ 0,65 – factor de resistencia para el hormigón

Cortante en el plano de contacto

Ítem	Cargas	V [kN]	ϕV_r [kN]	μ [-]	Ut [%]	Estado
BP1	LE1	0,0	13,2	0,40	0,0	OK

Resultado detallado para BP1

Comprobación de la placa base a cortante (ACI 349 – B.6.1.4)

$$\phi_c V_r = \phi_c \cdot \mu \cdot C = \quad 13{,}2 \quad \text{kN} \quad \geq \quad V = \quad 0{,}0 \quad \text{kN}$$

Donde:

$\phi_c = 0{,}65$ – factor de resistencia para el hormigón

$\mu = 0{,}4$ – coeficiente de rozamiento entre la placa base y el hormigón

$C = 50{,}7$ kN – fuerza de compresión

Pandeo

El análisis de pandeo no se ha calculado.

Estimación de coste

Acero

Calidad del acero	Peso total [kg]	Coste Unitario [US$/kg]	Coste [US$]
A500, Gr. C	8,16	2,50	20,41

Tornillos

Conjunto de tornillo	Peso total [kg]	Coste Unitario [US$/kg]	Coste [US$]
1/2 A325	0,56	6,00	3,38

Soldaduras

Tipo de soldadura	Espesor de garganta [mm]	Tamaño de pierna [mm]	Peso total [kg]	Coste Unitario [US$/kg]	Coste [US$]
Doble cordón	4,6	6,5	0,61	45,00	27,47
Doble cordón	2,8	4,0	0,05	45,00	2,37

Perforación de agujeros

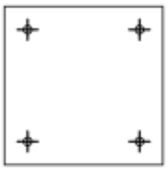
Coste del montaje de los tornillos [US$]	Porcentaje del costo de montaje del perno [%]	Coste [US$]
3,38	30,0	1,01

Resumen de coste

Resumen de la estimación de coste	Coste [US$]
Coste total estimado	54,65

Listado de material

Operaciones

Nombre	Placas [mm]	Forma	Nº	Soldaduras [mm]	Longitud [mm]	Tornillos	Nº
BP1	P9,5x272,0-272,0 (A500, Gr. C)		1	Doble tendón de soldadura: a = 4,6	580,9	1/2 A325	4
RIB1	P9,5x65,0-150,0 (A500, Gr. C)		2	Doble tendón de soldadura: a = 4,6	420,0		
RIB2	P9,5x65,0-150,0 (A500, Gr. C)		2	Doble tendón de soldadura: a = 4,6	420,0		
RIB3	P9,5x65,0-150,0 (A500, Gr. C)		2	Doble tendón de soldadura: a = 4,6	420,0		
RIB4	P2,0x65,0-150,0 (A500, Gr. C)		2	Doble tendón de soldadura: a = 2,8	420,0		

Soldaduras

Tipo	Material	Espesor de garganta [mm]	Tamaño de pierna [mm]	Longitud [mm]
Doble tendón de soldadura	E70xx	4,6	6,5	1840,9
Doble tendón de soldadura	E70xx	2,8	4,0	420,0

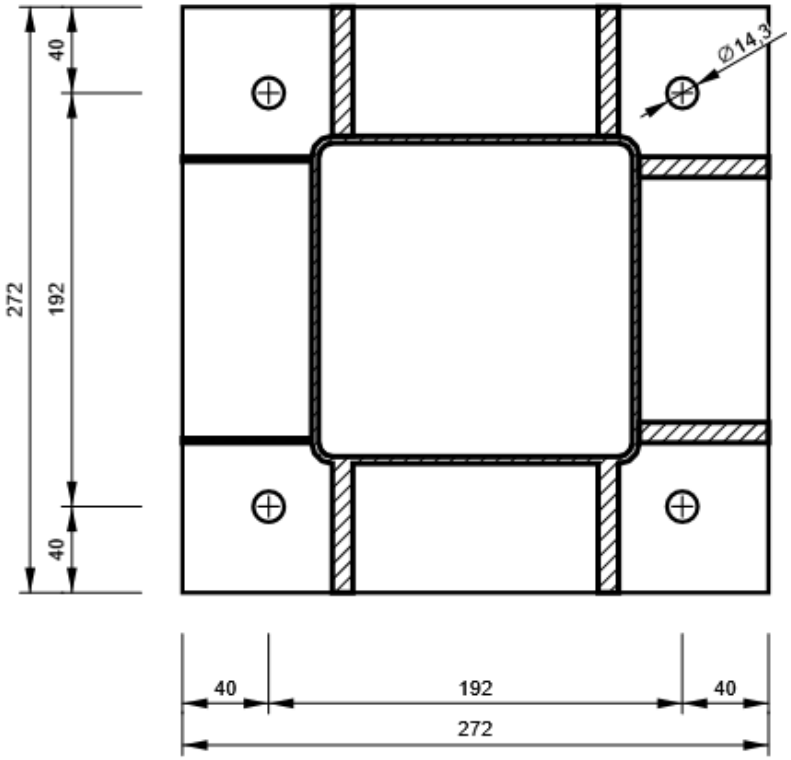
Anclajes

Nombre	Longitud [mm]	Longitud del taladro [mm]	Cuenta
1/2 A325	410	400	4

Dibujo

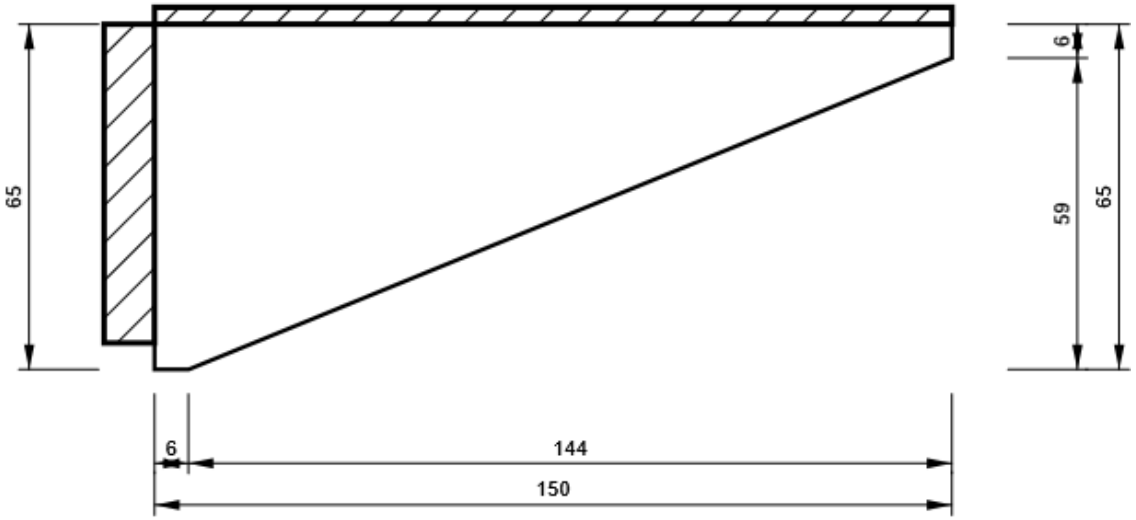
BP1

P9,5x272-272 (A500, Gr. C)



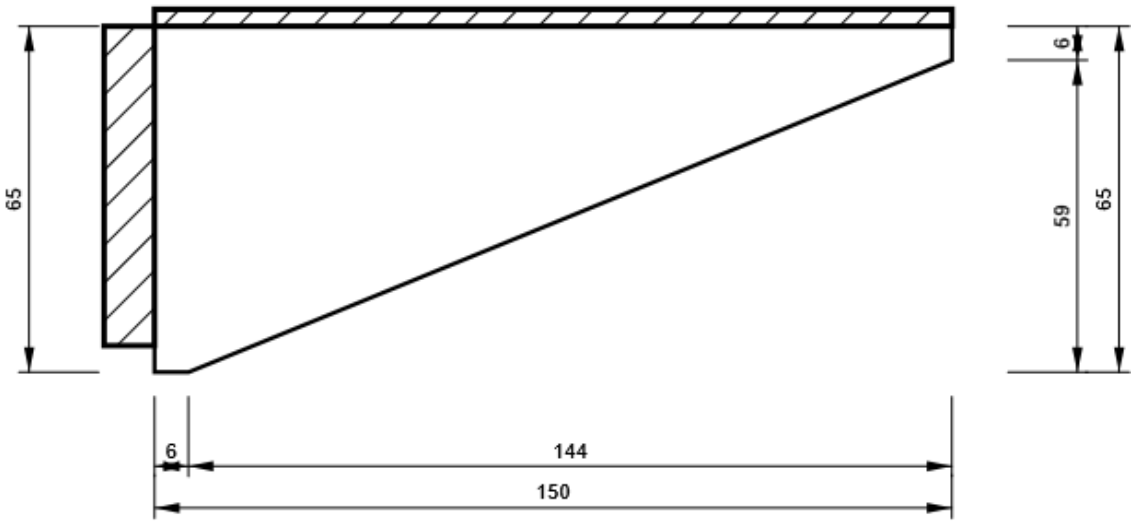
RIB1

P9,5x150-65 (A500, Gr. C)



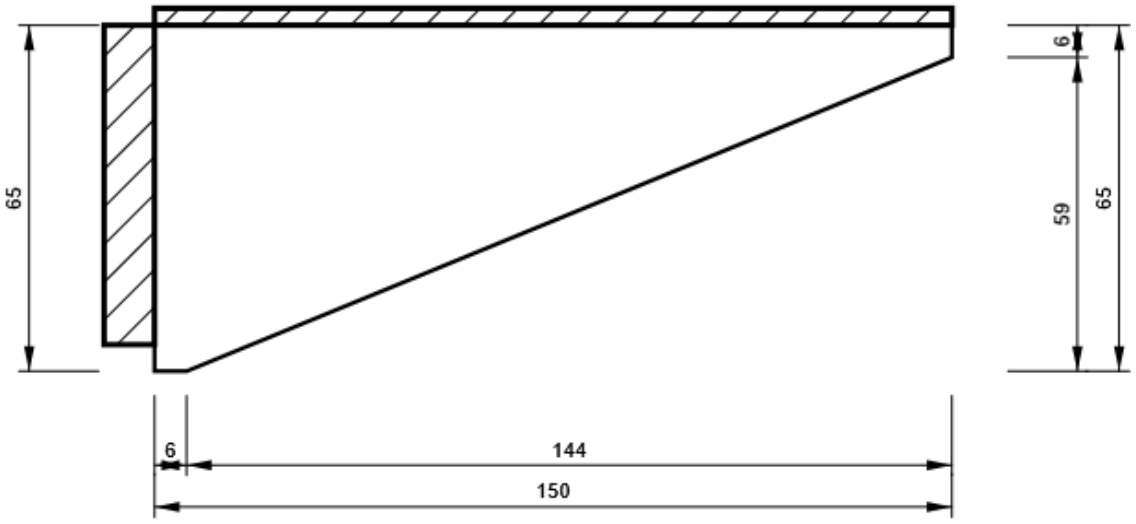
RIB2

P9,5x150-65 (A500, Gr. C)



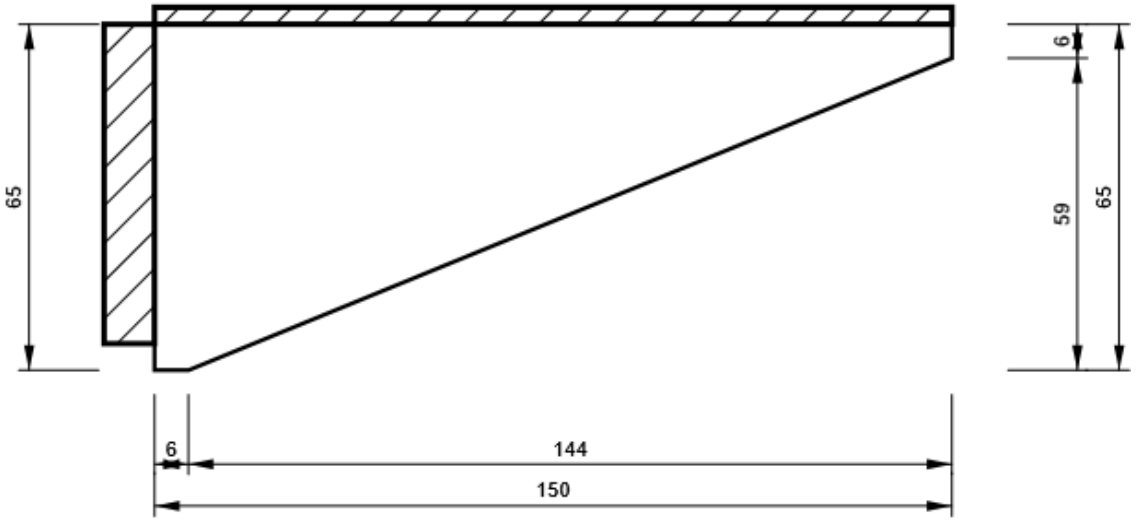
RIB3

P9,5x150-65 (A500, Gr. C)



RIB4

P2,0x150-65 (A500, Gr. C)



Explicación del símbolo

Símbolo	Explicación del símbolo
ε_{Pl}	Deformación
f_y	Límite elástico
ε_{lim}	Límite de la deformación plástica
N_f	Fuerza de tracción
V	Resultante de las fuerzas cortantes Vy, Vz en el tornillo.
ϕN_{cbg}	Resistencia al arrancamiento del cono de hormigón a tracción de acuerdo con – ACI 318-14 – 17.4.2
ϕV_{cp}	Resistencia al desprendimiento del hormigón por cabeceo del anclaje a cortante de acuerdo con – ACI 318-14 – 17.5.3
Ut	Utilización
Ut_s	Utilización a cortante
Ut_{ts}	Utilización a tensión y cortante EN 1993-1-8 tabla 3.4
ϕN_{sa}	Resistencia del acero a tracción – ACI 318-14 – 17.4.1
φV_{sa}	Resistencia del acero a cortante – ACI 318-14 – 17.5.1
T_h	Espesor de garganta de soldadura
L_s	Tamaño de la soldadura
L	Longitud de la soldadura
L_c	Longitud del elemento de soldadura crítico
F_n	Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
ϕRn_w	Resistencia de la soldadura, AISC 360-10 J2.4
A_1	Área cargada
A_2	Área de soporte
σ	Tensión media en el hormigón
V_r	Resistencia a cortante
μ	Coeficiente de fricción entre la placa de anclaje y el bloque de hormigón

Configuración de la norma

Ítem	Valor	Unidad	Referencia

Ítem	Valor	Unidad	Referencia
Coeficiente de fricción - hormigón	0,40	-	ACI 349 – B.6.1.4
Coeficiente de fricción en la resistencia a deslizamiento	0,30	-	AISC 360-16 J3.8
Deformación plástica límite	0,05	-	
Evaluación de la tensión de la soldadura	Redistribución plástica		
Detallado	No		
Distancia entre tornillos [d]	2,66	-	AISC 360-16 – J3.3
Distancia entre tornillos y el borde [d]	1,25	-	AISC 360-16 – J.3.4
Resistencia al arrancamiento del cono de hormigón	Ambos		
Resistencia del metal base en la cara de fusión de la soldadura	Sí		AISC 360-16: J2-2
Hormigón fisurado	Sí		ACI 318-14 – Chapter 17
Comprobación de la deformación local	Sí		
Deformación límite local	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
No linealidad geométrica (GMNA)	Sí		Grandes deformaciones para secciones huecas