



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación Estudios de Posgrado

**“IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE
ALMACENAMIENTO AUTOMATIZADO DE ALTA ESTIBA
TIPO SCHAEFER EN EL TERRITORIO MEXICANO”**

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA

Presenta:

ING. EMMANUEL MARTÍNEZ COLEXCUA

Director de tesis:

M. en I. EDGAR IRAM VILLAGRAN ARROYO

Puebla, Pue.

Junio 2021

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

M. en I. Ángel Cecilio Guerrero Zamora
Director de la Facultad de Ingeniería, BUAP.

P r e s e n t e :

Por este medio, el que suscribe **M. en I. Edgar Iram Villagrán Arroyo**, Asesor del trabajo de tesis denominado "**Implementación de sistemas de almacenamiento automatizado de alta estiba tipo Schaefer en el territorio mexicano**", presentado por el Ing. Emmanuel Martínez Colexcua, con No. de Matrícula **219470111**, estudiante de la Opción Terminal Estructuras de la **Maestría en Ingeniería** de esta Facultad de Ingeniería, informo a usted que, habiendo revisado el contenido temático del documento y su redacción, cumple con las disposiciones reglamentarias, por lo que no existe inconveniente alguno en **autorizar la impresión** de la tesis.

Se hace de su conocimiento para los fines legales a que haya lugar.

Atentamente

Puebla, Pue., a 23 de junio de 2021



M. en I. Edgar Iram Villagrán Arroyo
Asesor

c.c.p. M en I. Ana Elena Posada Sánchez, Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado,
c.c.p. Dr. Juan Pablo Hidalgo Toxqui, Coordinador del programa.
c.c.p. Interesado.
c.c.p. Archivo.



BUAP

Oficio No. SIEP/0936/2021

C. Emmanuel Martínez Colexcua

Matrícula 219470111

Pasante de la Maestría en Ingeniería
con opción terminal en Estructuras
Facultad de Ingeniería, BUAP.

Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Angel Cecilio Guerrero Zamora, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo con su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema titulado: **Implementación de sistemas de almacenamiento automatizado de alta estiba tipo Schaefer en el territorio mexicano**, para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Estructuras, asignándose como Director al M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Zaragoza, Puebla, 06 de Mayo de 2021.

M.I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director



C.c.p. M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo, Director del Tema de Tesis

C.c.p. Archivo

AEPS/JPHT/sco*

Ciudad de México, a 16 de junio de 2021

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería.

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado.

Maestría en Ingeniería con Opción Terminal en Estructuras.

A quien corresponda.

Por medio de la presente, la empresa Schaefer Sistemas International, S.A. de C.V., con R.F.C. SSI010307JH1, número de registro patronal Y6041683100 y con domicilio en Calle Lope de Vega 125 piso 9 Colonia Polanco V Sección, Delegación Miguel Hidalgo C.P. 11560, Ciudad de México, hace de conocimiento que C. EMMANUEL MARTÍNEZ COLEXCUA con matrícula 219470111, estudiante de Maestría en Ingeniería con opción terminal en Estructuras, desarrolló y cálculo el proyecto “SLE-Orbiter-Silo (High Bay Warehouse)”; y que a su vez se le autoriza al maestrante la utilización de la información obtenida, con fines académicos en el tema de tesis:

“IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO AUTOMATIZADO DE ALTA ESTIBA TIPO SCHAEFER EN EL TERRITORIO MEXICANO”.

Sirva la presente para los fines legales y administrativos a los que haya lugar.



.....
ALFREDO URÍA GARCÍA.

SSI SCHAEFER SISTEMAS INTERNATIONAL S.A. DE C.V.

ÁREA MANAGER MÉXICO.

DEDICATORIA.

A mis hijas SOFÍA y MARÍA que, a pesar de las dificultades, el sufrimiento y frustración que siento por no tenerlas a mi lado fueron son y serán siempre la razón y motivación para seguir adelante.

Con este trabajo dedicado a ustedes les quiero mostrar que su papá jamás se ha dado por vencido, honro sus vidas con el fruto de mi trabajo y esfuerzo diario. A ustedes dedico mis desvelos, mis triunfos y la esperanza que tengo por una vida mejor a su lado.

“El amor es paciente y bondadoso. El amor no es celoso. No presume, no es arrogante, no se comporta con rudeza, no es egoísta, ni se enoja con facilidad. No lleva cuenta del daño, el amor no se deleita en la maldad, sino que se regocija con la verdad. El amor todo lo soporta, todo lo cree, todo lo espera, todo lo aguanta”

Primera Carta a los Corintios 13:4

AGRADECIMIENTOS.

Gracias a mi padre Jehová y a Jesucristo fortaleza mía en los días de soledad y tristeza.

“Haz de Jehová tu mayor deleite, y él te concederá los deseos de tu corazón”

Salmos 37:4

Gracias a mis Padres EDUARDO y VIRGINIA por enseñarme a ser un hombre honorable e impulsarme a perseguir mis sueños, por darme la fuerza y amor necesarios que le dieron valor a mi vida.

Gracias a mi Abuela materna MAURITA por su incondicional apoyo y por creer en mí mucho más de lo que yo mismo creo en mí.

Gracias a mis compañeros de viaje, mis hermanos VERÓNICA, GABRIELA, EDUARDO y FERNANDO a los que amo con todo el corazón porque con ellos he crecido, he llorado, he reído, he jugado, he peleado y a pesar de eso siguen siendo mi mayor apoyo.

Gracias a mis niños, VANESA, JIMENA, FRANCO, SOFÍA, RAFAEL, MARÍA y MATÍAS las mayores bendiciones que pudo darme Jehová en esta vida.

“LEVÁNTATE, SUSPIRA, SONRIE Y SIGUE ADELANTE”

.....Si luchas por lo que amas, tarde o temprano llegará, las grandes cosas
llevan su tiempo.

ÍNDICE.

OFICIO DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS. _____	1
DEDICATORIA. _____	3
AGRADECIMIENTOS. _____	4
ÍNDICE. _____	5
ÍNDICE DE FIGURAS. _____	11
ÍNDICE DE TABLAS. _____	15
Resumen. _____	16
Abstract. _____	17
Introducción. _____	18
Capítulo 1: Reseña Histórica de las Estructuras de Almacenamiento de Alta Estiba. __	19
1.1 Sistemas de almacenamiento automatizados en el territorio mexicano. _____	21
CAPÍTULO 2: Análisis de datos del proyecto. _____	24
2.1 Normas y especificaciones empleadas. _____	29
2.2 Materiales. _____	30
2.2.1 Acero S 350 GD. _____	30
2.2.2 Acero S355 _____	30
2.3 Combinaciones de carga. _____	31
2.4 Análisis sísmico MDOC C.F.E 2015 _____	33
2.5 Información recopilada de la zona. _____	34
2.6 Fisiografía. _____	35
CAPITULO 3. Análisis Estructural del Proyecto. _____	40
3.1 General. _____	40
3.2 Consideraciones para el cálculo estructural. _____	41

3.3 Modelo Matemático 3D Software Dlubal GmbH 8.26.01x64 (Licencia de Estudiante).	44
3.3.1 Modelo Matemático Isométrico; Transversal Software Dlubal GmbH 8.26.01x64 (Licencia de Estudiante).	45
3.3.2 Modelo Matemático Isométrico; Transversal Software Dlubal GmbH 8.26.01x64 (Licencia de Estudiante).	46
3.4 Secciones transversales bloque exterior.	47
3.5 Secciones transversales bloque interno.	48
3.6 Análisis de Cargas Muertas.	49
3.7 Análisis de Cargas de Uso.	50
3.8 Análisis de Cargas por Imperfección.	52
3.9 Análisis de cargas operativas por transelevador.	53
3.10 Análisis de cargas de viento.	55
3.11 Análisis de Cargas por Sismo.	61
3.12 Condiciones geotécnicas y trabajo de campo.	62
3.13 Obtención del periodo fundamental del suelo.	63
3.14 Método sísmico DOWN-HOLE para la determinación de velocidades de onda de cortante VS del suelo.	66
3.15 Peligro Sísmico.	70
3.16 Análisis de respuesta de sitio.	72
3.17 Espectro de sitio.	74
3.18 Análisis Estructural Sistema HBW.	89
3.19 Primera sección de puntales perímetro del sistema SSI Schäfer HBW.	90
3.19.1 Sección transversal HEB 180 (S 355).	91
3.19.2 Revisión sección transversal HEB 180 (S 355).	92
3.19.3 Diseño de placa base y anclaje sección transversal HEB 180 (S 355).	94
3.19.4 Resumen posición.	95

3.19.5	Diseño de empalme Estructura-Mezzanine niveles (+3,500 [mm]; 6,910 [mm])	96
3.19.6	Segunda sección de puntales perímetro del sistema SSI Schäfer HBW.	99
3.19.7	Sección transversal HEA 160 (S 355).	101
3.20	Diseño de empalmes superior e inferior	102
3.20.1	Diseño de empalme Estructura-Mezzanine.	103
3.21	Tercera y cuarta sección de puntales perímetro del sistema SSI Schäfer HBW.	106
3.21.1	Sección transversal HEA 160 (S 355).	108
3.21.2	Diseño de empalmes superior e inferior.	109
3.22	Diseño de diagonales perimetrales del sistema.	110
3.22.1	Carga axial combinación determinante.	111
3.22.2	Sección transversal QRO 60X4 (S 355).	112
3.22.3	Revisión de diagonales perimetrales.	113
3.23	Conexiones horizontales perímetro del sistema.	114
3.23.1	Sección transversal QRO 60x4 (S 355).	115
3.23.2	Revisión de secciones perimetrales del sistema.	116
3.23.3	Revisión de las conexiones con el puntal.	117
3.24	Arriostrado Vertical.	118
3.24.1	Carga axial combinación determinante en el arriostrado vertical del sistema.	119
3.24.2	Revisión arriostrado vertical.	120
3.24.3	Arriostrado vertical barras a tracción.	123
3.24.4	Cargas axiales máximas, barras a tracción	124
3.24.5	Revisión barras a tracción.	125
3.25	Revisión traveses secundarias para Mezzanine nivel +3,500 [mm].	126
3.25.1	Diagramas de resultados traveses secundarias.	127
3.25.2	Propiedades mecánicas sección transversal IPE 270 (S 355).	128
3.25.3	Revisión de conexión con sección HEA 500 (S 355).	129

3.25.4 Revisión de la conexión HEA 500 (S 355).	130
3.26 Vigas para Mezzanine nivel +3,500.	131
3.26.1 Propiedades Mecánicas Sección IPE 450 (S 355).	132
3.26.2 Diagramas de resultados vigas Mezzanine nivel +3,500 [mm].	133
3.26.3 Conexión con multipanel de fachada.	134
3.26.4 Revisión de la conexión IPE 450 con multipanel de fachada (S 355).	135
3.26.5 Revisión de la conexión IPE 450 con viga portante (S 355).	136
3.27 Revisión vigas longitudinales Mezzanine nivel +3,500 [mm]	137
3.27.1 Propiedades mecánicas sección IPE 240 (S 355).	138
3.27.2 Diagramas de resultados vigas longitudinales Mezzanine nivel +3,500 [mm].	139
3.28 Revisión vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm].	141
3.28.1 Propiedades mecánicas sección transversal IPE 270 (S 355).	142
3.28.2 Diagramas de resultados vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm].	143
3.28.3 Revisión de la conexión vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm].	144
3.29 Revisión puntales tipo SP 140/120/3.5 (S 350 GD).	147
3.29.1 Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).	148
3.29.2 Propiedades mecánicas puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).	149
3.29.3 Comprobación matemática puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).	150
3.29.4 Diseño de la conexión para puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).	162
3.29.5 Revisión de la conexión para puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).	163
3.29.6 Reducción de sección para 3er tramo de puntales.	164
3.29.7 Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).	165
3.29.8 Propiedades mecánicas puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).	166
3.29.9 Comprobación matemática puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).	167

3.29.10 Revisión de la conexión para puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).	180
3.29.11 Reducción de sección para 4to tramo de puntales.	181
3.29.12 Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).	182
3.29.13 Propiedades mecánicas puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).	183
3.29.14 Comprobación matemática puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).	184
3.29.15 Revisión de la conexión para puntales con multi panel de techo.	193
3.29.16 Puntales para fachada.	195
3.29.17 Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).	196
3.29.18 Comprobación matemática puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).	197
3.30 Diagonales marcos interiores primero y segundo nivel.	205
3.30.1 Propiedades mecánicas sección transversal QRO 60x4 (S 355).	206
3.30.2 Comprobación matemática diagonales QRO 60x4 (S 355).	207
3.30.3 Diagonales marcos interiores tercer nivel.	208
3.30.4 Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/3.0 (S 350 GD).	209
3.30.5 Comprobación matemática diagonales C 60/40/3.0 (S 355).	210
3.30.6 Revisión de la conexión diagonal-puntal C60/40/8/3.0.	219
3.30.7 Diagonales marcos interiores tercer nivel bloque central.	221
3.30.8 Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/2.5 (S 350 GD).	222
3.30.9 Comprobación matemática diagonales C 60/40/2.5 (S 355).	223
3.30.10 Revisión de la conexión diagonal-puntal C60/40/8/2.5 (S 350 GD).	232
3.31 Barras de refuerzo, bloque interior, tercer nivel conexión con pasillo de picking.	234
3.31.1 Propiedades mecánicas barras de refuerzo QRO 50x4.0 (S 355) bloque interior, tercer nivel conexión con pasillo de picking.	235
3.31.2 Comprobación matemática barras de refuerzo QRO 50x4.0 (S 355) bloque interior, tercer nivel conexión con pasillo de picking.	236
3.32 Diagonales marcos interiores cuarto nivel.	239
3.32.1 Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/2.0 (S 350 GD).	240

3.32.2 Comprobación matemática diagonales C 60/40/2.0 (S 350).	241
3.32.3 Revisión de la conexión diagonal-puntal C60/40/8/2.0 (S 350 GD).	249
3.33 Comprobación matemática de anclaje HAS-E-55 1 1/4”	251
3.34 Comprobación matemática de anclaje HAS-E-55 7/8”	262
3.35 Requisitos y estrategias para almacenamiento y llenado de un almacén automático de alta estiba tipo Schäfer.	273
Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones.	276
4.1 Conclusiones.	276
4.2 Recomendaciones.	279
Anexo I: Carta de solicitud de proyecto empresa Schaefer Sistemas International S.A. de C.V.	284
Anexo II: Aprobaciones Instituto Alemán de Tecnología en la Construcción “DiBt”	286
Anexo III: Planos del Proyecto	321
Anexo IV: Orden de compra Estudio de Mecánica de Suelos.	325
Anexo V: Aprobación Losa de Concreto.	326
Anexo VI: Reporte Fotográfico Ejecución de Obra.	327
Anexo VII: Cédula D.R.O. EMMANUEL MARTÍNEZ COLEXCUA.	330
Bibliografía	332

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Software de Análisis y Cálculo Estructural DLUBAL GmbH	20
Figura 2: Aprobación Z-14.8-678(Deutsches Institute für Bautechnik , 2019) Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Berlin; DIBt	25
Figura 3: Estudio de Mecánica de Suelos para el Proyecto La Costeña.	27
Figura 4: Configuración transversal del sistema, Eje X3.	28
Figura 5: Propiedades del material S 350GD.	30
Figura 6: Propiedades del material S 355.	30
Figura 7: DIN/EN 15512 Steel static storage systems 2020.	31
Figura 8: Ecatepec de Morelos Estado de México.	33
Figura 9: Ubicación geográfica proyecto HBW.	34
Figura 10: Ubicación de Ecatepec.	35
Figura 11: Mapa Fisiográfico del Municipio de Ecatepec	38
Figura 12: Corte transversal del sistema eje X3	41
Figura 13: Corte longitudinal del sistema eje Z25	42
Figura 14: Vista en planta del sistema.	43
Figura 15: Vista en Isométrico del modelo matemático 3D	44
Figura 16: Corte Transversal del modelo matemático.	45
Figura 17: Corte Longitudinal del modelo matemático.	46
Figura 18: Secciones transversales bloque externo eje X3-X19	47
Figura 19: Secciones transversales bloque externo eje X3-X19	48
Figura 20: Transelevador EXYZ; Stacker Crane SSI Schäfer.	54
Figura 21: Ubicación del sitio en estudio.	62
Figura 22: Acelerógrafo GEOBOX SARA de tres componentes.	64
Figura 23: Arreglo de laptop-Acelerógrafo. Punto VA 02 Patio de maniobras.	64
Figura 24: VA 02. Vista del registro, en sus diferentes componentes.	65
Figura 25: Cociente espectral calculado, correspondientes al registro de campo del VA 02. La línea vertical define el ancho de banda de la frecuencia media en la que oscila.	65
Figura 26: Equipo empleado método sísmico Down-Hole.	67
Figura 27: Perfil de velocidades de onda de corte V_s	68
Figura 28: Localización del sitio de estudio en el programa PRODISIS V4.1.	71
Figura 29: Espectro de peligro uniforme CFE 2015.	71

Figura 30: Espectro transparente de respuesta y propuesto para estructuras del grupo B, determinados con la metodología de CFE, 2015	73
Figura 31: Comparación del espectro transparente de respuesta y propuesto para estructuras del grupo B, determinados con la metodología de CFE, 2015	73
Figura 32: Espectro de Sitio.	88
Figura 33: Puntales marco exterior, pasillos.	90
Figura 34: Diagramas de resultados en el miembro.	90
Figura 35: Propiedades mecánicas sección transversal HEB 160 (S 355).	91
Figura 36: Esquema sección transversal HEB 180, placa base y anclaje.	95
Figura 37: Larguero HEB 300 para empalme niveles (+3,500 [mm]; 6,910[mm]).	96
Figura 38: Diagrama de resultados en el miembro para combinación determinante.	96
Figura 39: Geometría y diseño de la conexión estructura-Mezzanine (+3,500 [mm]; 6,910 [mm]).	97
Figura 40: Posición de los empalmes longitudinales de la sección HEB 300.	98
Figura 41: Esquema y geometría para empalme longitudinal HEB 300.	98
Figura 42: Puntales 2ª sección sistema HBW.	99
Figura 43: Diagramas de resultados en el miembro.	100
Figura 44: Propiedades mecánicas sección transversal HEA 160 (S 355).	101
Figura 45: Propiedades mecánicas sección transversal HEB 240 (S 355).	104
Figura 46: Esquema y geometría para empalme longitudinal HEB 240 (S 355).	105
Figura 47: Puntales 3ª y 4ª sección sistema HBW.	106
Figura 48: Diagramas de resultados en el miembro.	107
Figura 49: Propiedades mecánicas sección transversal HEA 160 (S 355).	108
Figura 50: Diagonales perimetrales del sistema.	110
Figura 51: Cargas axiales presentes en las diagonales del sistema, combinación determinante.	111
Figura 52: Propiedades mecánicas sección transversal QRO 60X4.0 (S 355).	112
Figura 53: Propiedades mecánicas sección transversal QRO 60X4 (S 355).	115
Figura 54: Detalle de la conexión QROx4 - Puntales.	117
Figura 55: Arriostrado Vertical 1er nivel.	118
Figura 56: Cargas axiales presentes en el arriostrado vertical del sistema, combinación determinante	119
Figura 57: Esquema placa base para arriostrados verticales.	121
Figura 58: Arriostrado vertical; Barras a tracción.	123

Figura 59: Cargas axiales presentes en el arriostrado vertical, barras a tracción combinación determinante_____	124
Figura 60: Trabes secundarias para Mezzanine nivel 3,500 [mm] _____	126
Figura 61: Diagramas de resultados trabes secundarias. _____	127
Figura 62: Propiedades mecánicas sección IPE 270 (S 355). _____	128
Figura 63: Esquema y geometría conexiones IPE 270 (S 355)-HEA 500 (S 355). _____	129
Figura 64: Vigas Mezzanine nivel +3,500 [mm]_____	131
Figura 65: Propiedades Mecánicas Sección IPE 450 (S 355). _____	132
Figura 66: Diagramas de resultados vigas Mezzanine nivel +3,500 [mm]. _____	133
Figura 67: Esquema de la conexión IPE 450 _____	134
Figura 68: Vigas Mezzanine nivel +3,500 [mm]_____	137
Figura 69: Propiedades mecánicas sección IPE 240 (S 355). _____	138
Figura 70: Diagramas de resultados vigas longitudinales Mezzanine nivel +3,500 [mm].	139
Figura 71: vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm]. _____	141
Figura 72: Propiedades mecánicas sección IPE 270 (S 355). _____	142
Figura 73: Diagramas de resultados vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm]. _____	143
Figura 74: Esquema y geometría conexiones vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm]. _____	145
Figura 75: Detalle de la conexión. _____	145
Figura 76: Puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD). _____	147
Figura 77: Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD)._____	148
Figura 78: Diseño de la conexión para puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD). _____	162
Figura 79: Reducción de sección puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD). _____	164
Figura 80: Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD)._____	165
Figura 81: Diseño de la conexión para puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD). _____	179
Figura 82: Reducción de sección puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD). _____	181
Figura 83: Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD)._____	182
Figura 84: Diseño de la conexión para puntales con multi panel de techo. _____	192
Figura 85: Revisión de puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD) para fachada. _____	195
Figura 86: Diagonales marcos interiores primero y segundo nivel._____	205
Figura 87: Fuerza axial actuante en las diagonales primero y segundo nivel. _____	205
Figura 88: Propiedades mecánicas sección transversal QRO 60X4 (S 355). _____	206

Figura 89: Diagonales marcos interiores tercer nivel. _____	208
Figura 90: Fuerza axial actuante en las diagonales tercer nivel. _____	208
Figura 91: Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/3.0 (S 350 GD). _____	209
Figura 92: Diagrama de la conexión diagonal-puntal. _____	219
Figura 93: Diagonales marcos interiores tercer nivel bloque central. _____	221
Figura 94: Fuerza axial actuante en las diagonales de los marcos interiores tercer nivel bloque central. _____	221
Figura 95: Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/2.5 (S 350 GD). _____	222
Figura 96: Diagrama de la conexión diagonal-puntal. _____	232
Figura 97: Barras de refuerzo, bloque interior, tercer nivel conexión con pasillo de picking. _____	234
Figura 98: Fuerza actuante en las barras de refuerzo, bloque interior, tercer nivel conexión con pasillo de picking. _____	234
Figura 99: Propiedades mecánicas barras de refuerzo QRO 50x4.0 (S 355) _____	235
Figura 100: Detalle del refuerzo en la unión del arriostramiento. _____	236
Figura 101: Detalle del reforzamiento del puntal para la conexión en la unión del arriostramiento. _____	238
Figura 102: Diagonales marcos interiores cuarto nivel. _____	239
Figura 103: Fuerza actuante en las diagonales marcos interiores cuarto nivel. _____	239
Figura 104: Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/2.0 (S 350 GD). _____	240
Figura 105: Diagrama de la conexión diagonal-puntal. _____	249
Figura 106: Proceso de carga inicial sistema HBW. _____	274

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Combinaciones de carga DIN/EN 15512-2020 _____	32
Tabla 2: Provincias fisiográficas y principales topoformas en Ecatepec. _____	37
Tabla 3: Periodo fundamental del depósito de suelo. _____	66
Tabla 4: Velocidades de onda P, S y descripción estratigráfica en función información geotécnica. _____	69
Tabla 5: Valores de los parámetros del espectro propuesto CFE-2015 para estructuras del grupo B. _____	74
Tabla 6: Valores de Pseudo-Aceleración para el espectro de sitio. _____	88

Resumen.

El presente estudio tiene como antecedente implementar de manera adecuada los sistemas de almacenamiento automatizados de alta estiba de la empresa Schaefer Sistemas International S.A. de C.V. dentro del territorio mexicano buscando en todo momento la seguridad de los usuarios finales y la estructura en general.

La paletización o la utilización masiva y adecuada de los “Pallets” como unidades de carga permite cumplir con objetivos precisos dentro de la industria moderna ofreciendo un potencial y significativo ahorro de tiempo y recursos a través de toda la cadena de suministro, siendo una pieza vital para su integración dentro de un sistema.

El proceso de análisis incluye en primer lugar el modelado matemático del sistema considerando los casos y combinaciones de carga estipulados en las normas europeas vigentes en conjunto con el análisis sísmico modal espectral con base en las aceleraciones y formulaciones de las normas mexicanas vigentes.

Por medio de nuestro estudio, se revisa y propone la estructuración, límites a los desplazamientos y deformaciones de las secciones transversales de acero delgado dentro del sistema de almacenamiento automatizado de alta estiba de la empresa Schaefer Sistemas International S.A. de C.V.

Por lo anterior, nuestro estudio centra su atención en el cálculo, diseño y ejecución del proyecto de almacenamiento automatizado de alta estiba para una empresa de conservas enlatadas ubicada en Ecatepec de Morelos en el Estado de México.

Debido a que los usuarios finales y la seguridad estructural son la razón y origen de nuestro estudio, es indispensable satisfacer las demandas de esfuerzo presentes en la estructura ante las diferentes condiciones de carga gravitacionales, así como las cargas accidentales tales como sismo y viento a las cuales estará sometida la superestructura.

Abstract.

The present study has as a precedent to adequately implement the automated High Bay Warehouse storage systems of the company Schaefer Systems International S.A. within the Mexican territory always looking for the safety of the final users and the structure in general.

The palletization or the massive and adequate use of the “Pallets” as a load unit allows us to meet precise objectives within the modern industry offering a potential and significant saving of time and resources throughout the entire supply chain, being a vital piece for its integration into a system.

The analysis process includes firstly the mathematical modeling of the system considering the load cases and combinations stipulated in the current European standards in conjunction with the spectral modal seismic analysis based on the accelerations and formulations of the current Mexican standards.

Through our study, the structuring, limits to displacements and deformations of the thin steel cross sections within the automated High Bay Warehouse storage system of the company Schaefer Systems International S.A.

Therefore, our study focuses its attention on the calculation, design and execution of the automated High Bay Warehouse storage project for a canned food company located in Ecatepec de Morelos in the Mexico State.

Because the final users and structural safety are the real reason and origin of our study, it is essential to satisfy the demands present in the structure in the face of different gravitational load conditions, as well as accidental loads such as earthquakes and wind. which the superstructure will be subject to.

Introducción.

Hoy en día, el 80% de la producción de la empresa de conservas, se encuentra centralizada en Ecatepec de Morelos, México. Por esta razón, es necesario que sus flujos internos sean mucho más eficientes.

Las bases y alcances del presente trabajo se encuentran claramente definidas con base a las necesidades de la empresa de conservas para satisfacer las 29,700 ubicaciones de almacenaje cumpliendo con la correcta rotación de lotes funcionalidad e integración de todo el almacén.

El proyecto en cuestión romperá paradigmas en los procesos que existen actualmente en el mercado. Nuestro estudio representa un gran reto que a mediano y largo plazo será una gran ventaja competitiva para la empresa de conservas a nivel mundial.

El presente trabajo contiene la siguiente información a saber:

Capítulo I: Reseña Histórica de las Estructuras de Almacenamiento de Alta Estiba.

Capítulo II: Análisis de datos del Proyecto.

Capítulo III: Análisis Estructural del Proyecto.

Capítulo VIII: Conclusiones y Recomendaciones

Anexo I: Carta de solicitud de proyecto empresa Schaefer Sistemas International S.A. de C.V.

Anexo III: Planos del Proyecto

Anexo IV: Orden de compra Estudio de Mecánica de Suelos.

Anexo V: Aprobación Losa de Concreto.

Anexo VI: Reporte Fotográfico Ejecución de Obra.

Anexo VII: Cédula D.R.O. EMMANUEL MARTÍNEZ COLEXCUA.

Bibliografía

Capítulo 1: Reseña Histórica de las Estructuras de Almacenamiento de Alta Estiba.

En la actualidad las estructuras de almacenamiento de alta estiba HBW han tomado fuerza e importancia en los últimos años a lo largo y ancho del planeta. Desde hace más de 80 años este tipo de estructuras han sido empleadas en países europeos por las grandes empresas logrando la eficiencia de los recursos, procesos de almacenaje, distribución y cadena de suministro.

El impacto de nuestro estudio radica en comprender que las estructuras de almacenamiento de alta estiba tipo racks autoportantes son estructuras flexibles con ciclos históricos amplios antes de llegar a la falla lo que implica que son estructuras dúctiles no obstante este tipo de estructuras no han sido diseñadas para soportar grandes deformaciones ante acciones accidentales tales como las cargas generadas por sismo y viento recurrentes en nuestro país. Las recientes catástrofes ocurridas en 2017 en el territorio mexicano nos dejaron enseñanzas importantes en el tema de los desplazamientos y fallas ocasionadas por cargas accidentales ajenas a los principios de diseño establecidos en las normas europeas creando la necesidad de establecer algunas limitantes en los desplazamientos y deflexiones permitidas para las estructuras de almacenamiento de alta estiba HBW (High Bay Warehouse) que nos permitan entender de mejor manera el comportamiento y anticipar posibles desgracias o accidentes evitando pérdidas humanas y económicas a las familias y empresas de nuestro país.

Nuestro estudio se realizará con base en el uso de coeficientes sísmicos propios de las normas mexicanas para la obtención de los momentos máximos en las secciones transversales utilizadas para la estructuración de los sistemas de almacenamiento automatizados tomando en cuenta el tipo de suelo, aceleraciones de terreno y factores necesarios para el correcto análisis de nuestras estructuras.

La obtención de estas envolventes y resultados representan un procedimiento complejo por lo que se hará uso de programas de cálculo estructural especializado para la obtención de resultados reales que nos sirvan como evidencia para una correcta y segura estructuración de los sistemas de almacenamiento automatizados de alta estiba tipo Schäfer.

Para nuestro estudio, se utilizará el programa de diseño y calculo estructural R. Stab de la empresa Dlubal GmbH para la obtención de los resultados numéricos del análisis estructural, en dónde se obtendrán valores resultantes del equilibrio de fuerzas y momentos resultantes de los modelos, así como sus posibles variantes. Así mismo se utilizará el programa Shape Thin de la empresa Dlubal GmbH para la obtención de las propiedades mecánicas de las diferentes secciones transversales del sistema.



Figura 1: Software de Análisis y Cálculo Estructural DLUBAL GmbH

Al realizar el análisis de los sistemas de almacenamiento de alta estiba HBW nos percatamos que el comportamiento estructural de las mismas resulta no ser el adecuado para soportar grandes esfuerzos y deformaciones causadas por cargas accidentales por lo tanto se estudiarán diferentes casos, geometrías y

estructuraciones que no han sido tema de estudio en las normas y códigos europeos creando la necesidad de establecer algunas limitantes en los desplazamientos y esfuerzos admisibles que nos permitan la correcta implementación de esta tecnología dentro de nuestro país.

Finalmente se realizará una comparativa de los resultados obtenidos y se analizará la información con el objetivo de determinar los parámetros de diseño que permitan obtener los momentos y cargas máximas permisibles para este tipo de sistemas dentro del territorio mexicano buscando hacer más eficientes los tiempos de diseño, entrega y revisión cuidando la seguridad de los usuarios finales y la estructura en general.

1.1 Sistemas de almacenamiento automatizados en el territorio mexicano.

El presente trabajo de investigación sobre la implementación de la tecnología alemana de sistemas de almacenamiento automatizados de alta estiba con base en acero de laminación en frío dentro del territorio mexicano tiene como principal motivación resolver la necesidad de la empresa Schaefer Sistemas International S.A. de C.V. para ofrecer sistemas de calidad, flexibilidad y estructuralmente seguros que permitan el almacenaje de todo tipo de unidades de carga convencionales para la industria.

La tecnología de almacenamiento de gran altura resulta especialmente importante para dar respuesta a las necesidades de nuestros clientes además de presentar ventajas como alta densidad de almacenamiento, acceso directo a los productos almacenados con un elevado nivel de seguridad, velocidad en los procesos y un aprovechamiento óptimo del espacio.

La entrada de la intralogística en el territorio mexicano y en especial el constante crecimiento del uso de esta tecnología han influenciado positivamente los tiempos de entrega y la presencia de las empresas nacionales e internacionales para distribuir sus productos y servicios dentro del territorio nacional. Sin embargo, hoy las normas y códigos vigentes se encuentran limitadas a la implementación de nuestros sistemas al interior del continente europeo por lo tanto no existe una correspondencia que nos confiera los lineamientos o parámetros reales para el diseño que ayude a los ingenieros mexicanos para el correcto dimensionamiento y revisión estructural de este tipo de sistemas.

Hoy en día el almacenamiento es uno de los eslabones clave en toda la cadena de abastecimiento y suministro en la industria por lo tanto implementar sistemas de automatización no solo disminuye el riesgo frente a errores humanos, sino que además optimiza las operaciones de suministro y logística de una organización.

En el mundo empresarial moderno todos los caminos conducen a la automatización de la estiba por lo tanto el uso de sistemas estructurales y herramientas tecnológicas para el desarrollo de procesos de negocio se ha planteado como una necesidad urgente de implementar debido a que sustenta el progreso de una organización y su posición estratégica frente a un mercado global cada vez más competitivo.

En intralogística, el almacenamiento se divide en dos ramas: sistemas convencionales y sistemas automáticos, siendo estos últimos ampliamente utilizados en países industrializados. A pesar de lo anterior, en México aún predominan los sistemas convencionales, un hecho que puede afectar la competitividad local frente a empresas de países más desarrollados los cuales en los últimos años han apostado por la automatización de sus procesos logísticos para atender, de manera eficiente y a menor costo y tiempo las demandas internas y externas que traen como resultado los tratados comerciales vigentes. Los mercados mundiales nos orillan al uso de almacenes verticales de alta densidad operados a partir de transelevadores gestionados automáticamente con poca o nula

intervención humana que nos garanticen una mejor distribución y agilidad, así como un control preciso y en tiempo real del inventario, trazabilidad de productos y su disponibilidad de cara a abastecer las demandas de los clientes y usuarios finales.

CAPÍTULO 2: Análisis de datos del proyecto.

El presente trabajo de investigación incluye los cálculos para el sistema de estantería High Bay Warehouse con largueros longitudinales de la empresa Schaefer Sistemas International S.A. de C.V. para una empresa de conservas reconocida a nivel mundial ubicado en, Santa María Tulpetlac, C.P. 55400 Ecatepec de Morelos, México.

La estructura y dimensiones para la construcción del sistema se han tomado de los siguientes planos.

- I. SSI-MX-19-ARQ-2414264-Planta-Conservas-Ecatepec
- II. SSI-MX-19-ARQ-2414264-Transversal-Conservas-Ecatepec
- III. SSI-MX-19-ARQ-2414264-Longitudinal-Conservas-Ecatepec

La estabilización y el refuerzo del sistema de estantería se realiza mediante celosías en sentido transversal y mediante la rigidez de resorte rotacional de la unión Larguero-Puntal en el sentido longitudinal mediante un conector enganchado a los troqueles del puntal con base en la aprobación Z-14.8-678 del DiBT (Deutsches Institute für Bautechnik) “Instituto alemán de tecnología en la construcción”.

**Allgemeine
bauaufsichtliche
Zulassung/
Allgemeine
Bauartgenehmigung**

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten
Bautechnisches Prüfamt

Eine vom Bund und den Ländern
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts
Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Datum: 06.11.2019 Geschäftszeichen: I 35-1.14.8-85/18

Nummer:
Z-14.8-678

Antragsteller:
SSI Fritz Schäfer GmbH
Fritz-Schäfer-Straße 20
57290 Neunkirchen

Geltungsdauer
vom: **6. November 2019**
bis: **6. November 2024**

Gegenstand dieses Bescheides:
Palettenregalsystem PR - Anschlüsse Traverse-Stütze

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich
zugelassen/ genehmigt.
Dieser Bescheid umfasst acht Seiten und vier Anlagen (mit 10 Seiten).
Der Gegenstand ist erstmals am 2. September 2013 allgemein bauaufsichtlich zugelassen worden.

DIBt

Figura 2: Aprobación Z-14.8-678(Deutsches Institute für Bautechnik , 2019) Allgemeine
bauaufsichtliche Zulassung. Berlin; DIBt

El modelo matemático se realiza con ayuda del programa de cálculo y análisis estructural R-Stab 8.26.01x64 de la empresa Dlubal Ingenieursoftware GmbH, Tiefenbach (Licencia de estudiante).

Los cálculos se determinan tomando en cuenta los efectos de la teoría de II orden. Todo esto bajo la condición que todas las propiedades de la losa de concreto correspondan a una calidad de C20/25 o superior, la transferencia de esfuerzos de tracción puede demostrarse en la losa de concreto mediante el anclaje a piso, así como el cumplimiento de las tensiones de contacto locales máximas bajo las placas base.

El cumplimiento de todas las pruebas necesarias para la transferencia de cargas a la losa de concreto y/o el comportamiento global de la misma (flexión, punzonamiento, etc.) deberán ser garantizadas por un ingeniero especialista en cálculo estático de losas de concreto. Se parte de concepción de una losa de concreto cuasi-rígida con un espesor mínimo $t_{\min}=600$ [mm]. El diseño sísmico se realizó mediante el método modal espectral utilizando como base de cálculo el Manual de Diseño de Obras Civiles, diseño por Sismo C.F.E. 2015 en conjunto con el documento Estudio de Mecánica de Suelos para el Proyecto elaborado por la empresa Al México Construcción Integral para la empresa Schaefer Sistemas International S.A. de C.V.

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA EL
PROYECTO “LA COSTEÑA”.**

UBICADO EN:

**VÍA MORELOS No. 268, SANTA MARÍA TULPETLAC,
ECATEPEC DE MORELOS, ESTADO DE MÉXICO**

ELABORADO PARA:

SCHAEFER SISTEMAS INTERNATIONAL S.A. DE C.V.

DICIEMBRE 2018

1

 87 A Oriente #1618, Granjas Ejidales San Isidro Puebla, Puebla C.P. 72587.

 (222) 8 82 75 90 / 91  www.aimexico.com.mx  contacto@aimexico.com.mx



Figura 3: Estudio de Mecánica de Suelos para el Proyecto La Costeña.

Las cargas de impacto, como el impacto con la carretilla/montacargas, no han sido consideradas en el cálculo y deberán evitarse tomando las medidas de control y seguridad adecuadas.

En la actual bodega número 3 de la planta de conservas ubicada en Ecatepec, Estado de México, se planea construir un rack o almacén automatizado de más de 40.0 metros de altura en un área de aproximadamente 1,560.0 m². Con el objetivo de conocer las condiciones estratigráficas del sitio y obtener los parámetros geotécnicos necesarios para el diseño de la cimentación, se realizó el presente estudio de mecánica de suelos. El área de estudio se localiza en las coordenadas UTM: X= 495,546.00, Y= 2, 163,086.00.

Los racks son estructuras de acero delgado prefabricados que se habilitan directamente en el sitio mediante pernos y tornillería, las placas base de éstos son ancladas usualmente en una losa de espesor considerable y de características particulares, sobre esta losa también se colocan las guías y apoyos de las grúas llamadas transelevadores de almacenamiento que se encargan de transferir los productos de manera automática y secuenciada a la estructura.

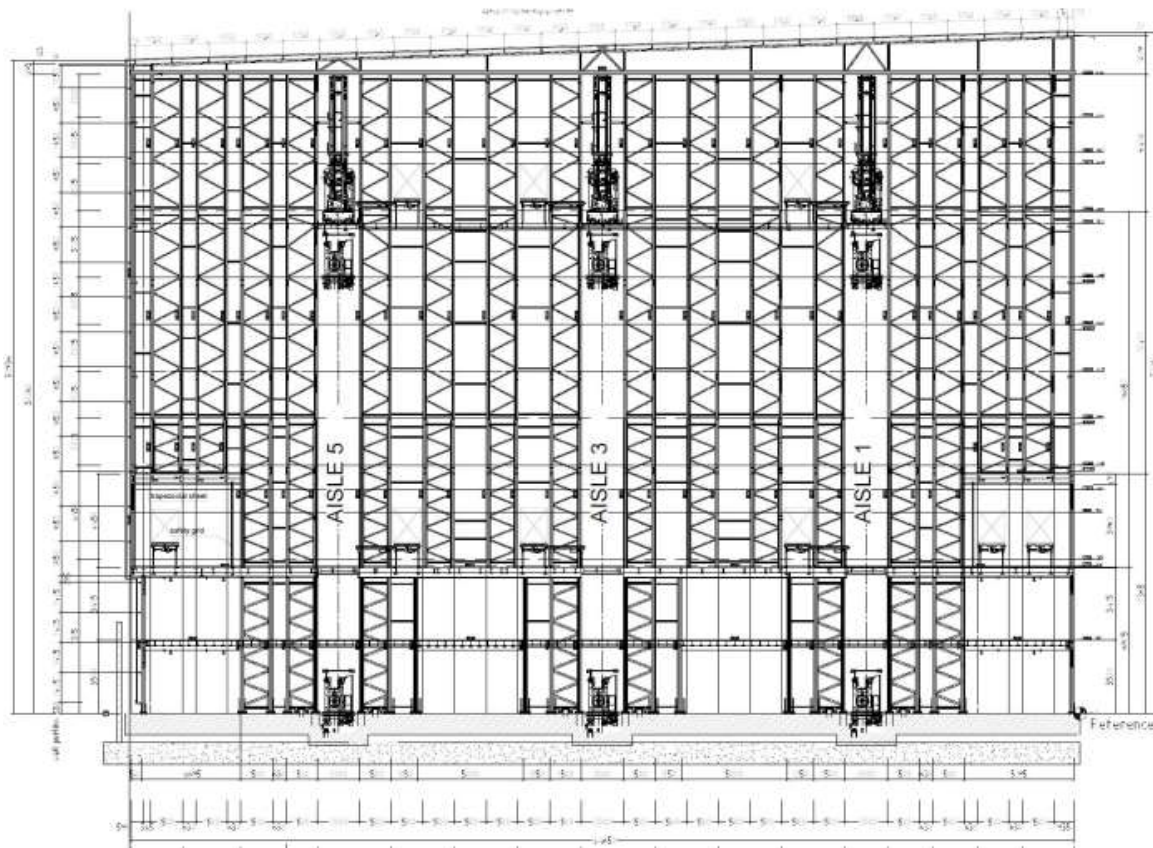


Figura 4: Configuración transversal del sistema, Eje X3.

2.1 Normas y especificaciones empleadas.

Las normas empleadas en nuestro estudio son de observancia general y aplicación obligatoria para el diseño y cálculo de los sistemas de almacenamiento de alta estiba. Actualmente, la Federación Europea de la Manutención el gestor principal para el desarrollo de los códigos para las estructuras tipo Rack.

A continuación, se menciona de manera genérica las normas a emplear para nuestro estudio.

- DIN/EN 15512: Steel static storage systems adjustable pallet racking systems principles for structural design
- DIN/EN 15620: Adjustable pallet racking systems tolerances, deformations and clearances.
- FEM 10.2.08: Recomendations for the design of static steel pallet rack in seismic conditions.
- MDOC CFE15: Manual de diseño de obras civiles diseño por sismo 2015

2.2 Materiales.

Los materiales a emplear para nuestro proyecto pertenecen a la base de datos de acero de los Euro códigos y normas DIN (Deutsche Institute für Normung) por sus siglas en alemán, las propiedades mecánicas, geometrías y valores de rigidez de las conexiones han sido determinadas por métodos empíricos en el laboratorio de pruebas avalado por la Federación Europea de la Manutención y el DiBT (Deutsches Institute für Bautechnik) propiedad de la empresa Schäfer GmbH.

2.2.1 Acero S 350 GD.

Material Properties		S350GD 1.0529 DIN EN 10346:2009-03	
<input type="checkbox"/> Main Properties			
<input type="checkbox"/> Modulus of Elasticity	E	21000.00	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Shear Modulus	G	8076.92	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Poisson's Ratio	ν	0.300	
<input type="checkbox"/> Specific Weight	γ	78.50	kN/m ³
<input type="checkbox"/> Coefficient of Thermal Expansion	α	1.2000E-05	1/°C
<input type="checkbox"/> Additional Properties			
<input type="checkbox"/> Yield Strength	f_y	35.00	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Ultimate Strength	f_u	42.00	kN/cm ²

Figura 5: Propiedades del material S 350GD.

2.2.2 Acero S355

Material Properties		Steel S 355 EN 10025-2:2004-11	
<input type="checkbox"/> Main Properties			
<input type="checkbox"/> Modulus of Elasticity	E	21000.00	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Shear Modulus	G	8076.92	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Poisson's Ratio	ν	0.300	
<input type="checkbox"/> Specific Weight	γ	78.50	kN/m ³
<input type="checkbox"/> Coefficient of Thermal Expansion	α	1.2000E-05	1/°C
<input type="checkbox"/> Additional Properties			
<input type="checkbox"/> Thickness Range $t \leq 3.0$ mm			
<input type="checkbox"/> Yield Strength	f_y	35.50	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Ultimate Strength	f_u	51.00	kN/cm ²

Figura 6: Propiedades del material S 355.

2.3 Combinaciones de carga.

Para nuestro proyecto se consideran las siguientes combinaciones de carga con base en lo estipulado en la norma DIN/EN 15512 Steel static storage systems; Adjustable pallet racking systems; Principles for structural design. Listados a continuación, la tabla1 muestra la introducción de dichas combinaciones en el modelo de análisis.


EUROPEAN STANDARD	EN 15512
NORME EUROPÉENNE	
EUROPÄISCHE NORM	November 2020
ICS 53.080	Supersedes EN 15512:2009
English Version	
Steel static storage systems - Adjustable pallet racking systems - Principles for structural design	
Systèmes de stockage en acier - Systèmes de rayonnages à palettes réglables - Principes applicables au calcul des structures	Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl - Verstellbare Palettenregale - Grundlagen der statischen Bemessung
This European Standard was approved by CEN on 8 June 2020.	
CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.	
This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.	
CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.	
	
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG	
CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels	
© 2020 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.	Ref. No. EN 15512:2020 E

Figura 7: DIN/EN 15512 Steel static storage systems 2020.

Load		LC.1		LC.2		LC.3		LC.4		LC.5	
Combin.	Description	Factor	No.	Factor	No.	Factor	No.	Factor	No.	Factor	No.
CO1	1.4*LC1 + 1.4*LC5 + 1.4*LC10	1.400	LC1	1.400	LC5	1.400	LC10				
CO2	1.4*LC1 + 1.4*LC5 - 1.4*LC10	1.400	LC1	1.400	LC5	-1.400	LC10				
CO3	1.4*LC1 + 1.4*LC15	1.400	LC1	1.400	LC15						
CO4	1.4*LC1 + 1.4*LC16	1.400	LC1	1.400	LC16						
CO5	1.4*LC1 + 1.4*LC30	1.400	LC1	1.400	LC30						
CO6	1.4*LC1 + 1.4*LC31	1.400	LC1	1.400	LC31						
CO7	1.4*LC1 + 1.4*LC40	1.400	LC1	1.400	LC40						
CO8	0.9*LC1 + 1.4*LC30	0.900	LC1	1.400	LC30						
CO9	0.9*LC1 + 1.4*LC31	0.900	LC1	1.400	LC31						
CO10	0.9*LC1 + 1.4*LC40	0.900	LC1	1.400	LC40						
CO11	1.1*LC1 + 1.1*LC5 + 1.1*LC10 + 1.1*LC15 + 1.1*LC30	1.100	LC1	1.100	LC5	1.100	LC10	1.100	LC15	1.100	LC30
CO12	1.1*LC1 + 1.1*LC5 - 1.1*LC10 + 1.1*LC16 + 1.1*LC31	1.100	LC1	1.100	LC5	-1.100	LC10	1.100	LC16	1.100	LC31
CO13	1.1*LC1 + 1.1*LC5 + 1.1*LC10 + 1.1*LC15 + 1.1*LC40	1.100	LC1	1.100	LC5	1.100	LC10	1.100	LC15	1.100	LC40
CO14	1.1*LC1 + 1.1*LC5 - 1.1*LC10 + 1.1*LC16 + 1.1*LC40	1.100	LC1	1.100	LC5	-1.100	LC10	1.100	LC16	1.100	LC40
CO15	LC1 + LC5 + LC10 + LC20	1.000	LC1	1.000	LC5	1.000	LC10	1.000	LC20		
CO16	LC1 + LC20	1.000	LC1	1.000	LC20						
CO17	LC1 + LC5 + LC10 + 0.5*LC30	1.000	LC1	1.000	LC5	1.000	LC10	0.500	LC30		
CO18	LC1 + LC5 - LC10 + 0.5*LC31	1.000	LC1	1.000	LC5	-1.000	LC10	0.500	LC31		
CO19	LC1 + LC5 + LC10 + 0.5*LC40	1.000	LC1	1.000	LC5	1.000	LC10	0.500	LC40		
CO20	LC1 + 0.5*LC30	1.000	LC1	0.500	LC30						
CO21	LC1 + 0.5*LC31	1.000	LC1	0.500	LC31						
CO22	LC1 + 0.5*LC40	1.000	LC1	0.500	LC40						
CO23	LC1 + 0.8*LC5	1.000	LC1	0.800	LC5						

Tabla 1: Combinaciones de carga DIN/EN 15512-2020

2.4 Análisis sísmico MDOC C.F.E 2015

La ubicación de nuestro proyecto High Bay Warehouse System se encuentra en Vía Morelos S/N, Ecatepec de Morelos, Estado de México con coordenadas geográficas UTM: X= 495,546.00, Y= 2, 163,086.00.

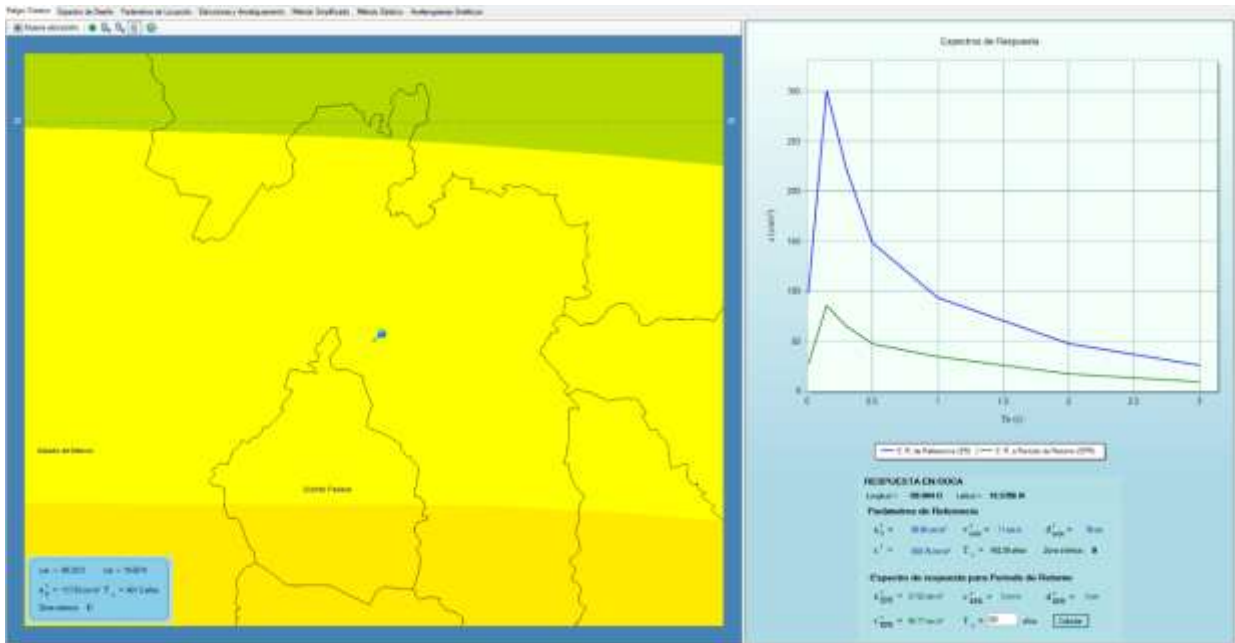


Figura 8: Ecatepec de Morelos Estado de México.

Fuente: (Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2015) Programa de Diseño Sísmico PRODISIS v 4.1. CDMX, Instituto de Investigaciones Eléctricas.

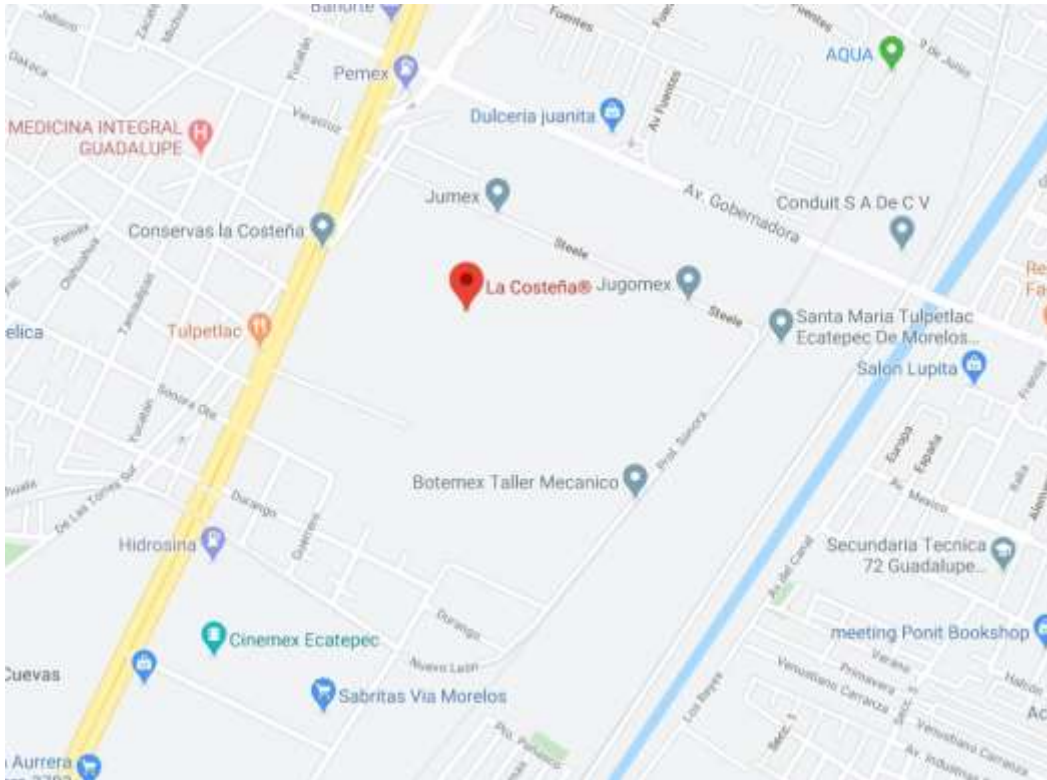


Figura 9: Ubicación geográfica proyecto HBW.

Fuente: (Google, 2020). Google Maps. Obtenido de Google Maps.

El espectro de diseño se obtuvo con base a las ecuaciones del Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad versión 2015 utilizando los datos arrojados por el estudio de mecánica de suelos realizado para el proyecto.

2.5 Información recopilada de la zona.

Ecatepec geográficamente se encuentra referido a los paralelos 19°19'24" latitud norte y a los 19°19'49" longitud oeste del meridiano de Greenwich y una altitud de 2,200 a 2,600 msnm (msnm: metros sobre el nivel del mar). Sus linderos actuales son los siguientes: al norte con el municipio de Tecámac; al sur con el municipio de Nezahualcóyotl y el Distrito Federal; al oriente con los municipios de Acolman y Atenco; mientras que al poniente colinda con Tlalnepantla y la Ciudad de México.

Figura 8



Figura 10: Ubicación de Ecatepec.

Fuente: (Acuña & García Pérez, s.f.). Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México; Estado de México. Obtenido de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15099a.html>

2.6 Fisiografía.

Dos de las más importantes provincias fisiográficas del país se encuentran dentro del territorio del Estado de México: la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico; la primera se encuentra ubicada en la porción sur, mientras la segunda abarca la mayor parte del territorio estatal (73.9 %). El municipio de Ecatepec de Morelos se ubica en su totalidad dentro de esta última.

El Eje Neovolcánico o Cinturón Volcánico Transmexicano está compuesto por un conjunto de planicies escalonadas que se forman desde los estados de Colima y Nayarit hasta Veracruz. Estas se disponen desde los 500 hasta los 2600 metros de altitud y son producto de acumulaciones volcánicas y movimientos tectónicos, ambos procesos de intensidad considerable a lo largo del Cuaternario. Sobre las planicies que conforman el relieve se encuentran elevaciones volcánicas, serranías de pequeños conos, campos volcánicos y varios volcanes compuestos. Otro rasgo

esencial lo dan las amplias cuencas cerradas ocupadas por lagos que tienen su origen en el bloqueo del drenaje original. Esta provincia fisiográfica funge como límite geológico, climático, geobiológico y biogeográfico.

Debido a su diversidad en cuanto a formas del relieve y morfogénesis, esta gran provincia se divide a su vez en varias subprovincias, con características particulares. La totalidad del territorio del municipio de Ecatepec de Morelos se localiza dentro de la subprovincia Lagos y Volcanes del Anáhuac. Esta es la mayor de las subprovincias que integran el Eje Neovolcánico, consta de sierras volcánicas y grandes aparatos individuales que se alternan con amplias llanuras, en su mayoría vasos lacustres.

Estas características se encuentran muy bien representadas dentro del territorio municipal ya que se localizan relieves accidentados con pendientes abruptas, zonas de ladera con pendientes suaves y zonas de acumulación totalmente planas. En este sentido se puede dividir al relieve en 3 zonas:

- Zonas escarpadas: Se localizan en la mayor parte de la zona oeste del municipio, formadas por la Sierra de Guadalupe. Estas se presentan a partir de la cota de 2300 hasta la de 3000 metros de altitud. Las principales elevaciones encontradas son: El Pico de Díaz, el Pico de Tres Padres, el Pico de Moctezuma, el Pico Yoncuico, así como los cerros Las Canteras, Picacho Grande, Cuanahuatpec, Cerro Gordo, Cabeza Blanca, Chiconautla y de la Cruz.
- Zonas de transición: Se ubican en la parte central del territorio municipal entre las curvas de 2100 y 2300 metros de altitud. Se puede considerar como zona de piedemonte.

- Zonas planas: Estas se encuentran en la mayor parte de la porción oriental de la demarcación, en los antiguos vasos lacustres del lago de Texcoco.

Tabla 2

Provincia	Subprovincia	Sistema de topoformas	Area km ²	% de superficie municipal
Eje Neovolcánico	Lagos y Volcanes de Anáhuac	Vaso Lacustre	3.3459	2.14
		Vaso lacustre con lomerío	9.84241	6.31
		Vaso lacustre salino	111.92541	71.71
		Vaso lacustre de piso rocoso o cementado	0.92229	0.59
		Vaso lacustre inundable y salino	0.02981	0.02
		Escudo volcanes	30.00346	19.22

Tabla 2: Provincias fisiográficas y principales topoformas en Ecatepec.

Fuente: (Al México Construcción Integral, 2018). Estudio de Mecánica de Suelos para el Proyecto La Costeña. Puebla; México.

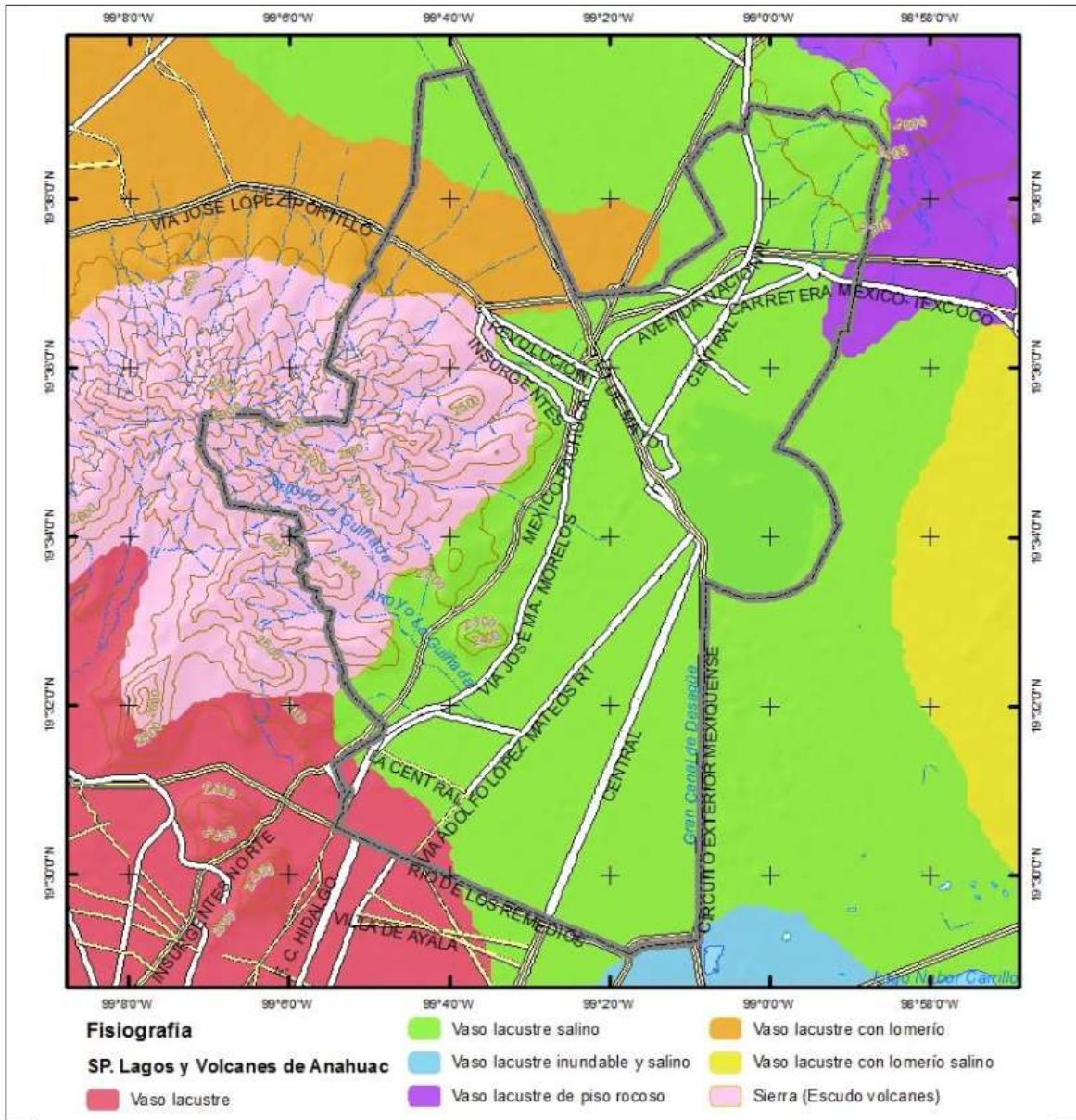


Figura 11: Mapa Fisiográfico del Municipio de Ecatepec

Fuente: Carta Fisiografica 1:1000,000 Serie I INEGI

En México la implementación de los sistemas intralogísticos han permitido conocer de mejor manera las necesidades, demandas y expectativas de las empresas y, sobre todo, evaluar los productos y servicios que brindan a la población con el fin de modificar las deficiencias en los procesos y métodos de almacenaje aumentando su presencia dentro y fuera del territorio mexicano. Lamentablemente en Latinoamérica aún existe un vacío en el conocimiento y ejecución de este tipo de

proyectos que obliga a los profesionales de la ingeniería civil a estudiar el comportamiento global de este tipo de estructuras y su interrelación con las condiciones de sitio presentes en nuestro país.

En los siguientes capítulos se abordará de manera matemática la estructuración del proyecto y el desarrollo paso a paso de este para dejar un antecedente real para ayudar a los ingenieros estructuristas en el futuro cálculo y desarrollo de proyectos similares relacionados a la intralogística dentro de nuestro país.

CAPITULO 3. Análisis Estructural del Proyecto.

3.1 General.

La presente documentación incluye los cálculos para las estanterías con largueros longitudinales de alta densidad tipo HBW/S.O.S. (High Bay Warehouse/Schäfer Orbiter System) de la empresa SSI Schäfer para una empresa de conservas enlatadas conocida a nivel mundial ubicada en Ecatepec de Morelos, Estado de México.

La estabilización y el refuerzo del sistema de estanterías se realiza mediante celosías en sentido transversal y mediante la rigidez de resorte rotacional de la unión Larguero-Puntal en el sentido longitudinal. La rigidez y la capacidad de carga de esta unión se presenta en forma de valores de ensayo avalados por el Institut für Schweisstechnik u. "Ingenieurbüro Dr. Möll GmbH; Darmstadt, Deutschland.

El modelo matemático se realizó con ayuda del programa de cálculo y análisis estructural R.Stab 8.26.01 x 64 de la empresa Dlubal Ingenieursoftware GmbH, Tiefenbach (licencia de estudiante). Los cálculos se determinan tomando en cuenta los efectos de la teoría de II orden.

Los cálculos se realizan bajo la concepción que las propiedades de la losa de concreto corresponden a una calidad de C25/30 o superior, la transferencia de esfuerzos de tracción puede demostrarse en la losa de concreto mediante el anclaje a piso, así como el cumplimiento de las tensiones de contacto locales máximas bajo la placa base. El cumplimiento de todas las pruebas necesarias para la transferencia de cargas a la losa de concreto y/o el comportamiento global de la misma, flexión, punzonamiento, resistencia, etc. Deberán ser garantizadas por un ingeniero especialista en cálculo de losas de concreto. Se parte de la concepción de una losa de concreto quasi rígida con espesor mínimo de 600 [mm].

3.2 Consideraciones para el cálculo estructural.

La estructura, geometría y dimensiones para la construcción del sistema se han tomado de los siguientes planos de la empresa Schaefer Sistemas International S.A. de C.V.

- I. SSI-MX-19-ARQ-2414264-Planta-Conservas-Ecatepec
- II. SSI-MX-19-ARQ-2414264-Transversal-Conservas-Ecatepec
- III. SSI-MX-19-ARQ-2414264-Longitudinal-Conservas-Ecatepec

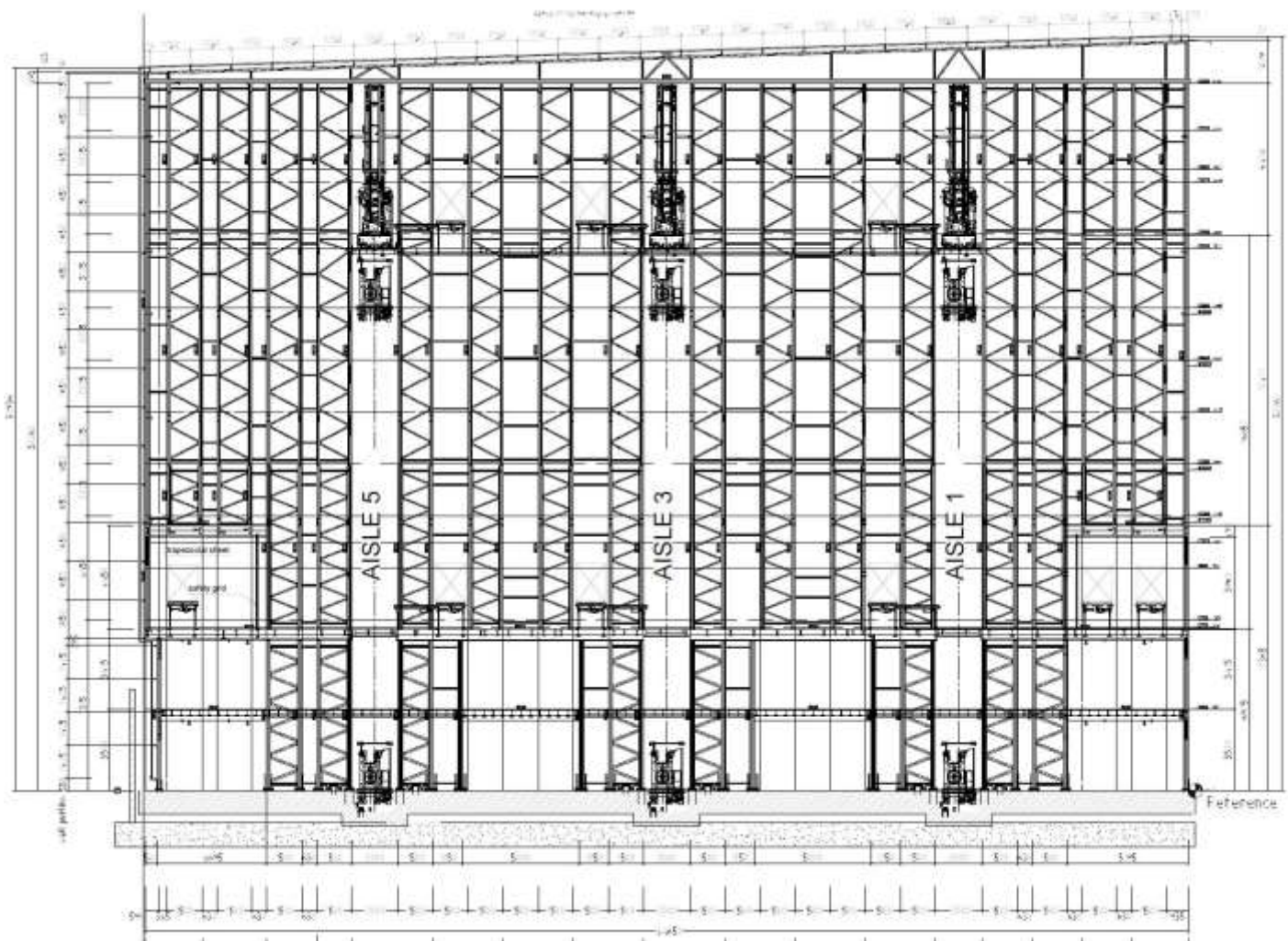


Figura 12: Corte transversal del sistema eje X3

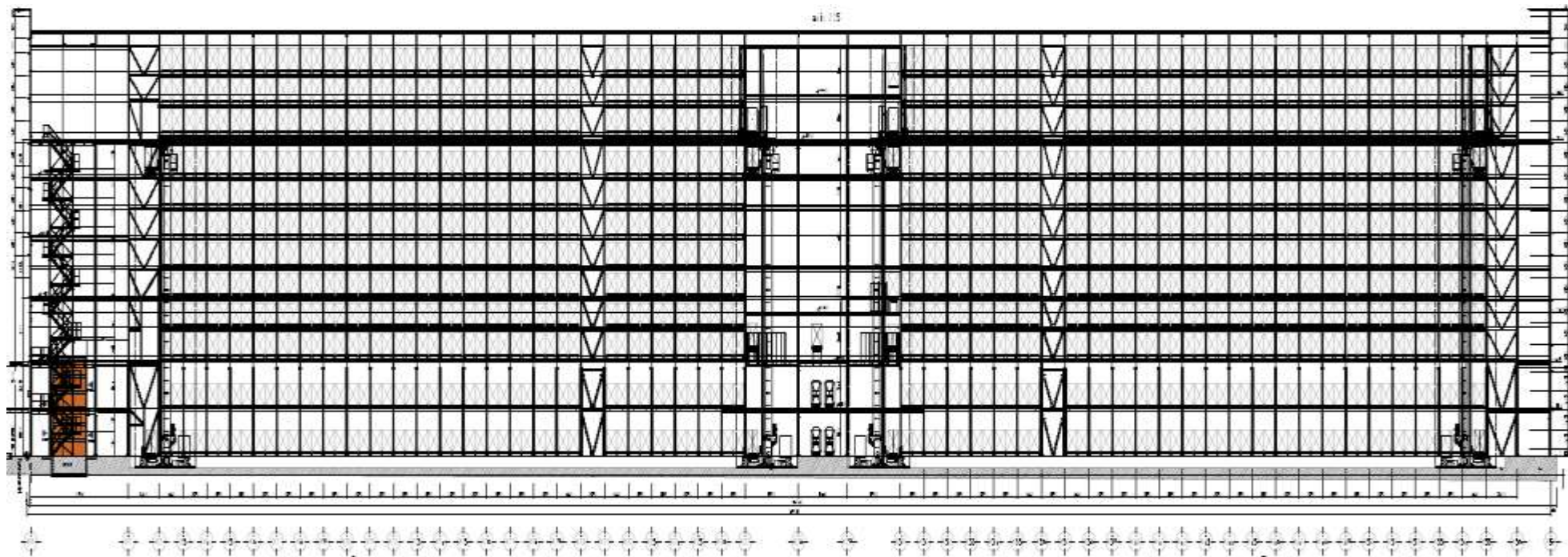


Figura 13: Corte longitudinal del sistema eje Z25

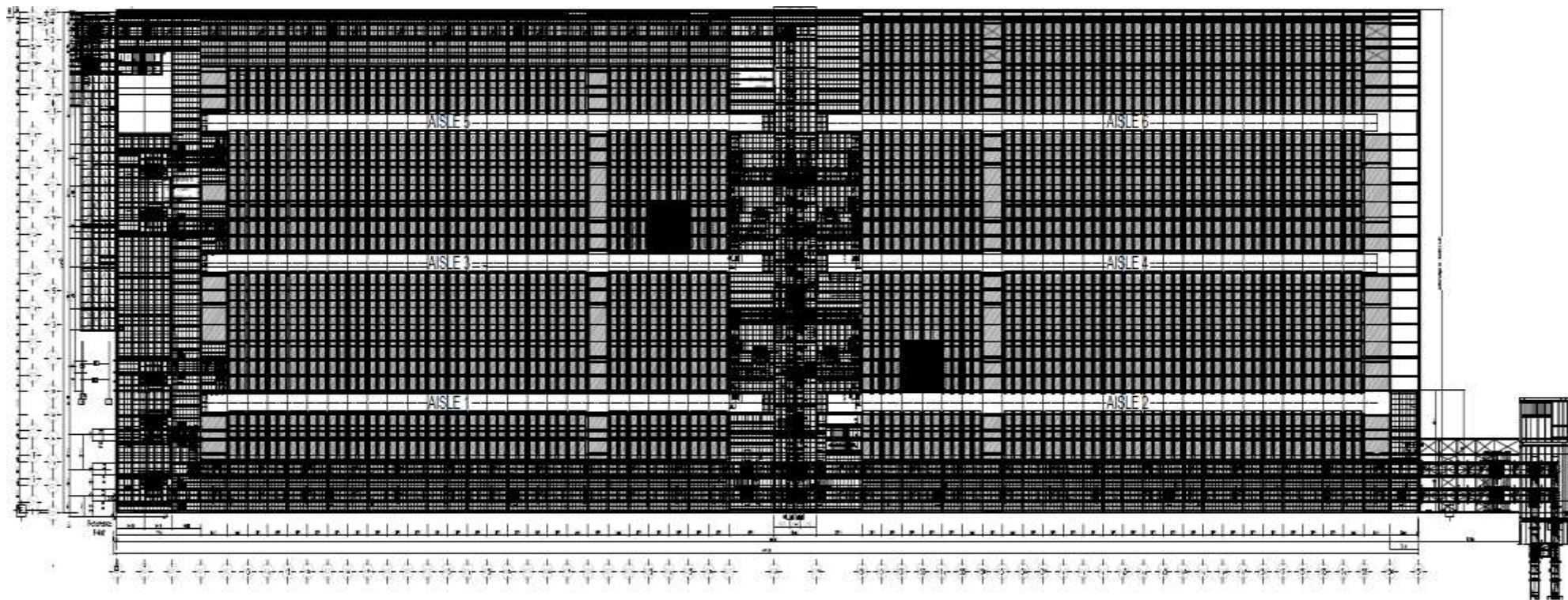


Figura 14: Vista en planta del sistema.

3.3 Modelo Matemático 3D Software Dlubal GmbH 8.26.01x64 (Licencia de Estudiante).

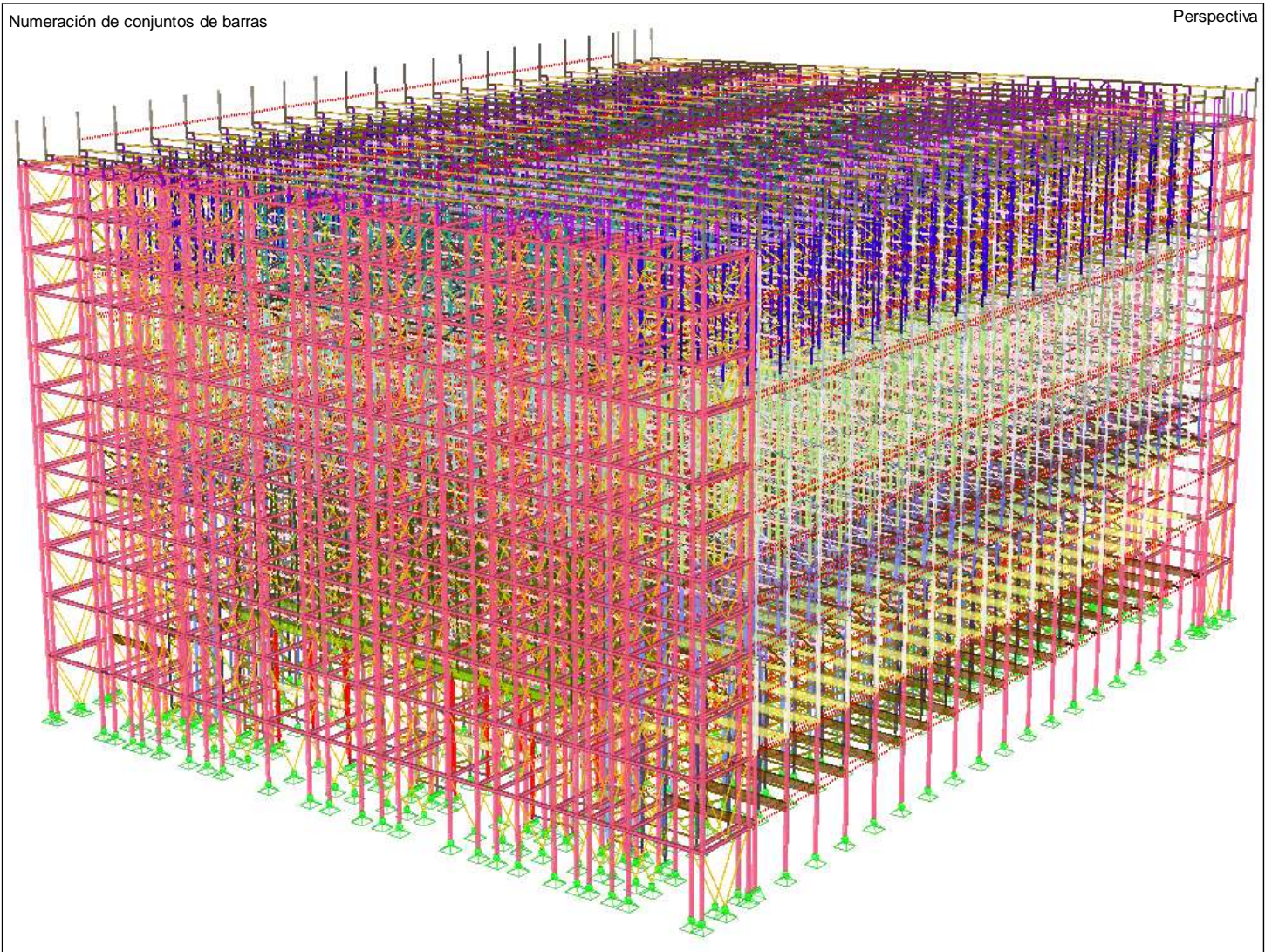


Figura 15: Vista en Isométrico del modelo matemático 3D

3.3.1 Modelo Matemático Isométrico; Transversal Software Dlubal GmbH 8.26.01x64 (Licencia de Estudiante).

Numeración de conjuntos de barras

Dirección Y inversa

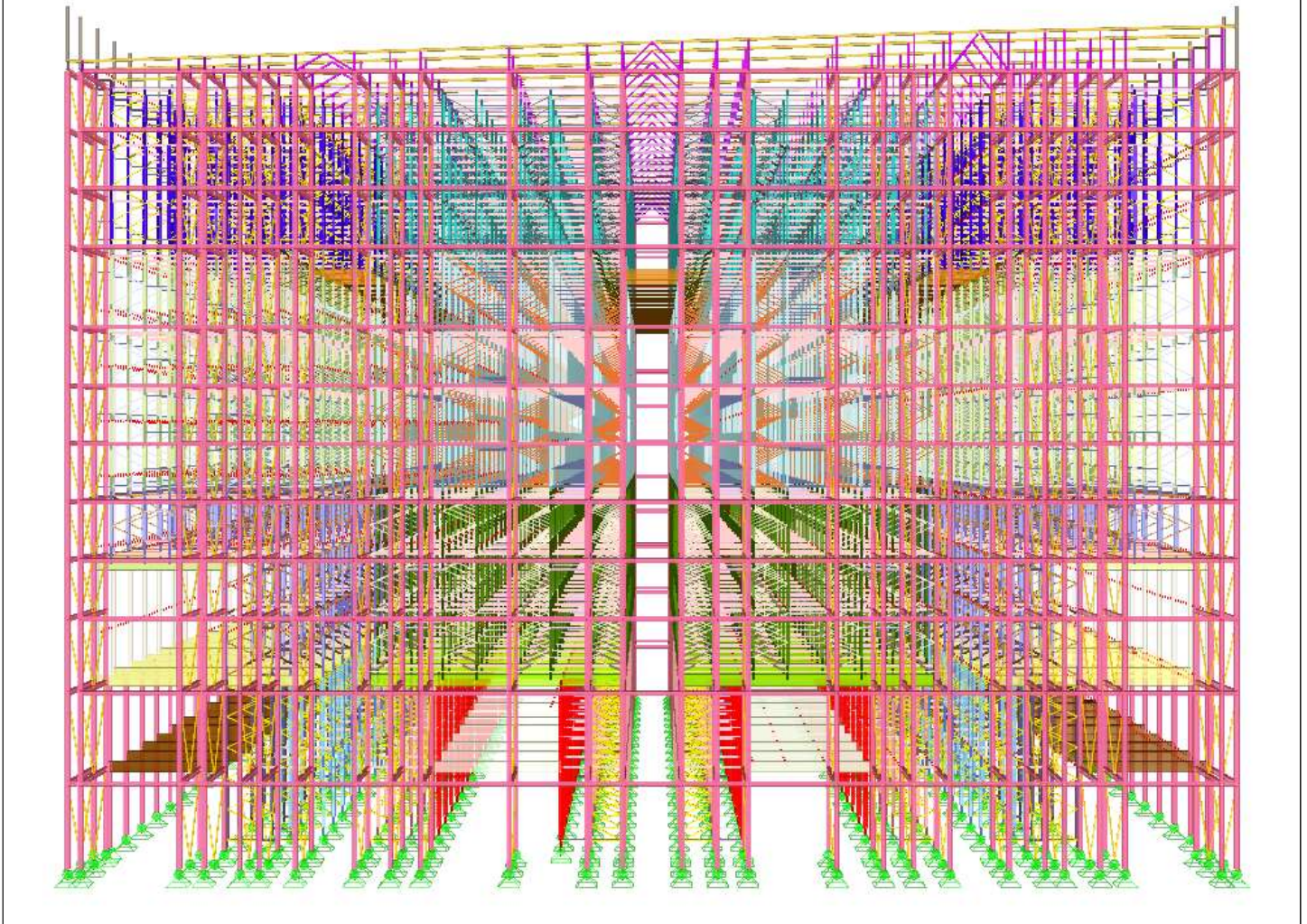


Figura 16: Corte Transversal del modelo matemático.

3.3.2 Modelo Matemático Isométrico; Transversal Software Dlubal GmbH 8.26.01x64 (Licencia de Estudiante).

Numeración de conjuntos de barras

En dirección X

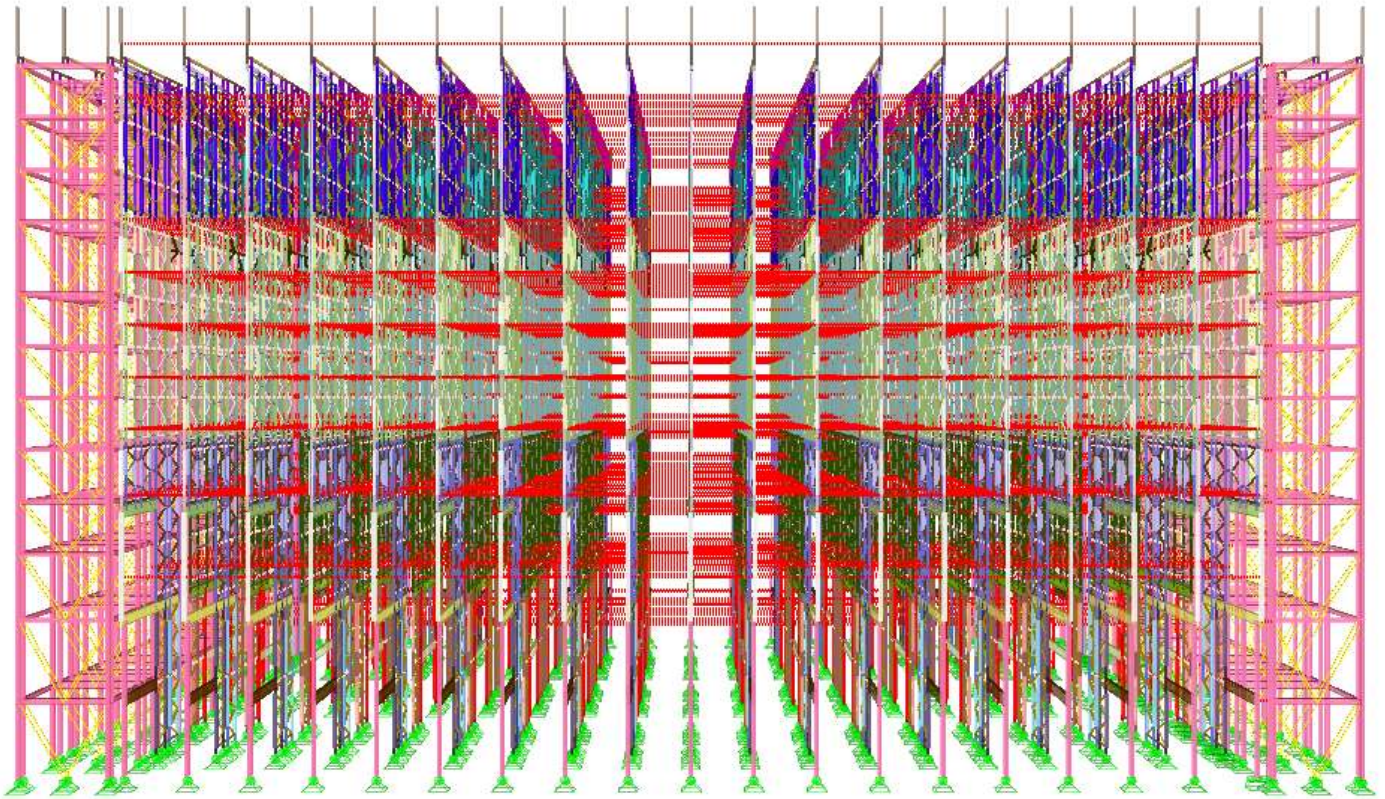


Figura 17: Corte Longitudinal del modelo matemático.

3.4 Secciones transversales bloque exterior.

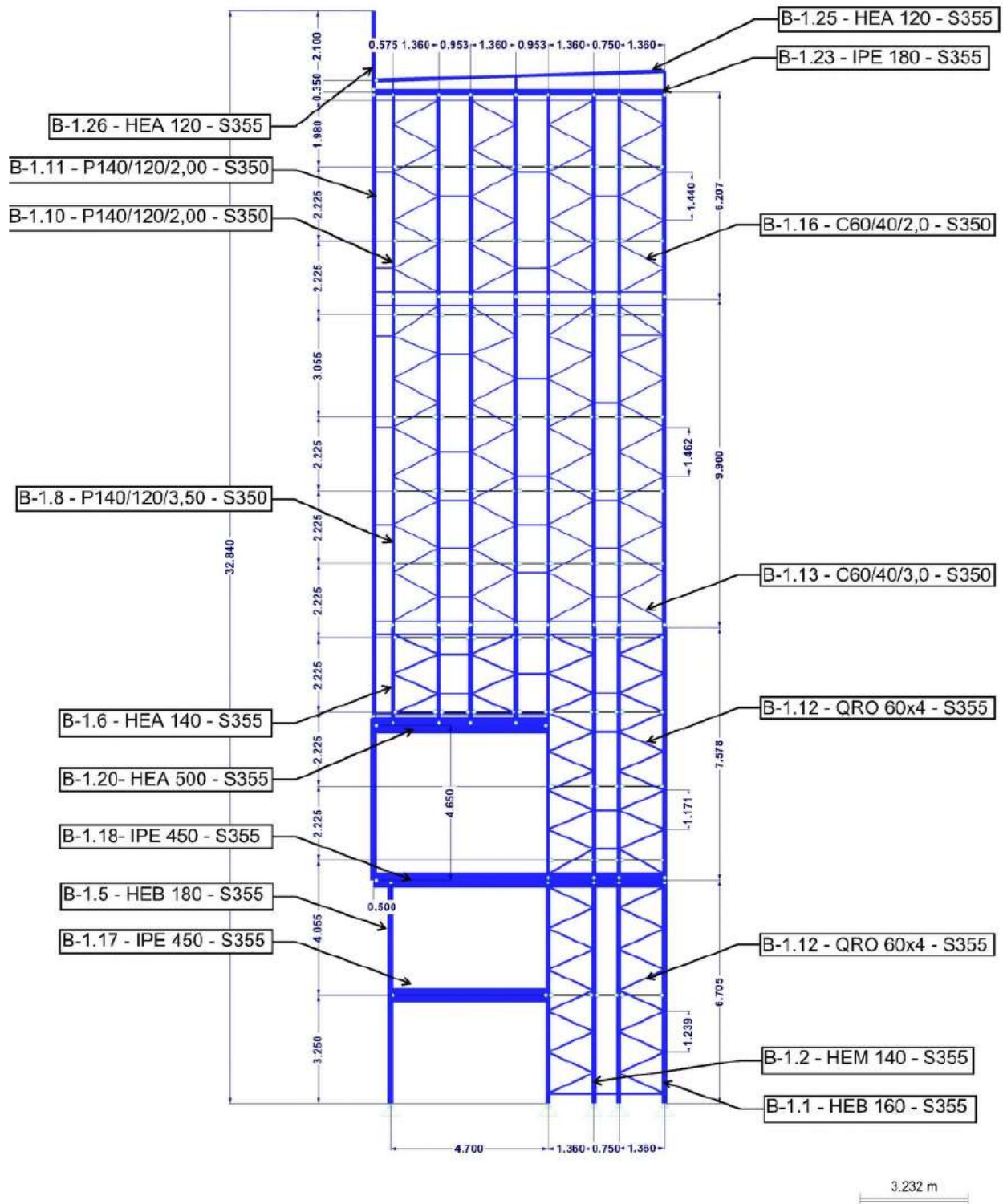


Figura 18: Secciones transversales bloque externo eje X3-X19

3.5 Secciones transversales bloque interno.

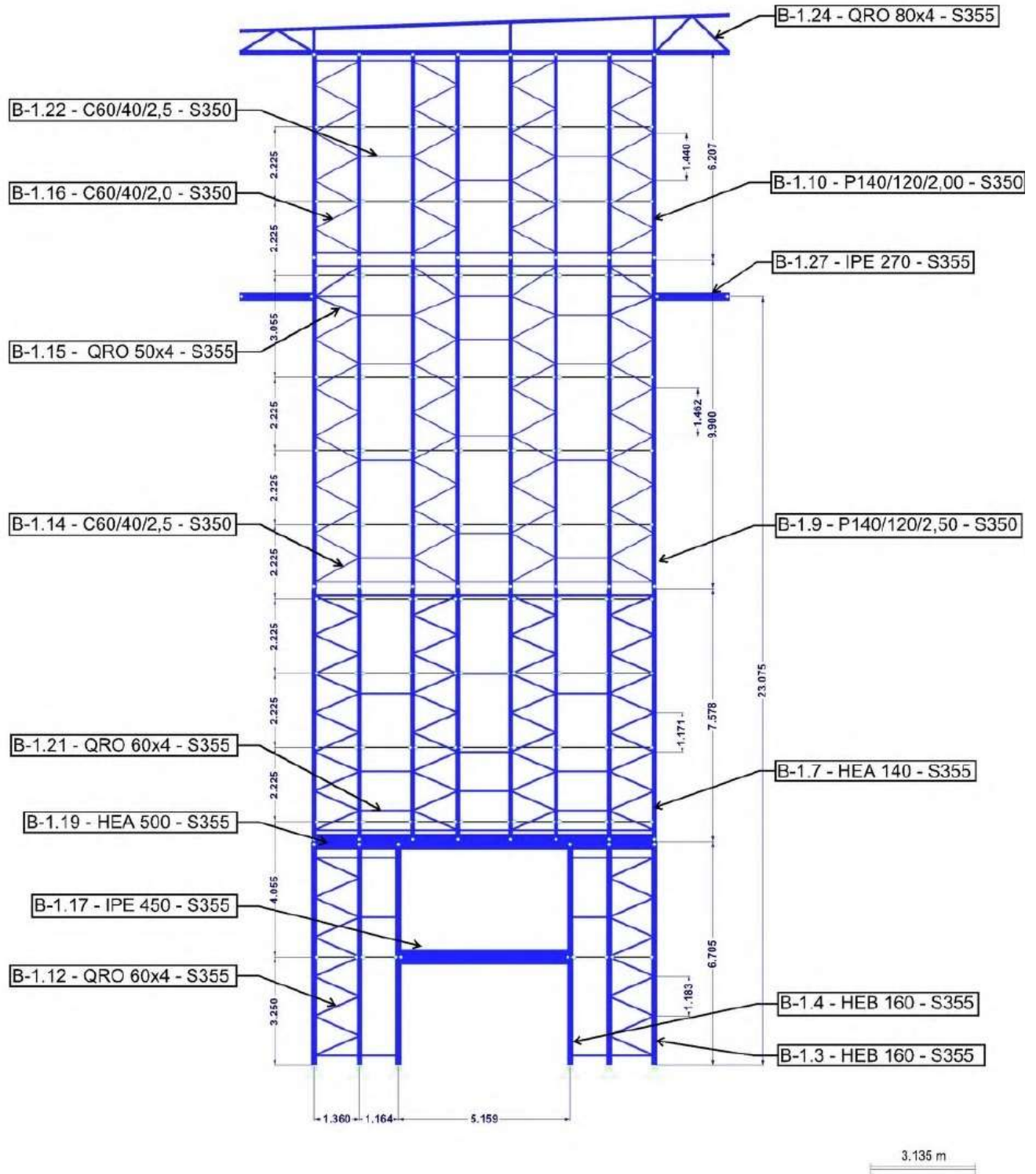


Figura 19: Secciones transversales bloque externo eje X3-X19

3.6 Análisis de Cargas Muertas.

Longitud de bahía

$b_m =$ **2.590 [m]**

Longitud de bahía

Carga muerta revestimiento azotea $g_1 =$ 0.50 [kN/m²]

Carga muerta revestimiento fachada $g_2 =$ 0.50 [kN/m²]

$g_{roof} =$ $g_1 * b_m$ 1.29 [kN/m]

$g_{wall} =$ $g_2 * b_m$ **1.29 [kN/m]**

Peso propio riel superior para transelevador.

Sección transversal= U 140

Tipo de acero= S 355

Peso por metro lineal $g_{FS} =$ 0.160 [kN/m]

$G_{FS} =$ $g_{FS} * b_m$ **0.41 [kN]**

Peso propio viga para pallet.

Sección transversal= CS 200-60-2.50

Tipo de acero= S 350 GD

Peso por metro lineal $g_{PLT} =$ 0.074 [kN/m]

$G_{PLT} =$ $g_{PLT} * b_m$ **0.19 [kN]**

Sobrecarga de sistema contra incendios (NFPA).

$g_{Sprink} =$ 0.135 [kN/m]

$G_{Sprinkler} =$ $g_{PLT} * b_m$ **0.35 [kN]**

**Sprinkler: Rociadores.*

Peso propio Mezzanine.

$g_{\text{Mezzanine}}=$		1.00 [kN/m ²]
$g_{\text{Mezzanine}}=$	$g_{\text{Mezzanine}} * b_m$	2.59 [kN/m]

Peso propio cama de rodillos.

$g_{\text{roller}}=$		1.00 [kN/m ²]
$g_{\text{roller}}=$	$g_{\text{roller}} * b_m$	2.59 [kN/m]

3.7 Análisis de Cargas de Uso.

8 sistema de almacenamiento.

Carga de pallet $F_{P1}=$		13.50 [kN]
Número de pallet/posición $A_{P1}=$		8
Carga máx. /posición $F_{PB1}=$	$F_{P1} * A_{P1}$	108.00 [kN]
Factor de simultaneidad de carga $f_1=$		0.80
Longitud de riel $b_s=$		10.207 [m]
Carga distribuida en riel $S_{N1}=$	$2 * F_{PB1} * f_1 / b_s$	16.93 [kN/m]

6 sistema de almacenamiento

Carga de pallet $F_{P2}=$		13.50 [kN]
Número de pallet/posición $A_{P2}=$		6
Carga máx. /posición $F_{PB2}=$	$F_{P2} * A_{P2}$	81.00 [kN]
Factor de simultaneidad de carga $f_2=$		0.80
Longitud de riel $b_s=$		8.095 [m]
Carga distribuida en riel $S_{N2}=$	$2 * F_{PB2} * f_2 / b_s$	16.010 [kN/m]

3 sistema de almacenamiento

Carga de pallet $F_{P3} =$		13.50 [kN]
Número de pallet/posición $A_{P1} =$		3
Carga máx. /posición $F_{PB3} =$	$F_{P3} * A_{P3}$	40.50 [kN]
Factor de simultaneidad de carga $f_1 =$		0.80
Longitud de riel $b_s =$		3.470 [m]
Carga distribuida en riel $S_{N3} =$	$2 * F_{PB3} * f_3 / b_s$	18.674 [kN/m]

2 sistema de almacenamiento

Carga de pallet $F_{P4} =$		13.50 [kN]
Número de pallet/posición $A_{P4} =$		2
Carga máx. /posición $F_{PB4} =$	$F_{P4} * A_{P4}$	27.00 [kN]
Factor de simultaneidad de carga $f_4 =$		0.80
Longitud de riel $b_s =$		2.30 [m]
Carga distribuida en riel $S_{N4} =$	$2 * F_{PB4} * f_4 / b_s$	18.783 [kN/m]

Carga de producto Mezzanine.

$q_{Mezzanine} =$		20.00 [kN/m ²]
$q_{Mezzanine} =$	$q_{Mezzanine} * b_m$	51.80 [kN/m]

Sistema de transportadores.

Conveyor System $c =$		16.50 [kN/m]
Carga distribuida por par de largueros	$c = \frac{c}{2}$	8.25 [kN/m]
Carga puntual $P =$	$C * b_m$	21.37 [kN]

**Conveyor: Transportadores.*

Carga de producto Mezzanine +8,000

$q_{\text{Mezzanine}}=$		3.50 [kN/m ²]
$q_{\text{Mezzanine}}=$	$q_{\text{Mezzanine}} \cdot b_m$	9.06 [kN/m]

3.8 Análisis de Cargas por Imperfección.

Altura del sistema.

$h=$		32.50 [m]
------	--	-----------

Número de puntales por eje.

$m=$	40-2	38
------	------	----

Valor de salida.

$\Phi_0=$	$\frac{1}{200}$	0.0050
-----------	-----------------	--------

Factor de derrateo con base en la altura del sistema.

$\alpha_h=$		0.6667
-------------	--	--------

$\alpha_m=$	$\sqrt{0.5 * (1 + \frac{1}{m})}$	0.7164
-------------	----------------------------------	--------

Deflexión global.

$\Phi=$	$\Phi_0 * \alpha_h * \alpha_m$	0.0024
---------	--------------------------------	--------

$\frac{1}{\Phi}=$	$\frac{1}{\Phi}$	417
-------------------	------------------	-----

Fuerzas equivalentes.

$h_{A1}=$	$1.05 * g_{\text{roof}} * \Phi$	0.0033 [kN/m]
-----------	---------------------------------	---------------

$h_{A2}=$	$1.05 * g_{\text{wall}} * \Phi$	0.0033 [kN/m]
-----------	---------------------------------	---------------

$h_{A3}=$	$1.05 * g_{\text{Mezzanine}} * \Phi$	0.0065 [kN/m]
-----------	--------------------------------------	---------------

$h_{A4}=$	$1.05 * S_{N1} * \Phi$	0.0427 [kN/m]
-----------	------------------------	---------------

$h_{A5}=$	$1.05 * S_{N2} * \Phi$	0.0403 [kN/m]
-----------	------------------------	---------------

$h_{A6} =$	$1.05 * S_{N3} * \Phi$	0.0471 [kN/m]
$h_{A7} =$	$1.05 * S_{N4} * \Phi$	0.0473 [kN/m]
$H_{A2} =$	$1.05 * G_{FS} * \Phi$	0.0010 [kN]
$H_{A3} =$	$1.05 * G_{PLT} * \Phi$	0.0005 [kN]
$H_{A4} =$	$1.05 * G_{Sprinkler} * \Phi$	0.0009 [kN]

3.9 Análisis de cargas operativas por transelevador.

Las fuerzas del transelevador se toman con base en la norma FEM 10.02.02 vigente tabla 2.1, dichas fuerzas se distribuyen en dos ejes ortogonales a lo largo del sistema.

No. de Stacker Crane $A_G =$	3
Factor de reducción $\alpha =$	0.85
Fuerza máx. Stacker Crane $H_G =$	3.30 [kN]
$H_{RBG} =$	1.403 [kN]

* *Stacker Crane: Grúa/Transelevador*

Carga Transelevador SLR

Carga vertical (aceleración máx.)

Wheel A $R_A =$	12.20 [kN]
Wheel B $R_B =$	23.00 [kN]

Carga vertical (posible colisión accidental con la plataforma)

Wheel A $R_A =$	41.30 [kN]
Wheel B $R_B =$	41.80 [kN]

Carga horizontal (aceleración máx.)

Wheel A $R_A =$	12.20 [kN]
Wheel B $R_B =$	23.00 [kN]

Carga vertical (posible colisión accidental con la plataforma)

Carga en el riel guía parte superior del sistema.

Numero de pasillos	3
Factor de reducción α =	0.85
Fuerza _{máx.} Stacker Crane H_G =	3.30 [kN]
$H_{RBGsup.}$ =	1.403 [kN]

Carga en el riel guía parte inferior del sistema.

Numero de pasillos	3
Factor de reducción α =	0.85
Fuerza _{máx.} Stacker Crane H_G =	3.30 [kN]
$H_{RBGinf.}$ =	1.657 [kN]

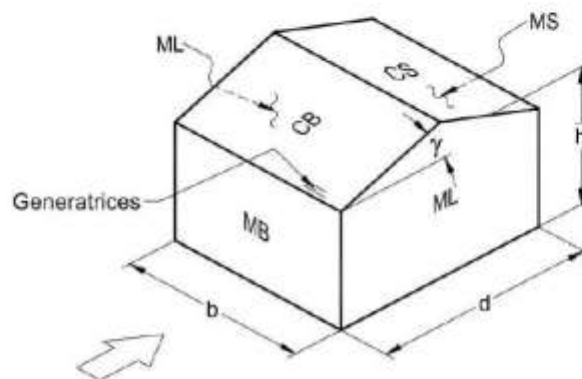


Figura 20: Transelevador EXYZ; Stacker Crane SSI Schäfer.

3.10 Análisis de cargas de viento.

El análisis para cargas de viento se realiza con base en el MDOC diseño por viento de la Comisión Federal de Electricidad.

$F_t =$			1,00
$F_{rz} =$			1,0979
$V_r =$			111,00 km/h
$V_d =$	$F_t \cdot F_{rz} \cdot V_r$	=	121,87
$t =$			15,10 °
$o =$			565,00 mmHg
$G =$	$\frac{0,392 \cdot o}{273 + t}$	=	0,77
$q_{z,kg} =$	$0,0048 \cdot G \cdot V_d^2$	=	54,89 kg/m ²
$q_z =$	$\frac{q_{z,kg}}{100}$	=	<u>0,55 kN/m²</u>
$h =$			32840,00 mm
$b =$			155510,00 mm
$d =$			44013,00 mm



Muro	Dirección del viento θ , en grados	d/b	Inclinación del techo γ , en grados	C_{pe}
Barlovento	Normal ($\theta = 0^\circ$) o paralela ($\theta = 90^\circ$) a las generatrices	Cualquiera	Cualquiera	0.8
Sotavento	Normal ($\theta = 0^\circ$) o paralela ($\theta = 90^\circ$) a las generatrices, para techos a cuatro aguas.	≤ 1	$< 10^\circ$	-0.5
		= 2		-0.3
		≥ 4		-0.2
	Normal ($\theta = 0^\circ$) a las generatrices, para techos a una o dos aguas	Cualquiera	$10^\circ \leq \gamma \leq 15^\circ$	-0.3
			20°	-0.4
		≤ 0.1	$\geq 25^\circ$	-0.75
Paralela ($\theta = 90^\circ$) a las generatrices, para techos a una o dos aguas	≥ 0.3		-0.5	
	≤ 1	Cualquiera	-0.5	
	= 2		-0.3	
≥ 4	-0.2			

$$n = \quad d/b \quad = \quad 0,28$$

Presión interior de diseño.

$$p_i = \quad -0,20 * q_z \quad = \quad -0,11 \text{ kN/m}^2$$

Presión de diseño: Viento longitudinal al sistema.

$$K_L = \quad 1,00$$

$$K_A = \quad 1,00$$

$$p_e = \quad K_L * K_A * q_z \quad = \quad 0,55 \text{ kN/m}^2$$

Muros Barlovento.

$$p_{z1} = \quad ((0,80 * p_e) - p_i) * b_m \quad = \quad \underline{1,42 \text{ kN/m}}$$

$$p_{z2} = \quad ((0,80 * p_e) - 0) * b_m \quad = \quad 1,14 \text{ kN/m}$$

Muros Sotavento.

$$p_{z1} = \quad ((-0,50 * p_e) - p_i) * b_m \quad = \quad -0,43 \text{ kN/m}$$

$$p_{z2} = \quad ((-0,50 * p_e) - 0) * b_m \quad = \quad \underline{-0,71 \text{ kN/m}}$$

Muros laterales.

$$C_{pe,1,0-25,9m} = \quad -0,65$$

$$C_{pe,2,25,9-51,8m} = \quad -0,50$$

$$C_{pe,3,51,8-77,7m} = \quad -0,30$$

$$C_{pe,4 \text{ ab } 77,7m} = \quad -0,20$$

$$K_L = \quad 1,00$$

$$K_A = \quad 0,90$$

$$p_e = \quad K_L * K_A * q_z \quad = \quad 0,49 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{l1} = \quad ((-0,65 * p_e) - p_i) * b_m \quad = \quad -0,54 \text{ kN/m}$$

$$p_{l2} = \quad ((-0,65 * p_e) - 0) * b_m \quad = \quad \underline{-0,82 \text{ kN/m}}$$

$$p_{l1} = \quad ((-0,50 * p_e) - p_i) * b_m \quad = \quad -0,35 \text{ kN/m}$$

$$p_{l2} = \quad ((-0,50 * p_e) - 0) * b_m \quad = \quad -0,63 \text{ kN/m}$$

$$p_{l1} = \quad ((-0,30 * p_e) - p_i) * b_m \quad = \quad -0,10 \text{ kN/m}$$

$$p_{l2} = \quad ((-0,30 * p_e) - 0) * b_m \quad = \quad -0,38 \text{ kN/m}$$

$$p_{l1} = \quad ((-0,20 * p_e) - p_i) * b_m \quad = \quad 0,03 \text{ kN/m}$$

$$p_{l2} = \quad ((-0,20 * p_e) - 0) * b_m \quad = \quad -0,25 \text{ kN/m}$$

Viento sistema de techo.

Tabla 4.3.3(b) COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR, C_{pe} , PARA ZONAS DE TECHOS DE CONSTRUCCIONES CON PLANTA RECTANGULAR CERRADA. CUBIERTA DE BARLOVENTO (CB) Y CUBIERTA DE SOTAVENTO (CS) PARA $\gamma < 10^\circ$. CUBIERTAS TRANSVERSALES (CT) DE TECHOS A UNA O DOS AGUAS Y CUALQUIER ÁNGULO γ .

Zona e inclinación del techo		Relación \bar{h}/d	Distancia horizontal sobre el techo medida a partir de la arista superior del muro de barlovento	C_{pe}	
Cubierta transversal (CT) de techos a una o dos aguas γ'	Cubierta de barlovento (CB) y sotavento (CS) γ			Caso 1	Caso 2
Cualquiera	$\gamma < 10^\circ$	≤ 0.5	0 a $0.5\bar{h}$	-0.9	-0.4
			$0.5\bar{h}$ a $1\bar{h}$	-0.9	-0.4
			$1\bar{h}$ a $2\bar{h}$	-0.5	0
			$2\bar{h}$ a $3\bar{h}$	-0.3	0.1
			$> 3\bar{h}$	-0.2	0.2
		≥ 1.0	0 a $0.5\bar{h}$	-1.3	-0.6
			$0.5\bar{h}$ a $1\bar{h}$	-0.7,	-0.3
			$1\bar{h}$ a $2\bar{h}$	(-0.7)	(-0.3) ⁽¹⁾
			$2\bar{h}$ a $3\bar{h}$	(-0.7)	(-0.3)
			$> 3\bar{h}$	(-0.7)	(-0.3)

$$n = \frac{h}{d} = 0,75$$

<10° Pendiente de la cubierta --> h/d

$$c_{pe} = -1,1 \quad (00,0m - 17,5m) \quad (0,9+1,3) / 2$$

$$c_{pe} = -0,9 \quad (17,5m - 45,0m)$$

$$K_L = 1,00$$

$$K_A = 1,00$$

$$p_e = K_L * K_A * q_z = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{I1,2} = ((-1,10 * p_e) - p_i) * b_m = -1,28 \text{ kN/m}$$

$$p_{I1,2} = ((-1,10 * p_e) - 0) * b_m = \underline{\underline{-1,57 \text{ kN/m}}}$$

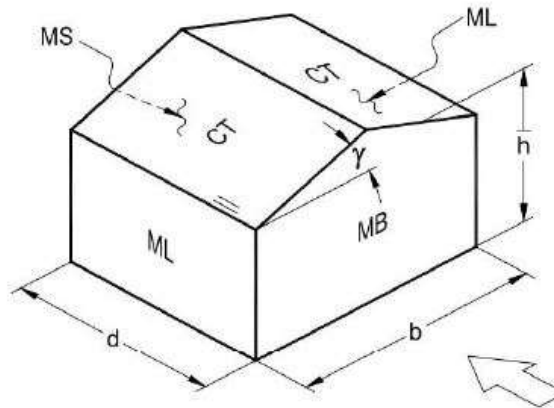
$$p_{I3} = ((-0,90 * p_e) - p_i) * b_m = -1,00 \text{ kN/m}$$

$$p_{I3} = ((-0,90 * p_e) - 0) * b_m = \underline{\underline{-1,28 \text{ kN/m}}}$$

$$p_{I3} = ((-0,50 * p_e) - p_i) * b_m = -0,43 \text{ kN/m}$$

$$p_{I3} = ((-0,50 * p_e) - 0) * b_m = -0,71 \text{ kN/m}$$

Viento sistema de techo dos aguas.



$h = 32700,00 \text{ mm}$
 $b = 45250,00 \text{ mm}$
 $d = 155510,00 \text{ mm}$

Muro	Dirección del viento θ , en grados	d/b	Inclinación del techo γ , en grados	C_{pe}
Barlovento	Normal ($\theta = 0^\circ$) o paralela ($\theta = 90^\circ$) a las generatrices	Cualquiera	Cualquiera	0.8
Sotavento	Normal ($\theta = 0^\circ$) o paralela ($\theta = 90^\circ$) a las generatrices, para techos a cuatro aguas.	≤ 1	$< 10^\circ$	-0.5
		$= 2$		-0.3
		≥ 4		-0.2
	Normal ($\theta = 0^\circ$) a las generatrices, para techos a una o dos aguas	Cualquiera	$10^\circ \leq \gamma \leq 15^\circ$	-0.3
			20°	-0.4
		≤ 0.1	$\geq 25^\circ$	-0.75
		≥ 0.3		-0.5
Paralela ($\theta = 90^\circ$) a las generatrices, para techos a una o dos aguas	≤ 1	Cualquiera	-0.5	
	$= 2$		-0.3	
	≥ 4		-0.2	

$n = d/b = 3,44$

Presión interior de diseño.

$p_i = -0,20 * q_z = -0,11 \text{ kN/m}^2$

Presión de diseño: Viento longitudinal al sistema.

$K_L = 1,50$
 $K_A = 1,00$
 $p_e = K_L * K_A * q_z = 0,82 \text{ kN/m}^2$

Muros perimetrales.

$C_{pe,1,0-25,9m} =$	-0,65
$C_{pe,2,25.9-51,8m} =$	-0,50
$C_{pe,3,51,8m-77,7m} =$	-0,30
$C_{pe,4 ab 77,7m} =$	-0,20

$p_{l1} =$	$((-0,65 * p_e) - p_i) * b_m$	$=$	-1,10 kN/m
$p_{l2} =$	$((-0,65 * p_e) - 0) * b_m$	$=$	<u>-1,38 kN/m</u>
$p_{l1} =$	$((-0,50 * p_e) - p_i) * b_m$	$=$	-0,78 kN/m
$p_{l2} =$	$((-0,50 * p_e) - 0) * b_m$	$=$	-1,06 kN/m
$p_{l1} =$	$((-0,30 * p_e) - p_i) * b_m$	$=$	-0,35 kN/m
$p_{l2} =$	$((-0,30 * p_e) - 0) * b_m$	$=$	-0,64 kN/m
$p_{l1} =$	$((-0,20 * p_e) - p_i) * b_m$	$=$	-0,14 kN/m
$p_{l2} =$	$((-0,20 * p_e) - 0) * b_m$	$=$	-0,42 kN/m

Tabla 4.3.3(b) COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR, C_{pe} , PARA ZONAS DE TECHOS DE CONSTRUCCIONES CON PLANTA RECTANGULAR CERRADA. CUBIERTA DE BARLOVENTO (CB) Y CUBIERTA DE SOTAVENTO (CS) PARA $\gamma < 10^\circ$. CUBIERTAS TRANSVERSALES (CT) DE TECHOS A UNA O DOS AGUAS Y CUALQUIER ÁNGULO γ .

Zona e inclinación del techo		Relación \bar{h}/d	Distancia horizontal sobre el techo medida a partir de la arista superior del muro de barlovento	C_{pe}	
Cubierta transversal (CT) de techos a una o dos aguas γ'	Cubierta de barlovento (CB) y sotavento (CS) γ			Caso 1	Caso 2
Cualquiera	$\gamma < 10^\circ$	≤ 0.5	0 a $0.5\bar{h}$	-0.9	-0.4
			$0.5\bar{h}$ a $1\bar{h}$	-0.9	-0.4
			$1\bar{h}$ a $2\bar{h}$	-0.5	0
			$2\bar{h}$ a $3\bar{h}$	-0.3	0.1
			$> 3\bar{h}$	-0.2	0.2
		≥ 1.0	0 a $0.5\bar{h}$	-1.3	-0.6
			$0.5\bar{h}$ a $1\bar{h}$	-0.7,	-0.3
			$1\bar{h}$ a $2\bar{h}$	(-0.7)	(-0.3) ⁽¹⁾
			$2\bar{h}$ a $3\bar{h}$	(-0.7)	(-0.3)
			$> 3\bar{h}$	(-0.7)	(-0.3)

$$n = \frac{h}{d} = 0,21$$

2° Pendiente de la cubierta --> h/d ~<0,5

$K_L =$				1,00
$K_A =$				1,00
$p_e =$	$K_L * K_A * q_z$	=		0,55 kN/m ²
$p_{l1,2} =$	$((-0,90 * p_e) - p_i) * b_m$	=		-1,00 kN/m
$p_{l1,2} =$	$((-0,90 * p_e) - 0) * b_m$	=		<u>-1,28 kN/m</u>
$p_{l3} =$	$((-0,50 * p_e) - p_i) * b_m$	=		-0,43 kN/m
$p_{l3} =$	$((-0,50 * p_e) - 0) * b_m$	=		<u>-0,71 kN/m</u>
$p_{l1,4} =$	$((-0,30 * p_e) - p_i) * b_m$	=		-0,14 kN/m
$p_{l1,4} =$	$((-0,30 * p_e) - 0) * b_m$	=		<u>-0,43 kN/m</u>

3.11 Análisis de Cargas por Sismo.

Para nuestro estudio y dada la envergadura de nuestro proyecto, se contrató a la empresa ARQUITECTURA E INGENIERÍA ESPECIALIZADA AI MÉXICO S.A. DE C.V. para la realización de los estudios de Mecánica de Suelo, así como la determinación del Espectro de Diseño para nuestro sistema.

El EMS se realiza en la actual bodega No. 3 ubicada en Ecatepec de Morelos, Estado de México la cual se localiza en las coordenadas UTM: X= 495,546.00 Y= 2, 163,086.00 en un área de 1,560 m².

Los objetivos específicos de los estudios de mecánica de suelos son los siguientes:

- Definir el sistema de cimentación más conveniente con base en las características arquitectónicas de la estructura, niveles de descargas, colindancias y las condiciones estratigráficas del predio en estudio.
- Determinación de empujes de tierra para estructuras enterradas.
- Obtención de espectro de diseño sísmico.
- Definir profundidad de desplante.
- Definir capacidad de carga del terreno en condiciones estáticas y sísmicas.
- Definir el procedimiento constructivo más adecuado.
- Determinación de niveles de aguas freáticas.



Figura 21: Ubicación del sitio en estudio.

3.12 Condiciones geotécnicas y trabajo de campo.

Para definir las condiciones estratigráficas del sitio, se realizaron 4 sondeos mixtos (SM) que combinaron la prueba de penetración estándar SPT y la recuperación de muestras inalteradas por medio de tubos de pared delgada; un sondeo mixto se realizó a una profundidad de 37.35 m (SM-01-DH) y los restantes a 15.45 m (SM-02 al SM-04). Adicionalmente, con el objetivo de conocer las condiciones superficiales del subsuelo, se realizaron 4 pozos a cielo abierto (PCA) a una profundidad de 2.00 m.

Las pruebas de penetración estándar se efectuaron siguiendo lo especificado por la norma ASTM D-1586 (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés), la cual consiste en el hincado de un tubo partido o de media caña de 60 cm de longitud y 5 cm de diámetro por medio de la energía proporcionada por un martillo de 63.5 kg de peso dejado caer desde una altura libre de 76 cm.

3.13 Obtención del periodo fundamental del suelo.

La técnica de cociente espectral o también conocida como H/V implementada por Nakamura (1989), consiste en obtener del registro en superficie un promedio de la componente vertical y la componente horizontal, y con ello estimar el periodo fundamental del suelo.

Para la adquisición de los registros de campo, se emplea la prospección geofísica en la modalidad de vibración ambiental (VA), para la estimación de la amplificación del movimiento horizontal de las capas superficiales durante terremotos. Su principal ventaja es el uso de una estación de registro con tres componentes sin la necesidad de ocurrencia de un terremoto, ya que el ruido sísmico ambiental es el que provee la información.

El desarrollo del trabajo consta de tres etapas:

- Adquisición y almacenamiento de datos in situ.
- Procesado de datos.
- Análisis e interpretación de datos.

Equipo empleado:

El equipo utilizado para la adquisición sísmica mediante el método de VA, figura 19.

- I. Acelerógrafo GEOBOX marca SARA. Características: frecuencia de 2 Hz, con 3 componentes (2 horizontales y 1 vertical).
- II. Cable de comunicación entre laptop y el acelerógrafo.
- III. GPS



Figura 22: Acelerógrafo GEOBOX SARA de tres componentes.

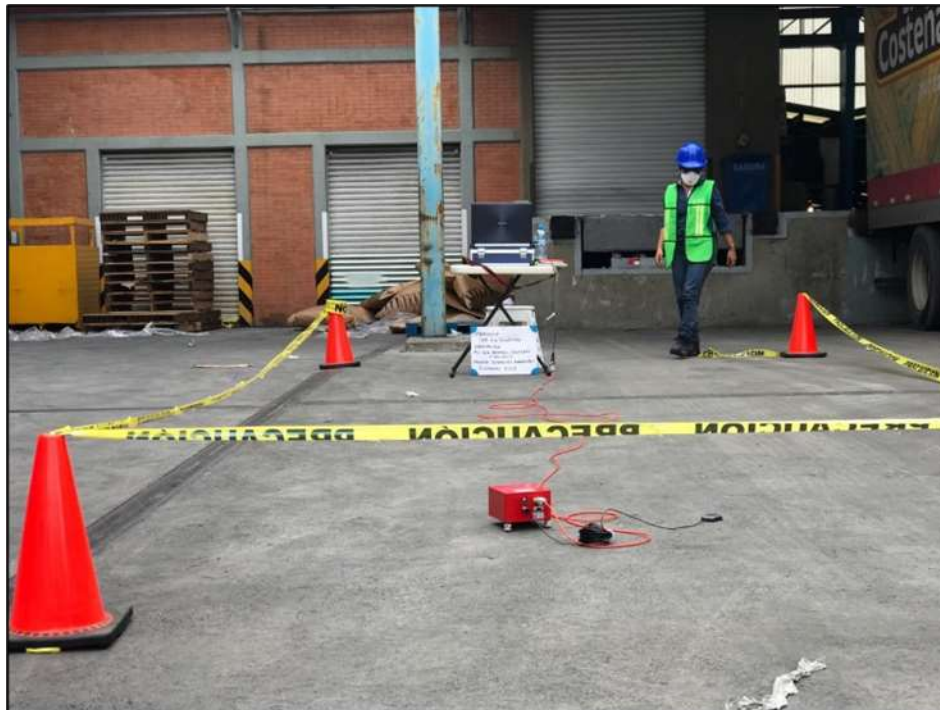


Figura 23: Arreglo de laptop-Acelerógrafo. Punto VA 02 Patio de maniobras.

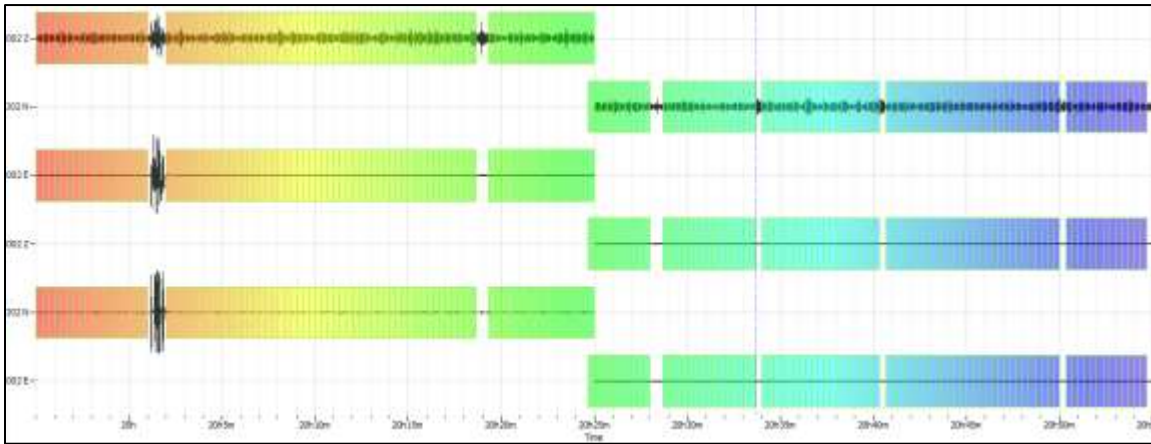


Figura 24: VA 02. Vista del registro, en sus diferentes componentes.

Como producto final, para cada medición se generó una gráfica cociente espectral (H/V) versus frecuencia que corresponde al espectro, de cual se tomó el valor medio en función de la frecuencia.

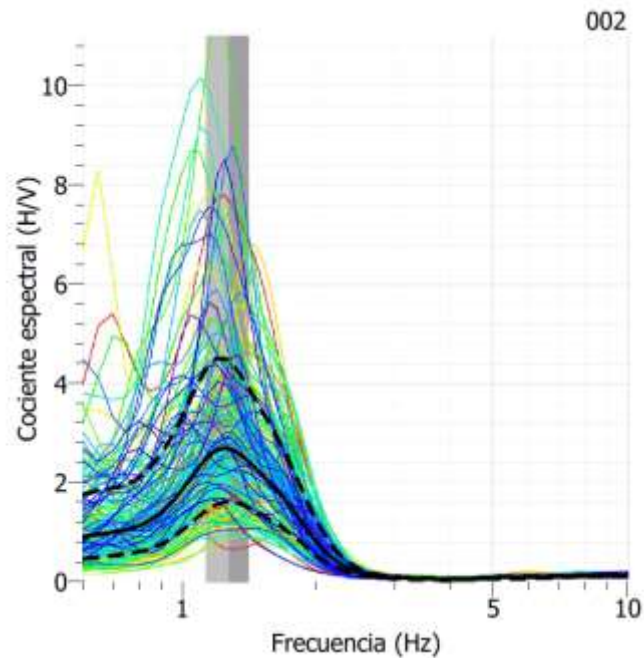


Figura 25: Cociente espectral calculado, correspondientes al registro de campo del VA 02. La línea vertical define el ancho de banda de la frecuencia media en la que oscila.

Nota: El espectro se muestra como media la línea de color negro continua, y como límite superior e inferior la discontinua.

Registro	Frecuencia [Hz]	H/V	Periodo TS [s]
VA 1-0230	1.35	4.87	0.74
VA 1-0231	1.27	2.68	0.78
Promedio			0.76

Tabla 3: Periodo fundamental del depósito de suelo.

A partir de los resultados de las pruebas de VA 001 y VA 002, se determinó el periodo fundamental del suelo de $T_s = 0.76$ s para el área en estudio.

3.14 Método sísmico DOWN-HOLE para la determinación de velocidades de onda de cortante VS del suelo.

Los métodos sísmicos, se basan en la propagación y medición de las ondas sísmicas a través del subsuelo. La velocidad de trayectoria de la onda longitudinal (V_p) y de corte (V_s), son un parámetro útil en la caracterización dinámica del suelo, el cual también permite cuantificar sus propiedades de rigidez y deformabilidad, parámetros de gran importancia en la ingeniería civil.

La prueba Down-Hole, es un método sísmico, el cual permite conocer las propiedades elásticas a diferentes profundidades dentro de un pozo, empleando el análisis de propagación de ondas para la estimación de las velocidades.

El desarrollo del trabajo está compuesto en tres etapas:

- Adquisición y almacenamiento de datos in situ.
- Procesado de datos.
- Análisis e interpretación de datos.

Equipo empleado:

A continuación, se describe el equipo utilizado para la adquisición sísmica mediante el método de Downhole (Figura 23).

- I. Sismógrafo DoReMi.
- II. Amplificador, un convertidor A/D y un buffer de memoria.
- III. Sensor triaxial SS-BH. Orientación angular precisa del sensor y una ortogonalidad absoluta del sensor Z. (nat. freq. 10 Hz-1 vertical y 2 sensores horizontales).



Figura 26: Equipo empleado método sísmico Down-Hole.

A partir de la interpretación de los tiempos de arribo de las ondas longitudinales (V_p) y de onda de corte (V_s) y, considerando los valores de las densidades, así como la correlación con el perfil estratigráfico; producto del sondeo geotécnico realizado, fue posible conocer las velocidades de propagación de onda de corte. En la figura 24 se muestra el resultado final que corresponde al perfil de velocidades de onda de cortante, V_s . Posteriormente en la tabla 4 se integra la información estratigráfica del sondeo SPT 1, en función de las velocidades S obtenidas del perfil.

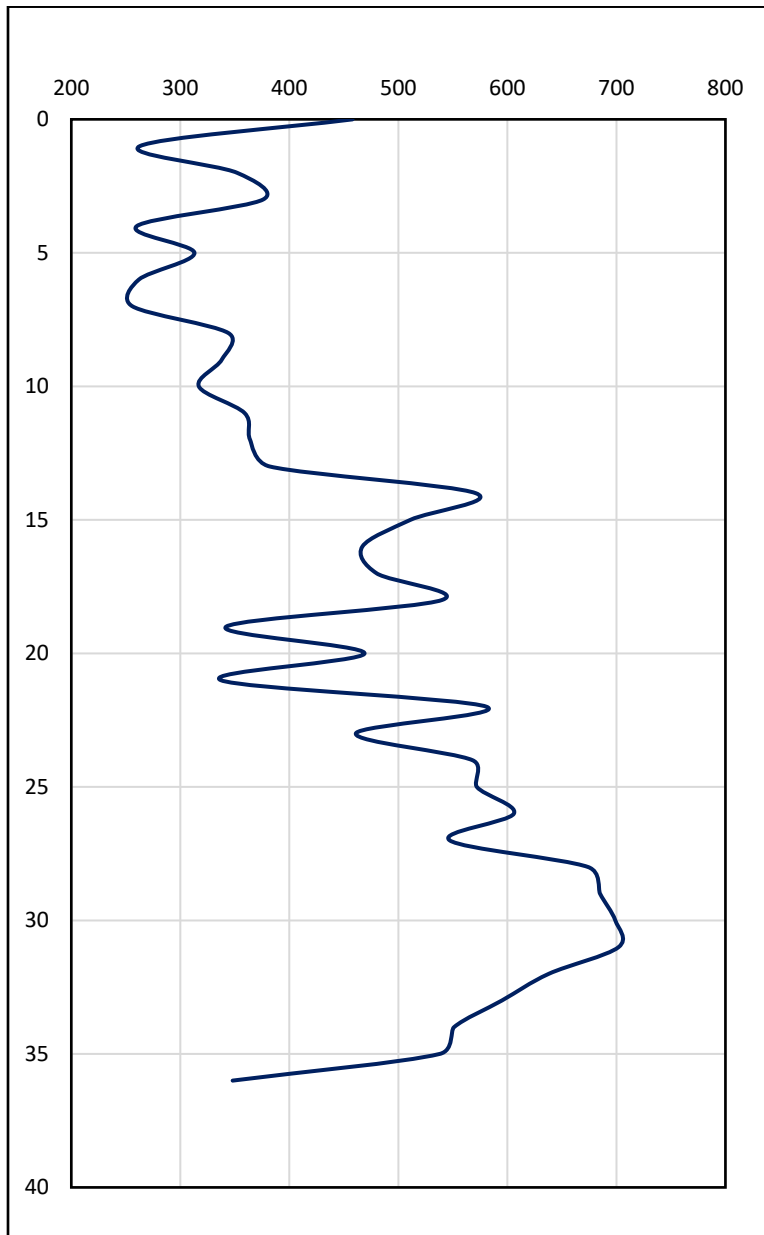


Figura 27: Perfil de velocidades de onda de corte V_s

Profundidad [m]	V_s [m/s]	Descripción Estratigráfica
1	458	Arena Limosa
2	263	Arena Limosa
3	352	Arcilla
4	376	Arcilla
5	260	Arcilla
6	313	Arcilla
7	262	Arcilla
8	256	Arcilla
9	344	Arcilla
10	338	Arcilla
11	317	Arena Limosa
12	359	Arena Limosa
13	364	Arena Limosa
14	382	Arcilla
15	571	Arcilla
16	511	Arena Limosa
17	467	Arena Limosa
18	480	Arena Limosa
19	540	Arena Limosa
20	342	Arena Limosa
21	469	Arena Limosa
22	337	Arena Limosa
23	581	Arcilla
24	461	Arcilla
25	568	Arcilla
26	572	Arcilla
27	606	Arcilla
28	547	Arcilla
29	674	Arcilla
30	685	Arena Limosa
31	699	Arena Limosa
32	702	Arena Limosa
33	638	Arena Limosa
34	595	Arena Limosa
35	551	Arena Limosa
36	538	Arena Limosa
37	348	Arena Limosa

Tabla 4: Velocidades de onda P, S y descripción estratigráfica en función información geotécnica.

Durante el ensayo, se registraron valores de velocidades de onda de corte a distancias de un metro, obteniendo valores que van desde 250 m/s hasta 699 m/s mismos que se incrementaban al aumentar la profundidad, no obstante, se registran notables descensos en las lecturas cercano a la profundidad de exploración máxima, es decir, a los 37 metros debido a la pérdida de la energía.

La velocidad máxima registrada durante el sondeo es de 699 m/s a los 31 metros de profundidad.

3.15 Peligro Sísmico.

Los efectos propios de sitio deberán ser incorporados en el espectro de diseño basándose en el peligro sísmico determinado para cada sitio dentro del territorio nacional. En el presente estudio, se define dicho ambiente a través del espectro de peligro sísmico, EPU con base en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad 2015 con ayuda del programa de diseño sísmico (PRODISIS V4.1).

El espectro de referencia (espectro de diseño en roca) se obtuvo siguiendo la metodología expuesta en el manual de diseño por sismo de CFE-2015 determinando la aceleración máxima en roca del sitio en el programa de cómputo PRODISIS v4.1. La figura 26 se muestra el espectro transparente en roca para el sitio, es decir, sin reducción.

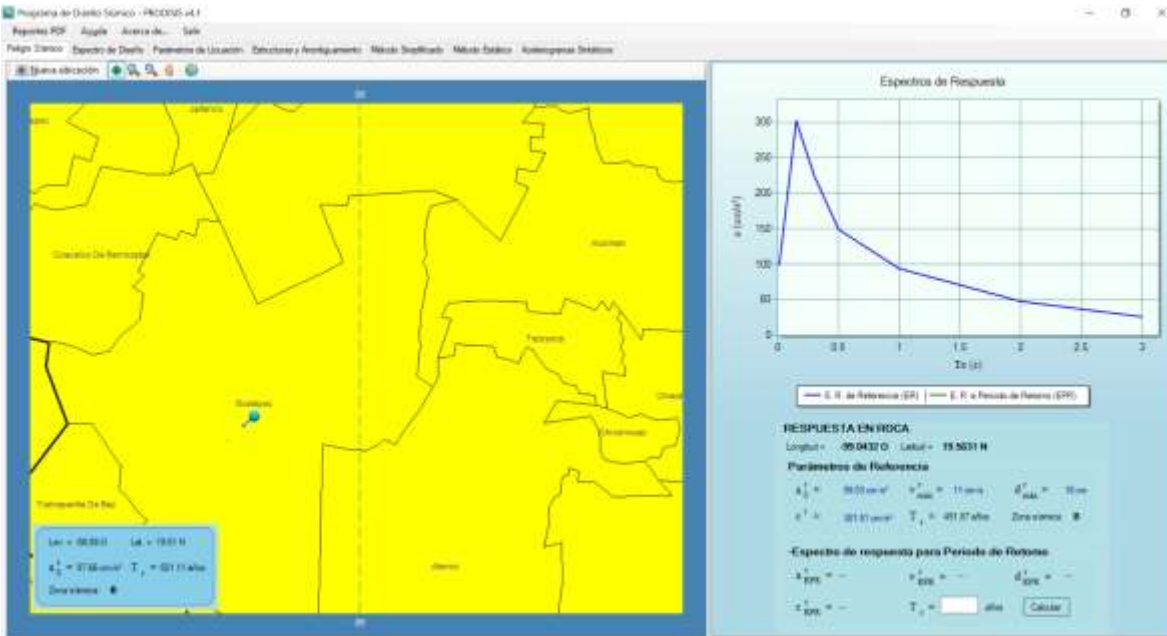


Figura 28: Localización del sitio de estudio en el programa PRODISIS V4.1.

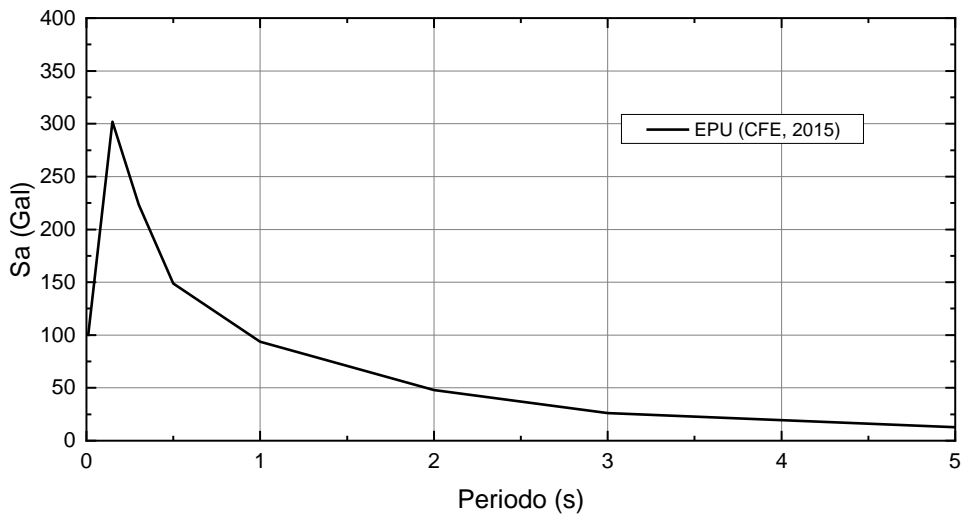


Figura 29: Espectro de peligro uniforme CFE 2015.

3.16 Análisis de respuesta de sitio.

Se realizó el análisis de respuesta de sitio con el programa Deepsoil (Hashash et al, 2011), que emplea diversos métodos en el dominio del tiempo y la frecuencia, entre ellos el método lineal equivalente para considerar la no linealidad del suelo. Se emplearon las curvas de $\frac{G}{G_{max}}$ y λ . Los perfiles de velocidades utilizados se presentan en la figura 27. Se colocaron los sismos en la base del modelo y se propagaron las ondas de corte SH verticalmente obteniéndose la respuesta del depósito de suelo en término de espectros de respuesta.

Los perfiles de velocidades utilizados corresponden a los determinados con base en los resultados de la campaña de exploración geofísica (prueba de Down Hole y correlaciones entre el SPT y la Vs). Adicionalmente se colocaron cinco sismos asociados tal como lo indica el MDOC CFE-2015 en la base del modelo y se propagaron las ondas de corte SH verticalmente obteniéndose la respuesta del depósito de suelo en término de espectros de respuesta para los dos perfiles de Vs.

El espectro propuesto corresponde a la superficie del terreno, la figura 27 presenta los espectros de respuesta de los análisis, la envolvente y el espectro suavizado y la figura 28 muestra la comparación entre el espectro transparente con forma funcional determinado en la superficie de suelo correspondiente a estructuras del grupo B. La tabla 5 resume los valores de los parámetros del espectro transparente para estructuras del grupo B.

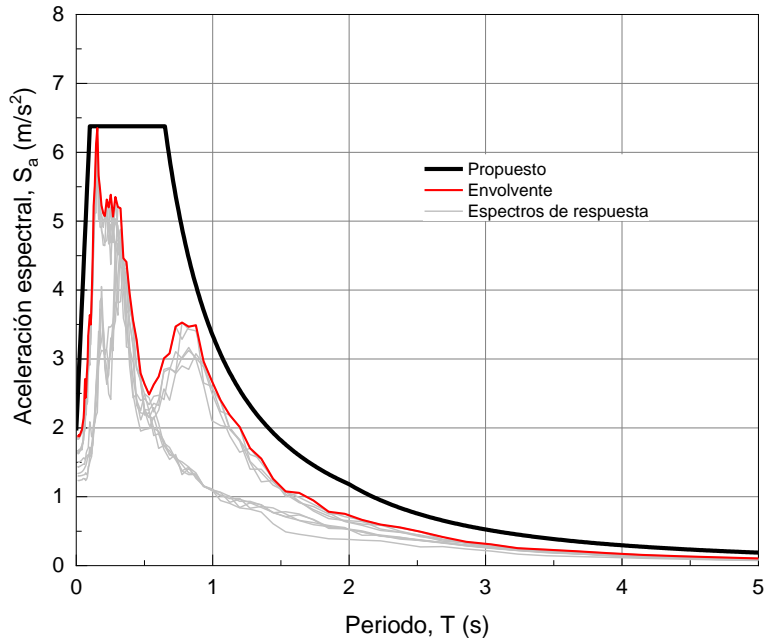


Figura 30: Espectro transparente de respuesta y propuesto para estructuras del grupo B, determinados con la metodología de CFE, 2015

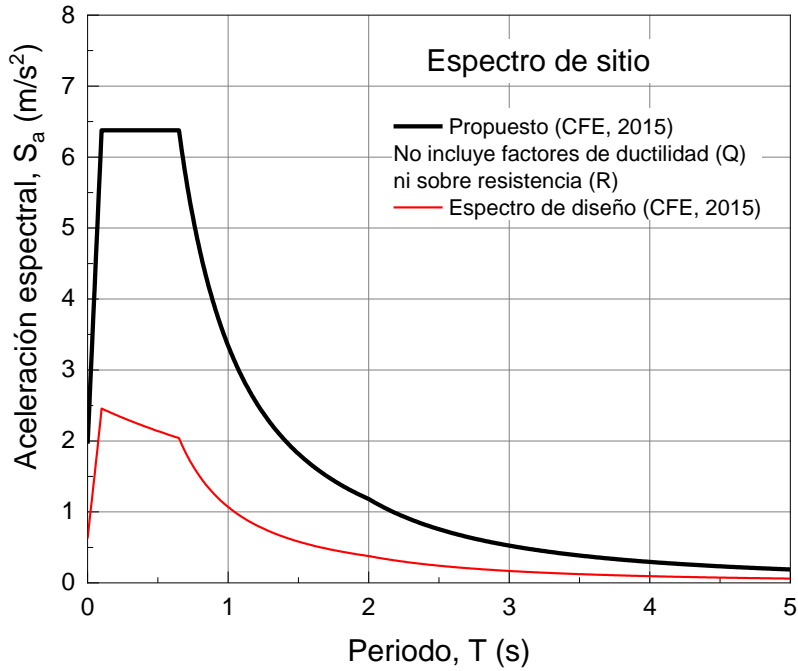


Figura 31: Comparación del espectro transparente de respuesta y propuesto para estructuras del grupo B, determinados con la metodología de CFE, 2015

Estructuras	a0 [m/s ²]	C [m/s ²]	Ta [s]	Tb [s]	Tc [s]	ζe [%]	r	k	β
Grupo B	1.96	6.37	0.1	0.65	2	5	1.5	1	1

Tabla 5: Valores de los parámetros del espectro propuesto CFE-2015 para estructuras del grupo B.

3.17 Espectro de sitio.

Transparente		Reducido	
Periodo	Sa	Periodo	Sa
[s]	[m/s ²]	[s]	[m/s ²]
0.000	1.962	0.000	0.628
0.010	2.403	0.010	0.818
0.020	2.845	0.020	0.992
0.030	3.286	0.030	1.168
0.040	3.728	0.040	1.345
0.050	4.169	0.050	1.525
0.060	4.611	0.060	1.707
0.070	5.052	0.070	1.891
0.080	5.494	0.080	2.077
0.090	5.935	0.090	2.266
0.100	6.377	0.100	2.456
0.110	6.377	0.110	2.447
0.120	6.377	0.120	2.438
0.130	6.377	0.130	2.429
0.140	6.377	0.140	2.420
0.150	6.377	0.150	2.411
0.160	6.377	0.160	2.403
0.170	6.377	0.170	2.394
0.180	6.377	0.180	2.385
0.190	6.377	0.190	2.377
0.200	6.377	0.200	2.368
0.210	6.377	0.210	2.360
0.220	6.377	0.220	2.352
0.230	6.377	0.230	2.343

0.240	6.377	0.240	2.335
0.250	6.377	0.250	2.327
0.260	6.377	0.260	2.319
0.270	6.377	0.270	2.311
0.280	6.377	0.280	2.303
0.290	6.377	0.290	2.295
0.300	6.377	0.300	2.287
0.310	6.377	0.310	2.279
0.320	6.377	0.320	2.271
0.330	6.377	0.330	2.263
0.340	6.377	0.340	2.256
0.350	6.377	0.350	2.248
0.360	6.377	0.360	2.240
0.370	6.377	0.370	2.233
0.380	6.377	0.380	2.225
0.390	6.377	0.390	2.218
0.400	6.377	0.400	2.211
0.410	6.377	0.410	2.203
0.420	6.377	0.420	2.196
0.430	6.377	0.430	2.189
0.440	6.377	0.440	2.181
0.450	6.377	0.450	2.174
0.460	6.377	0.460	2.167
0.470	6.377	0.470	2.160
0.480	6.377	0.480	2.153
0.490	6.377	0.490	2.146
0.500	6.377	0.500	2.139
0.510	6.377	0.510	2.132
0.520	6.377	0.520	2.126
0.530	6.377	0.530	2.119
0.540	6.377	0.540	2.112
0.550	6.377	0.550	2.105
0.560	6.377	0.560	2.099
0.570	6.377	0.570	2.092
0.580	6.377	0.580	2.085
0.590	6.377	0.590	2.079

0.600	6.377	0.600	2.072
0.610	6.377	0.610	2.066
0.620	6.377	0.620	2.059
0.630	6.377	0.630	2.053
0.640	6.377	0.640	2.047
0.650	6.377	0.650	2.040
0.660	6.232	0.660	1.994
0.670	6.093	0.670	1.950
0.680	5.959	0.680	1.907
0.690	5.830	0.690	1.866
0.700	5.706	0.700	1.826
0.710	5.586	0.710	1.787
0.720	5.470	0.720	1.750
0.730	5.358	0.730	1.714
0.740	5.249	0.740	1.680
0.750	5.145	0.750	1.646
0.760	5.043	0.760	1.614
0.770	4.946	0.770	1.583
0.780	4.851	0.780	1.552
0.790	4.759	0.790	1.523
0.800	4.670	0.800	1.494
0.810	4.584	0.810	1.467
0.820	4.500	0.820	1.440
0.830	4.419	0.830	1.414
0.840	4.340	0.840	1.389
0.850	4.264	0.850	1.365
0.860	4.190	0.860	1.341
0.870	4.118	0.870	1.318
0.880	4.048	0.880	1.295
0.890	3.980	0.890	1.274
0.900	3.914	0.900	1.252
0.910	3.849	0.910	1.232
0.920	3.787	0.920	1.212
0.930	3.726	0.930	1.192
0.940	3.667	0.940	1.173
0.950	3.609	0.950	1.155

0.960	3.553	0.960	1.137
0.970	3.498	0.970	1.119
0.980	3.444	0.980	1.102
0.990	3.392	0.990	1.086
1.000	3.342	1.000	1.069
1.010	3.292	1.010	1.053
1.020	3.244	1.020	1.038
1.030	3.197	1.030	1.023
1.040	3.151	1.040	1.008
1.050	3.106	1.050	0.994
1.060	3.062	1.060	0.980
1.070	3.019	1.070	0.966
1.080	2.977	1.080	0.953
1.090	2.936	1.090	0.940
1.100	2.896	1.100	0.927
1.110	2.857	1.110	0.914
1.120	2.819	1.120	0.902
1.130	2.782	1.130	0.890
1.140	2.745	1.140	0.879
1.150	2.710	1.150	0.867
1.160	2.675	1.160	0.856
1.170	2.640	1.170	0.845
1.180	2.607	1.180	0.834
1.190	2.574	1.190	0.824
1.200	2.542	1.200	0.813
1.210	2.511	1.210	0.803
1.220	2.480	1.220	0.794
1.230	2.450	1.230	0.784
1.240	2.420	1.240	0.774
1.250	2.391	1.250	0.765
1.260	2.363	1.260	0.756
1.270	2.335	1.270	0.747
1.280	2.307	1.280	0.738
1.290	2.281	1.290	0.730
1.300	2.254	1.300	0.721
1.310	2.229	1.310	0.713

1.320	2.203	1.320	0.705
1.330	2.179	1.330	0.697
1.340	2.154	1.340	0.689
1.350	2.130	1.350	0.682
1.360	2.107	1.360	0.674
1.370	2.084	1.370	0.667
1.380	2.061	1.380	0.660
1.390	2.039	1.390	0.652
1.400	2.017	1.400	0.646
1.410	1.996	1.410	0.639
1.420	1.975	1.420	0.632
1.430	1.954	1.430	0.625
1.440	1.934	1.440	0.619
1.450	1.914	1.450	0.612
1.460	1.894	1.460	0.606
1.470	1.875	1.470	0.600
1.480	1.856	1.480	0.594
1.490	1.837	1.490	0.588
1.500	1.819	1.500	0.582
1.510	1.801	1.510	0.576
1.520	1.783	1.520	0.571
1.530	1.766	1.530	0.565
1.540	1.749	1.540	0.560
1.550	1.732	1.550	0.554
1.560	1.715	1.560	0.549
1.570	1.699	1.570	0.544
1.580	1.683	1.580	0.538
1.590	1.667	1.590	0.533
1.600	1.651	1.600	0.528
1.610	1.636	1.610	0.523
1.620	1.621	1.620	0.519
1.630	1.606	1.630	0.514
1.640	1.591	1.640	0.509
1.650	1.577	1.650	0.505
1.660	1.562	1.660	0.500
1.670	1.548	1.670	0.495

1.680	1.535	1.680	0.491
1.690	1.521	1.690	0.487
1.700	1.508	1.700	0.482
1.710	1.494	1.710	0.478
1.720	1.481	1.720	0.474
1.730	1.469	1.730	0.470
1.740	1.456	1.740	0.466
1.750	1.443	1.750	0.462
1.760	1.431	1.760	0.458
1.770	1.419	1.770	0.454
1.780	1.407	1.780	0.450
1.790	1.395	1.790	0.447
1.800	1.384	1.800	0.443
1.810	1.372	1.810	0.439
1.820	1.361	1.820	0.436
1.830	1.350	1.830	0.432
1.840	1.339	1.840	0.428
1.850	1.328	1.850	0.425
1.860	1.317	1.860	0.422
1.870	1.307	1.870	0.418
1.880	1.296	1.880	0.415
1.890	1.286	1.890	0.412
1.900	1.276	1.900	0.408
1.910	1.266	1.910	0.405
1.920	1.256	1.920	0.402
1.930	1.246	1.930	0.399
1.940	1.237	1.940	0.396
1.950	1.227	1.950	0.393
1.960	1.218	1.960	0.390
1.970	1.209	1.970	0.387
1.980	1.199	1.980	0.384
1.990	1.190	1.990	0.381
2.000	1.181	2.000	0.378
2.010	1.170	2.010	0.374
2.020	1.158	2.020	0.371
2.030	1.147	2.030	0.367

2.040	1.136	2.040	0.363
2.050	1.125	2.050	0.360
2.060	1.114	2.060	0.356
2.070	1.103	2.070	0.353
2.080	1.092	2.080	0.350
2.090	1.082	2.090	0.346
2.100	1.072	2.100	0.343
2.110	1.061	2.110	0.340
2.120	1.051	2.120	0.336
2.130	1.042	2.130	0.333
2.140	1.032	2.140	0.330
2.150	1.022	2.150	0.327
2.160	1.013	2.160	0.324
2.170	1.004	2.170	0.321
2.180	0.994	2.180	0.318
2.190	0.985	2.190	0.315
2.200	0.976	2.200	0.312
2.210	0.968	2.210	0.310
2.220	0.959	2.220	0.307
2.230	0.950	2.230	0.304
2.240	0.942	2.240	0.301
2.250	0.933	2.250	0.299
2.260	0.925	2.260	0.296
2.270	0.917	2.270	0.293
2.280	0.909	2.280	0.291
2.290	0.901	2.290	0.288
2.300	0.893	2.300	0.286
2.310	0.886	2.310	0.283
2.320	0.878	2.320	0.281
2.330	0.870	2.330	0.279
2.340	0.863	2.340	0.276
2.350	0.856	2.350	0.274
2.360	0.848	2.360	0.272
2.370	0.841	2.370	0.269
2.380	0.834	2.380	0.267
2.390	0.827	2.390	0.265

2.400	0.820	2.400	0.263
2.410	0.814	2.410	0.260
2.420	0.807	2.420	0.258
2.430	0.800	2.430	0.256
2.440	0.794	2.440	0.254
2.450	0.787	2.450	0.252
2.460	0.781	2.460	0.250
2.470	0.775	2.470	0.248
2.480	0.768	2.480	0.246
2.490	0.762	2.490	0.244
2.500	0.756	2.500	0.242
2.510	0.750	2.510	0.240
2.520	0.744	2.520	0.238
2.530	0.738	2.530	0.236
2.540	0.732	2.540	0.234
2.550	0.727	2.550	0.233
2.560	0.721	2.560	0.231
2.570	0.715	2.570	0.229
2.580	0.710	2.580	0.227
2.590	0.704	2.590	0.225
2.600	0.699	2.600	0.224
2.610	0.694	2.610	0.222
2.620	0.688	2.620	0.220
2.630	0.683	2.630	0.219
2.640	0.678	2.640	0.217
2.650	0.673	2.650	0.215
2.660	0.668	2.660	0.214
2.670	0.663	2.670	0.212
2.680	0.658	2.680	0.211
2.690	0.653	2.690	0.209
2.700	0.648	2.700	0.207
2.710	0.643	2.710	0.206
2.720	0.639	2.720	0.204
2.730	0.634	2.730	0.203
2.740	0.629	2.740	0.201
2.750	0.625	2.750	0.200

2.760	0.620	2.760	0.199
2.770	0.616	2.770	0.197
2.780	0.611	2.780	0.196
2.790	0.607	2.790	0.194
2.800	0.603	2.800	0.193
2.810	0.598	2.810	0.192
2.820	0.594	2.820	0.190
2.830	0.590	2.830	0.189
2.840	0.586	2.840	0.187
2.850	0.582	2.850	0.186
2.860	0.578	2.860	0.185
2.870	0.574	2.870	0.184
2.880	0.570	2.880	0.182
2.890	0.566	2.890	0.181
2.900	0.562	2.900	0.180
2.910	0.558	2.910	0.179
2.920	0.554	2.920	0.177
2.930	0.550	2.930	0.176
2.940	0.547	2.940	0.175
2.950	0.543	2.950	0.174
2.960	0.539	2.960	0.173
2.970	0.536	2.970	0.171
2.980	0.532	2.980	0.170
2.990	0.529	2.990	0.169
3.000	0.525	3.000	0.168
3.010	0.522	3.010	0.167
3.020	0.518	3.020	0.166
3.030	0.515	3.030	0.165
3.040	0.511	3.040	0.164
3.050	0.508	3.050	0.163
3.060	0.505	3.060	0.162
3.070	0.501	3.070	0.160
3.080	0.498	3.080	0.159
3.090	0.495	3.090	0.158
3.100	0.492	3.100	0.157
3.110	0.489	3.110	0.156

3.120	0.485	3.120	0.155
3.130	0.482	3.130	0.154
3.140	0.479	3.140	0.153
3.150	0.476	3.150	0.152
3.160	0.473	3.160	0.151
3.170	0.470	3.170	0.150
3.180	0.467	3.180	0.150
3.190	0.464	3.190	0.149
3.200	0.461	3.200	0.148
3.210	0.459	3.210	0.147
3.220	0.456	3.220	0.146
3.230	0.453	3.230	0.145
3.240	0.450	3.240	0.144
3.250	0.447	3.250	0.143
3.260	0.445	3.260	0.142
3.270	0.442	3.270	0.141
3.280	0.439	3.280	0.141
3.290	0.437	3.290	0.140
3.300	0.434	3.300	0.139
3.310	0.431	3.310	0.138
3.320	0.429	3.320	0.137
3.330	0.426	3.330	0.136
3.340	0.424	3.340	0.136
3.350	0.421	3.350	0.135
3.360	0.419	3.360	0.134
3.370	0.416	3.370	0.133
3.380	0.414	3.380	0.132
3.390	0.411	3.390	0.132
3.400	0.409	3.400	0.131
3.410	0.406	3.410	0.130
3.420	0.404	3.420	0.129
3.430	0.402	3.430	0.129
3.440	0.399	3.440	0.128
3.450	0.397	3.450	0.127
3.460	0.395	3.460	0.126
3.470	0.392	3.470	0.126

3.480	0.390	3.480	0.125
3.490	0.388	3.490	0.124
3.500	0.386	3.500	0.123
3.510	0.384	3.510	0.123
3.520	0.381	3.520	0.122
3.530	0.379	3.530	0.121
3.540	0.377	3.540	0.121
3.550	0.375	3.550	0.120
3.560	0.373	3.560	0.119
3.570	0.371	3.570	0.119
3.580	0.369	3.580	0.118
3.590	0.367	3.590	0.117
3.600	0.365	3.600	0.117
3.610	0.363	3.610	0.116
3.620	0.361	3.620	0.115
3.630	0.359	3.630	0.115
3.640	0.357	3.640	0.114
3.650	0.355	3.650	0.114
3.660	0.353	3.660	0.113
3.670	0.351	3.670	0.112
3.680	0.349	3.680	0.112
3.690	0.347	3.690	0.111
3.700	0.345	3.700	0.110
3.710	0.343	3.710	0.110
3.720	0.341	3.720	0.109
3.730	0.340	3.730	0.109
3.740	0.338	3.740	0.108
3.750	0.336	3.750	0.108
3.760	0.334	3.760	0.107
3.770	0.332	3.770	0.106
3.780	0.331	3.780	0.106
3.790	0.329	3.790	0.105
3.800	0.327	3.800	0.105
3.810	0.326	3.810	0.104
3.820	0.324	3.820	0.104
3.830	0.322	3.830	0.103

3.840	0.320	3.840	0.103
3.850	0.319	3.850	0.102
3.860	0.317	3.860	0.101
3.870	0.316	3.870	0.101
3.880	0.314	3.880	0.100
3.890	0.312	3.890	0.100
3.900	0.311	3.900	0.099
3.910	0.309	3.910	0.099
3.920	0.308	3.920	0.098
3.930	0.306	3.930	0.098
3.940	0.304	3.940	0.097
3.950	0.303	3.950	0.097
3.960	0.301	3.960	0.096
3.970	0.300	3.970	0.096
3.980	0.298	3.980	0.095
3.990	0.297	3.990	0.095
4.000	0.295	4.000	0.095
4.010	0.294	4.010	0.094
4.020	0.292	4.020	0.094
4.030	0.291	4.030	0.093
4.040	0.290	4.040	0.093
4.050	0.288	4.050	0.092
4.060	0.287	4.060	0.092
4.070	0.285	4.070	0.091
4.080	0.284	4.080	0.091
4.090	0.283	4.090	0.090
4.100	0.281	4.100	0.090
4.110	0.280	4.110	0.090
4.120	0.278	4.120	0.089
4.130	0.277	4.130	0.089
4.140	0.276	4.140	0.088
4.150	0.274	4.150	0.088
4.160	0.273	4.160	0.087
4.170	0.272	4.170	0.087
4.180	0.270	4.180	0.087
4.190	0.269	4.190	0.086

4.200	0.268	4.200	0.086
4.210	0.267	4.210	0.085
4.220	0.265	4.220	0.085
4.230	0.264	4.230	0.085
4.240	0.263	4.240	0.084
4.250	0.262	4.250	0.084
4.260	0.260	4.260	0.083
4.270	0.259	4.270	0.083
4.280	0.258	4.280	0.083
4.290	0.257	4.290	0.082
4.300	0.256	4.300	0.082
4.310	0.254	4.310	0.081
4.320	0.253	4.320	0.081
4.330	0.252	4.330	0.081
4.340	0.251	4.340	0.080
4.350	0.250	4.350	0.080
4.360	0.249	4.360	0.080
4.370	0.247	4.370	0.079
4.380	0.246	4.380	0.079
4.390	0.245	4.390	0.078
4.400	0.244	4.400	0.078
4.410	0.243	4.410	0.078
4.420	0.242	4.420	0.077
4.430	0.241	4.430	0.077
4.440	0.240	4.440	0.077
4.450	0.239	4.450	0.076
4.460	0.238	4.460	0.076
4.470	0.237	4.470	0.076
4.480	0.235	4.480	0.075
4.490	0.234	4.490	0.075
4.500	0.233	4.500	0.075
4.510	0.232	4.510	0.074
4.520	0.231	4.520	0.074
4.530	0.230	4.530	0.074
4.540	0.229	4.540	0.073
4.550	0.228	4.550	0.073

4.560	0.227	4.560	0.073
4.570	0.226	4.570	0.072
4.580	0.225	4.580	0.072
4.590	0.224	4.590	0.072
4.600	0.223	4.600	0.071
4.610	0.222	4.610	0.071
4.620	0.221	4.620	0.071
4.630	0.220	4.630	0.071
4.640	0.219	4.640	0.070
4.650	0.219	4.650	0.070
4.660	0.218	4.660	0.070
4.670	0.217	4.670	0.069
4.680	0.216	4.680	0.069
4.690	0.215	4.690	0.069
4.700	0.214	4.700	0.068
4.710	0.213	4.710	0.068
4.720	0.212	4.720	0.068
4.730	0.211	4.730	0.068
4.740	0.210	4.740	0.067
4.750	0.209	4.750	0.067
4.760	0.209	4.760	0.067
4.770	0.208	4.770	0.066
4.780	0.207	4.780	0.066
4.790	0.206	4.790	0.066
4.800	0.205	4.800	0.066
4.810	0.204	4.810	0.065
4.820	0.203	4.820	0.065
4.830	0.203	4.830	0.065
4.840	0.202	4.840	0.065
4.850	0.201	4.850	0.064
4.860	0.200	4.860	0.064
4.870	0.199	4.870	0.064
4.880	0.198	4.880	0.064
4.890	0.198	4.890	0.063
4.900	0.197	4.900	0.063
4.910	0.196	4.910	0.063

4.920	0.195	4.920	0.062
4.930	0.194	4.930	0.062
4.940	0.194	4.940	0.062
4.950	0.193	4.950	0.062
4.960	0.192	4.960	0.061
4.970	0.191	4.970	0.061
4.980	0.191	4.980	0.061
4.990	0.190	4.990	0.061
5.000	0.189	5.000	0.060

Tabla 6: Valores de Pseudo-Aceleración para el espectro de sitio.

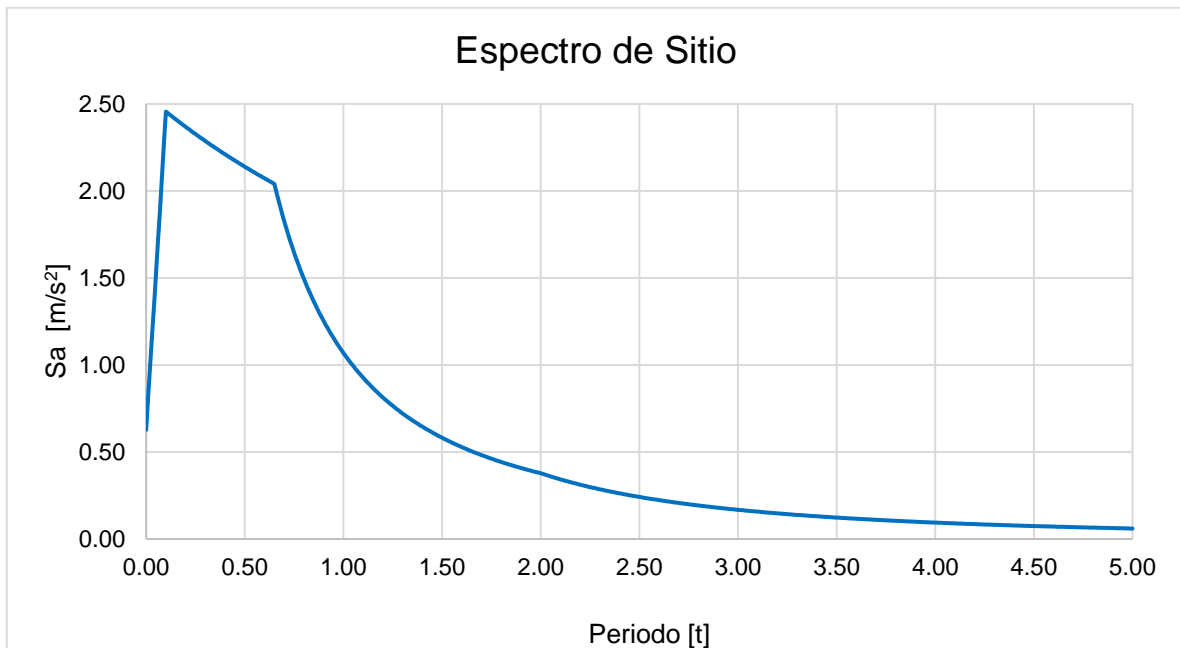


Figura 32: Espectro de Sitio.

3.18 Análisis Estructural Sistema HBW.

El análisis estructural se realiza con base en la concepción de una losa de concreto “Cuasi Rígida” según lo estipulado en la FEM 9.831, capítulo 4.4.5.2 en consecuencia no se consideran asentamientos en los soportes bajo la carga. Los cálculos de la cimentación no se encuentran en el alcance del presente trabajo, el cumplimiento de todas las pruebas necesarias para la transferencia de cargas a la losa de concreto y/o el comportamiento global de la misma (flexión, punzonamiento, etc.) deberán ser garantizadas por un especialista en cálculo de losas de concreto con una calidad C25/30 o superior. El espesor deberá obedecer a la demanda de cargas y esfuerzos propias del sistema y el sistema de anclaje previsto para el mismo.

El modelo matemático se realizó con ayuda del programa de cálculo y análisis estructural R-Stab 8.26.01x64 de la empresa Dlubal Ingenieursoftware GmbH, Tiefenbach (Licencia de estudiante).

Los cálculos se determinan tomando en cuenta los efectos de la teoría de II orden.

Las cargas de impacto (por ejemplo, el impacto con la carretilla, grúas o equipo metal mecánico) no se han considerado en el presente cálculo y deberán evitarse tomando las medidas adecuadas.

3.19 Primera sección de puntales perímetro del sistema SSI Schäfer HBW.

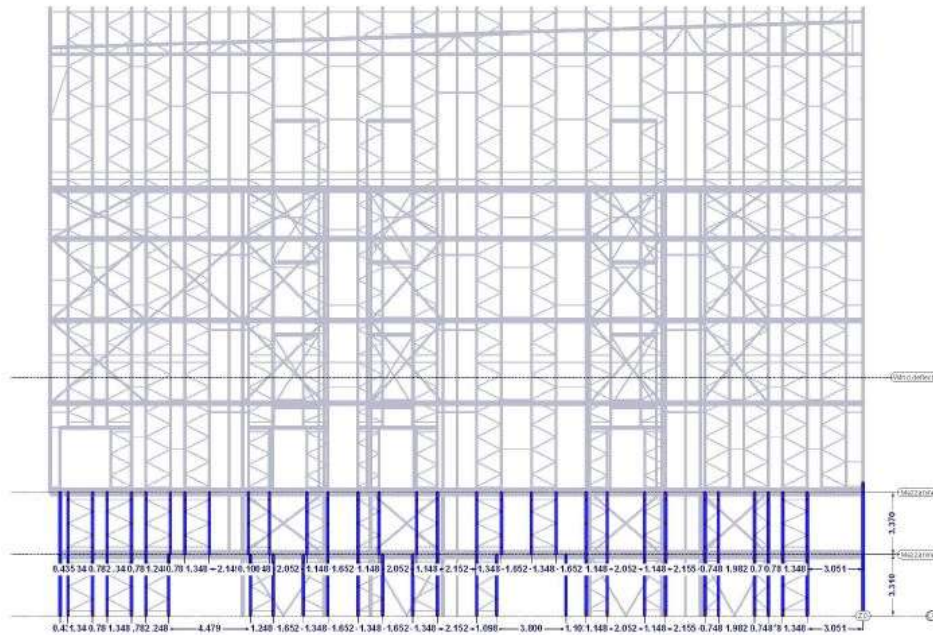


Figura 33: Puntales marco exterior, pasillos.

Diagramas de resultados en el miembro.

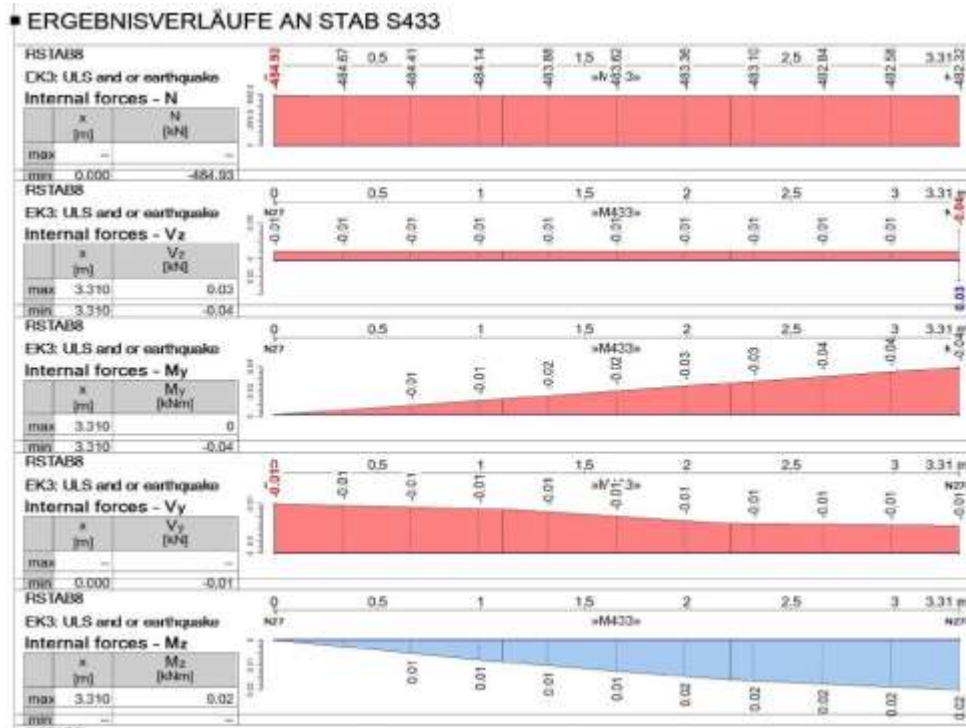
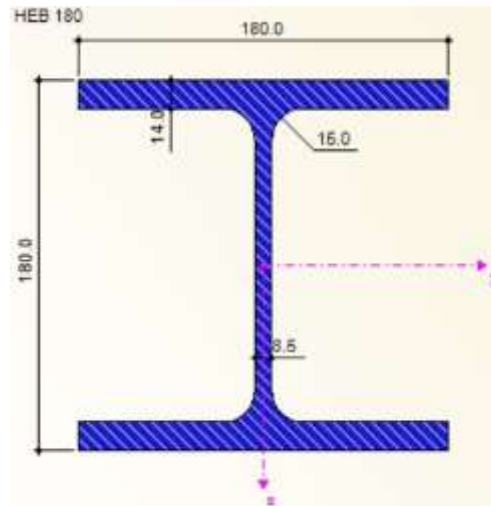


Figura 34: Diagramas de resultados en el miembro.

3.19.1 Sección transversal HEB 180 (S 355).



CROSS-SECTION PROPERTIES

HEB 180

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Depth	d	180.0	mm
Width	b	180.0	mm
Web thickness	t _w	8.5	mm
Flange thickness	t _f	14.0	mm
Root fillet radius	r	15.0	mm
Depth between flanges	d-2t _f	152.0	mm
Depth of straight web	T	122.0	mm
Cross-sectional area	A	6525.0	mm ²
Shear area	A _y	4204.7	mm ²
Shear area	A _z	1297.6	mm ²
Shear area according to EC 3	A _{v,y}	5239.8	mm ²
Shear area according to EC 3	A _{v,z}	2024.0	mm ²
Plastic shear area	A _{pl,y}	5040.0	mm ²
Plastic shear area	A _{pl,z}	1411.0	mm ²
Moment of inertia	I _y	3.831E+07	mm ⁴
Moment of inertia	I _z	1.363E+07	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	76.6	mm
Governing radius of gyration	r _z	45.7	mm
Polar radius of gyration	r _o	89.2	mm
Radius of gyration of flange plus 1/5 of web area	r _{ag}	48.7	mm
Volume	V	6525.0	mm ³ /mm
Weight	wt	51.2	kg/m
Surface	A _{surf}	1.040	m ² /m
Section factor	A _m /V	159.387	1/m
Torsional constant	J	421600.0	mm ⁴
Warping constant	C _w	9.375E+10	mm ⁶
Elastic section modulus	S _y	425700.0	mm ³
Elastic section modulus	S _z	151400.0	mm ³
Warping section modulus	W _w	1.255E+07	mm ⁴
Statical moment of area	Q _{y,max}	240700.0	mm ³
Statical moment of area	Q _{z,max}	56700.0	mm ³
Normalized warping constant	W _{no}	7470.0	mm ²
Warping statical moment	Q _w	4706100.0	mm ⁴
Plastic section modulus	Z _y	481400.0	mm ³
Plastic section modulus	Z _z	231000.0	mm ³
Plastic warping section modulus	Z _w	1.882E+07	mm ⁴
Plastic shape factor	Z _y /S _y	1.131	
Plastic shape factor	Z _z /S _z	1.526	
Plastic shape factor	Z _w /W _w	1.500	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN}	b	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{z,DIN}	c	
Buckling curve for steel with f _y ≥460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN,S460}	a	
Buckling curve for steel with f _y ≥460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{z,DIN,S460}	b	
Buckling curve acc. to EN	BC _{y,EN}	b	
Buckling curve acc. to EN	BC _{z,EN}	c	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{y,EN,S460}	a	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{z,EN,S460}	a	

Figura 35: Propiedades mecánicas sección transversal HEB 160 (S 355).

3.19.2 Revisión sección transversal HEB 180 (S 355).

Safety factor:			
γ_{M2} =			1,25
Upright:			
Typ	=		HEB
Bezeichnung Bez	=		HEB 180
Stahl	=		S355
b	=		180,0 mm
h_1	=		122,0 mm
r	=		15,0 mm
s	=		8,5 mm
t_1	=		14,0 mm
$f_{u,1}$	=		490,0 N/mm ²
$\beta_{w,1}$	=		0,90
Plate:			
Stahl	=		S355
t_2 =			30,0 mm
$f_{u,2}$	=		490,0 N/mm ²
$\beta_{w,2}$	=		0,90
Welding thickness:			
a_w =			5,0 mm
t_{max} =	MAX($t_1; t_2$)	=	30,0 mm
$a_{w,min}$ =	MAX($\sqrt{t_{max}}-0,5; 3,0$)	=	5,0 mm
$\frac{a_{w,min}}{a_w}$		=	1,00 < 1
Welding length:			
l_w =	$4*b-4*r-2*s+2*h_1$	=	887,0 mm
$l_{w,min}$ =	MAX($6*a_w; 30$)	=	30,0 mm
$\frac{l_{w,min}}{l_w}$		=	0,03 < 1
f_u =	MIN($f_{u,1}; f_{u,2}$)	=	490,0 N/mm ²
β_w =	WENN($f_u=f_{u,1}; \beta_{w,1}; \beta_{w,2}$)	=	0,90
$F_{w,Rd}$ =	$\frac{f_u * a_w * l_w}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} * 10^{-3}$	=	1115,26 kN
$\frac{\sqrt{(N_{d,z}^2 + V_{d,z}^2)}}{F_{w,Rd}}$		=	0,05 < 1

Baseplate:

Plattenlänge a_p =	240 mm
Plattenbreite b_p =	240 mm
Plattendicke t_p =	30 mm

Upright:

Profilreihe Typ	=	HEB
Gewähltes Profil	=	HEB 180
Flanschbreite b_f	=	180 mm
Flanschdicke t_f	=	14,0 mm
Stegdicke t_s	=	8,5 mm
Trägerhöhe h_t	=	180 mm

γ_{M0} =		1,0
γ_{M2} =		1,25
γ_c =		1,50
α_{cc} =		0,85
β_j =	2 / 3	= 0,67

Grate of steel:

Stahl	=	S 355
E_s	=	210000,00 N/mm ²
$f_{y,k}$	=	355,00 N/mm ²
$f_{y,d}$ =	$f_{y,k} / \gamma_{M0}$	= 355,00 N/mm ²

Concrete quality

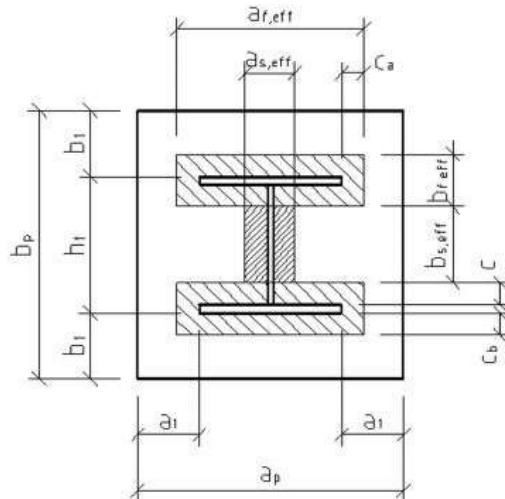
Beton	=	C25/30
$f_{c,k}$	=	25,00 N/mm ²

eff. thickness:

f_{jd} =	$\beta_j * \alpha_{cc} * f_{c,k} / \gamma_c$	= 9,49 N/mm ²
c =	$t_p * \sqrt{\frac{f_{y,d}}{3 * f_{jd}}}$	= 105,94 mm

3.19.3 Diseño de placa base y anclaje sección transversal HEB 180 (S 355).

max. uplift $N_{d,z}$ =	44,71 kN
max. pressure $N_{d,d}$ =	484,93 kN
max. horiz. $V_{d,z}$ =	32,00 kN
max. horiz. $V_{d,y}$ =	4,42 kN



Plattenüberstand $a_1 = (a_p - b_f)/2$	=	30,0 mm
Plattenüberstand $b_1 = (b_p - h_t)/2$	=	30,0 mm
$c_a = \text{MIN}(c; a_1)$	=	30,0 mm
$c_b = \text{MIN}(c; b_1)$	=	30,0 mm
$a_{f,eff} = b_f + 2 \cdot c_a$	=	240,0 mm
$b_{f,eff} = c + t_f + c_b$	=	149,9 mm
$a_{s,eff} = t_s + 2 \cdot c$	=	220,4 mm
$b_{s,eff} = h_t - 2 \cdot t_f - 2 \cdot c$	=	-59,9 mm
$A_{e1} = (h_t + 2 \cdot c_b) \cdot a_{f,eff}$	=	57600 mm ²
$A_{e2} = 2 \cdot a_{f,eff} \cdot b_{f,eff} + a_{s,eff} \cdot b_{s,eff}$	=	58750 mm ²
eff. Fläche $A_{eff} = \text{WENN}(b_{s,eff} \leq 0; A_{e1}; A_{e2})$	=	57600,00 mm ²

Proof: Plate:

$N_{Rd} = A_{eff} \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{c,k} / \gamma_c \cdot 10^3$	=	816,00 kN
$\frac{N_{d,d}}{N_{Rd}}$	=	<u>0,59 < 1</u>

3.19.4 Resumen posición.

Anclaje.

4 x HIT-RE 500 V3 + HIT-V (8.8) M24; EBT= 300 [mm]; $p= 250/220$ [mm]

Placa base.

350x320x25 (S 355); soldadura $a_w= 5.0$ [mm]

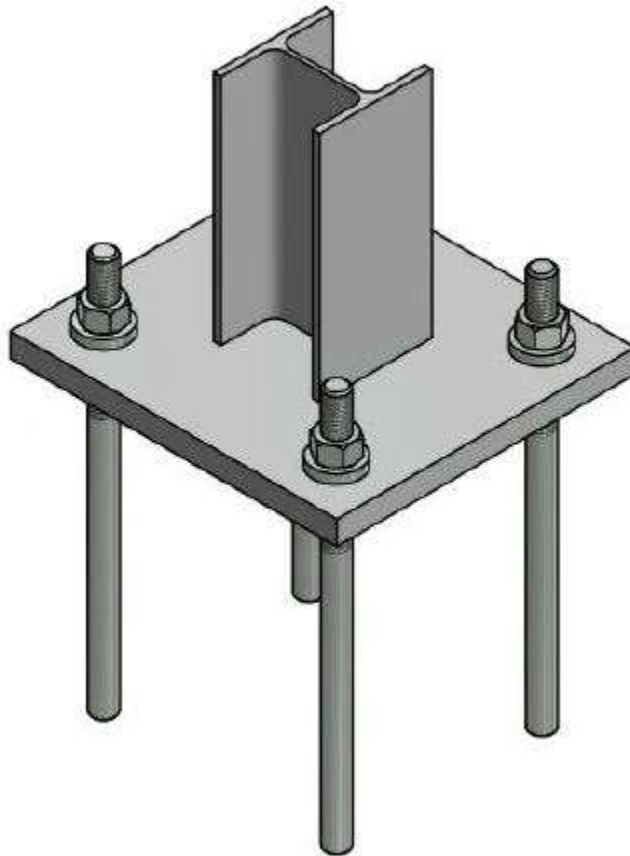


Figura 36: Esquema sección transversal HEB 180, placa base y anclaje.

3.19.5 Diseño de empalme Estructura-Mezzanine niveles (+3,500 [mm]; 6,910 [mm])

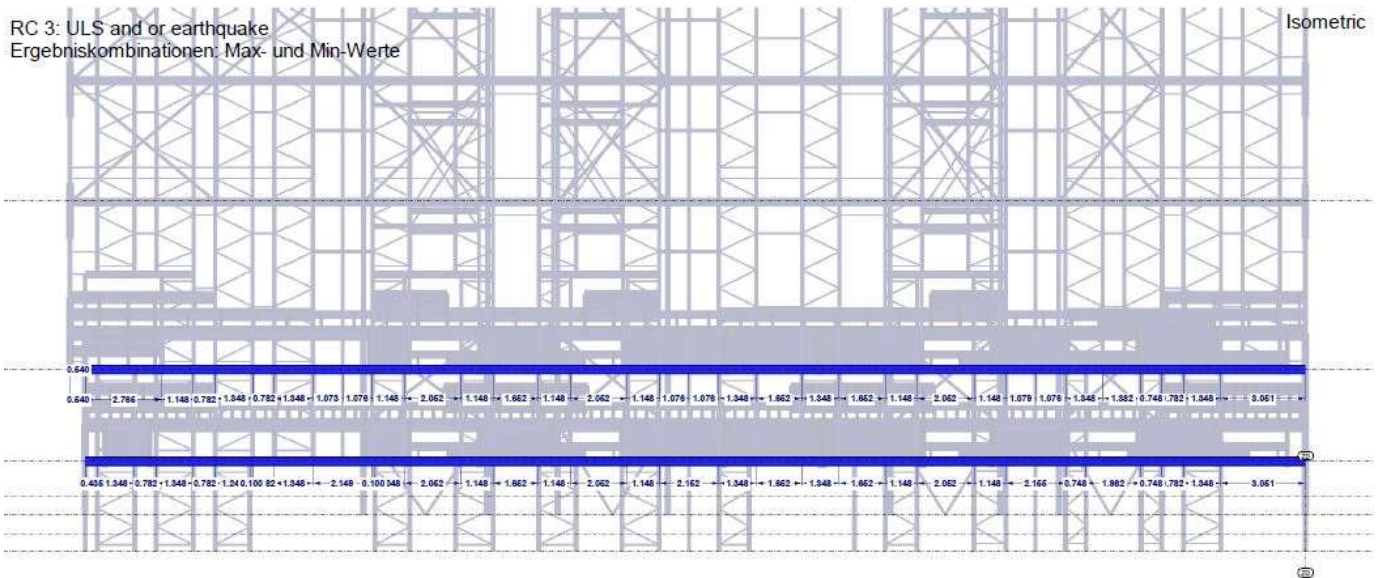


Figura 37: Larguero HEB 300 para empalme niveles (+3,500 [mm]; 6,910[mm]).

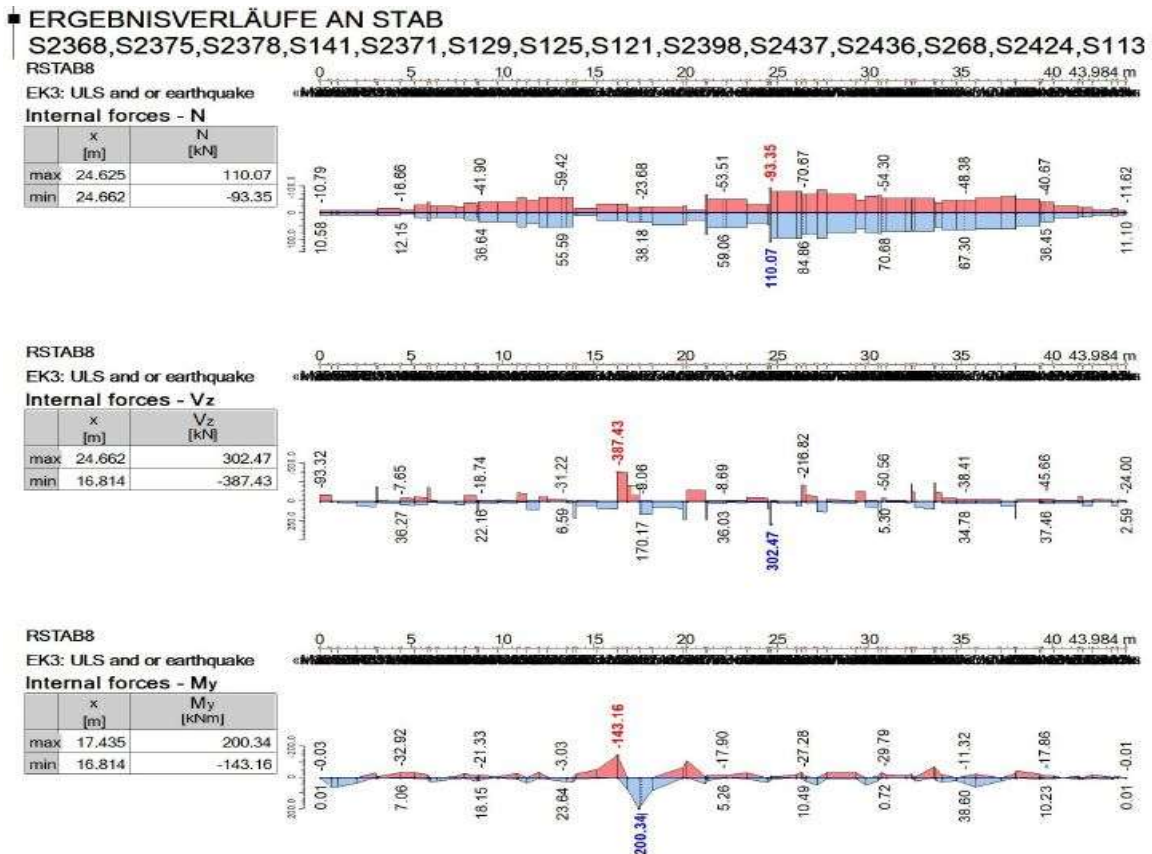


Figura 38: Diagrama de resultados en el miembro para combinación determinante.

splice between mezzanine levels (+3500mm/6910mm) and upright

max. uplift $N_{d,z}$ =	145,26 kN
max. $V_{d,z}$ =	110,07 kN
max. $V_{d,y}$ =	28,32 kN

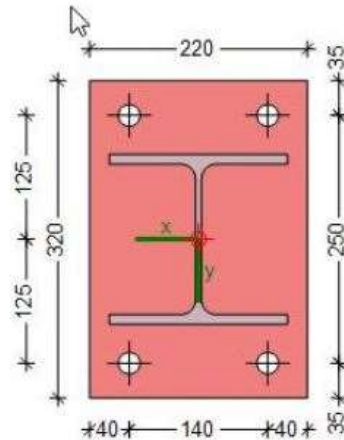
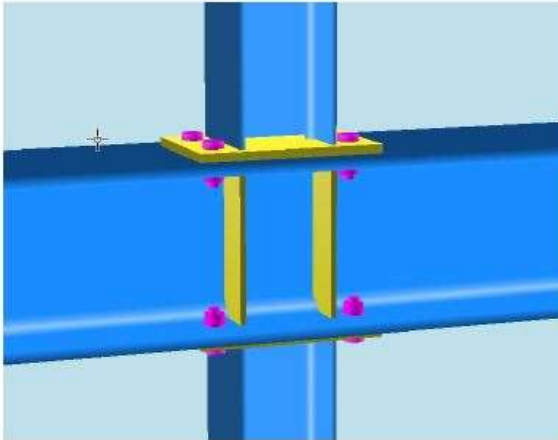


Figura 39: Geometría y diseño de la conexión estructura-Mezzanine (+3,500 [mm]; 6,910 [mm]).

Proof of the bolts:

Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Schrauben:

Schr	=	M 20
FK	=	8.8
Anzahl n =	=	4
Δd =	=	1,00 mm

Schaftd. d	=	20,00 mm
------------	---	----------

Lochd. d_0 =	$d + \Delta d$	=	21,00 mm
----------------	----------------	---	----------

f_{ub}	=	800,0 N/mm ²
----------	---	-------------------------

Spannungsq. A_s	=	245,0 mm ²
-------------------	---	-----------------------

α_v =	WENN(FK="10.9";0,5;0,6)	=	0,60
--------------	-------------------------	---	------

Beiwert k_{LS} =	WENN($d/\Delta d < 8$;0,85;1,0)	=	1,00
--------------------	-----------------------------------	---	------

$F_{v,Rd}$ =	$n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS} \cdot 10^{-3}$	=	376,32 kN
--------------	--	---	-----------

$F_{t,Rd}$ =	$n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3}$	=	564,48 kN
--------------	--	---	-----------

$\frac{\sqrt{V_{d,z}^2 + V_{d,y}^2}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{d,z}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}}$	=	0,49 < 1
--	---	----------

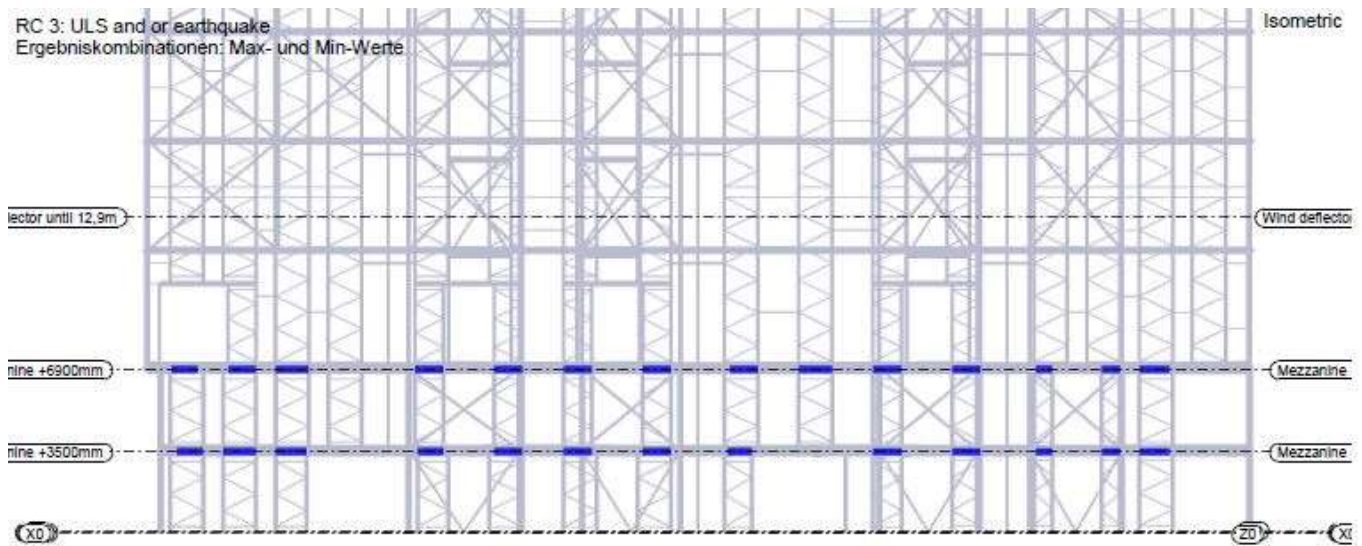


Figura 40: Posición de los empalmes longitudinales de la sección HEB 300.

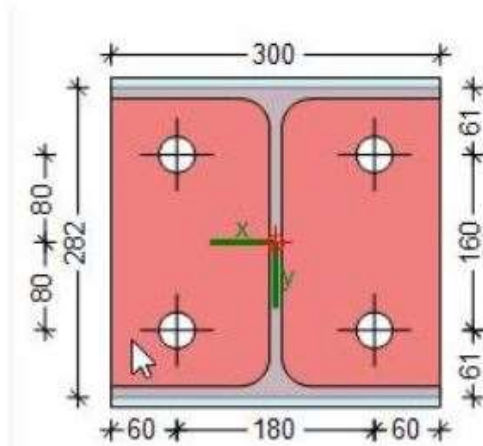
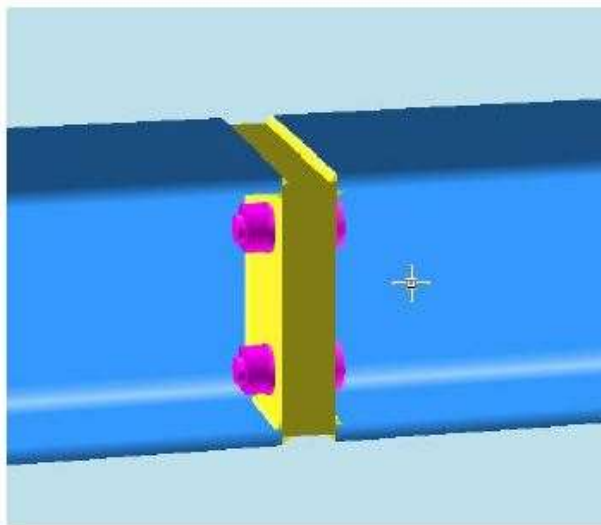


Figura 41: Esquema y geometría para empalme longitudinal HEB 300.

Nota Importante: La longitud de las secciones constructivamente hablando no deberán superar los 11,800 [mm] de longitud. Dicha limitante obedece a las medidas y geometrías de la industria naviera para el uso de sus portacontenedores.

3.19.6 Segunda sección de puntales perímetro del sistema SSI Schäfer HBW.

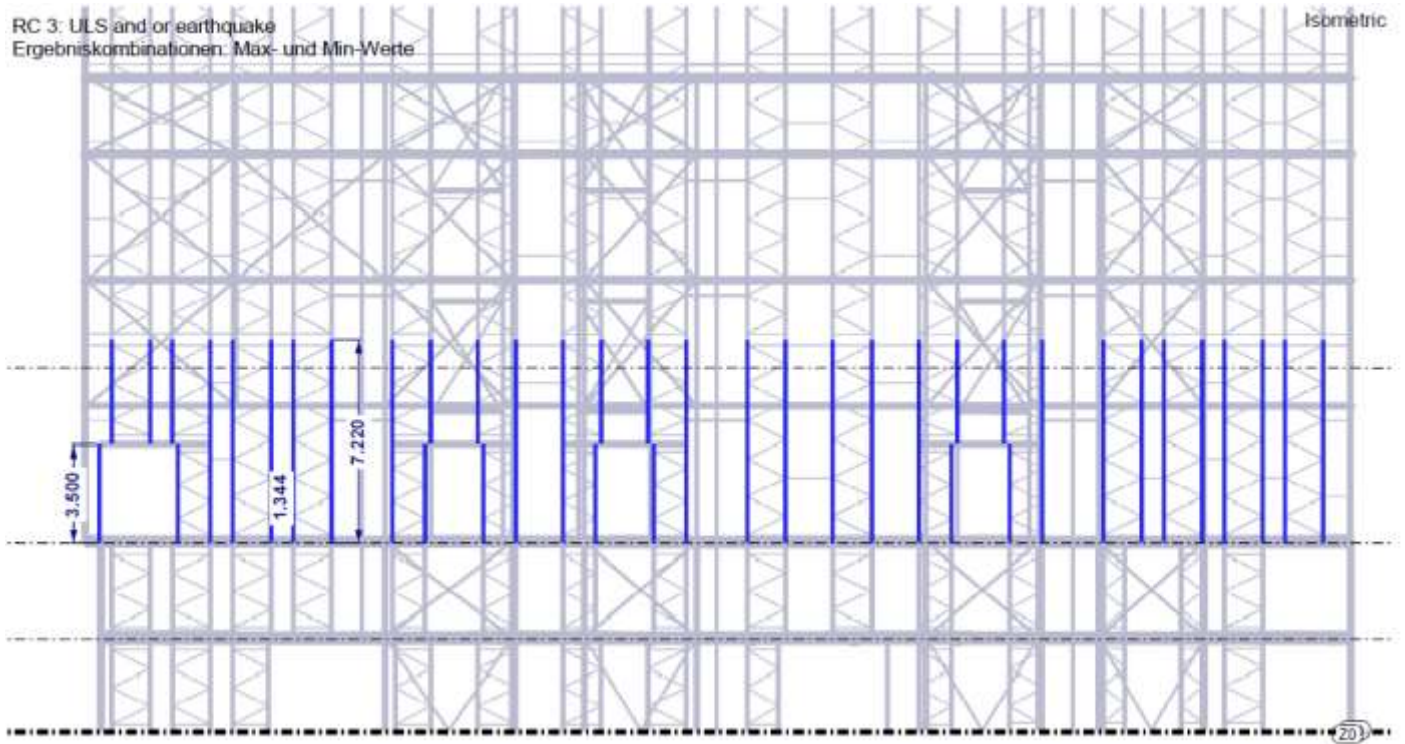


Figura 42: Puntales 2ª sección sistema HBW.

Sección Transversal.

HEA 160 (S 355)

Diagramas de resultados en el miembro.

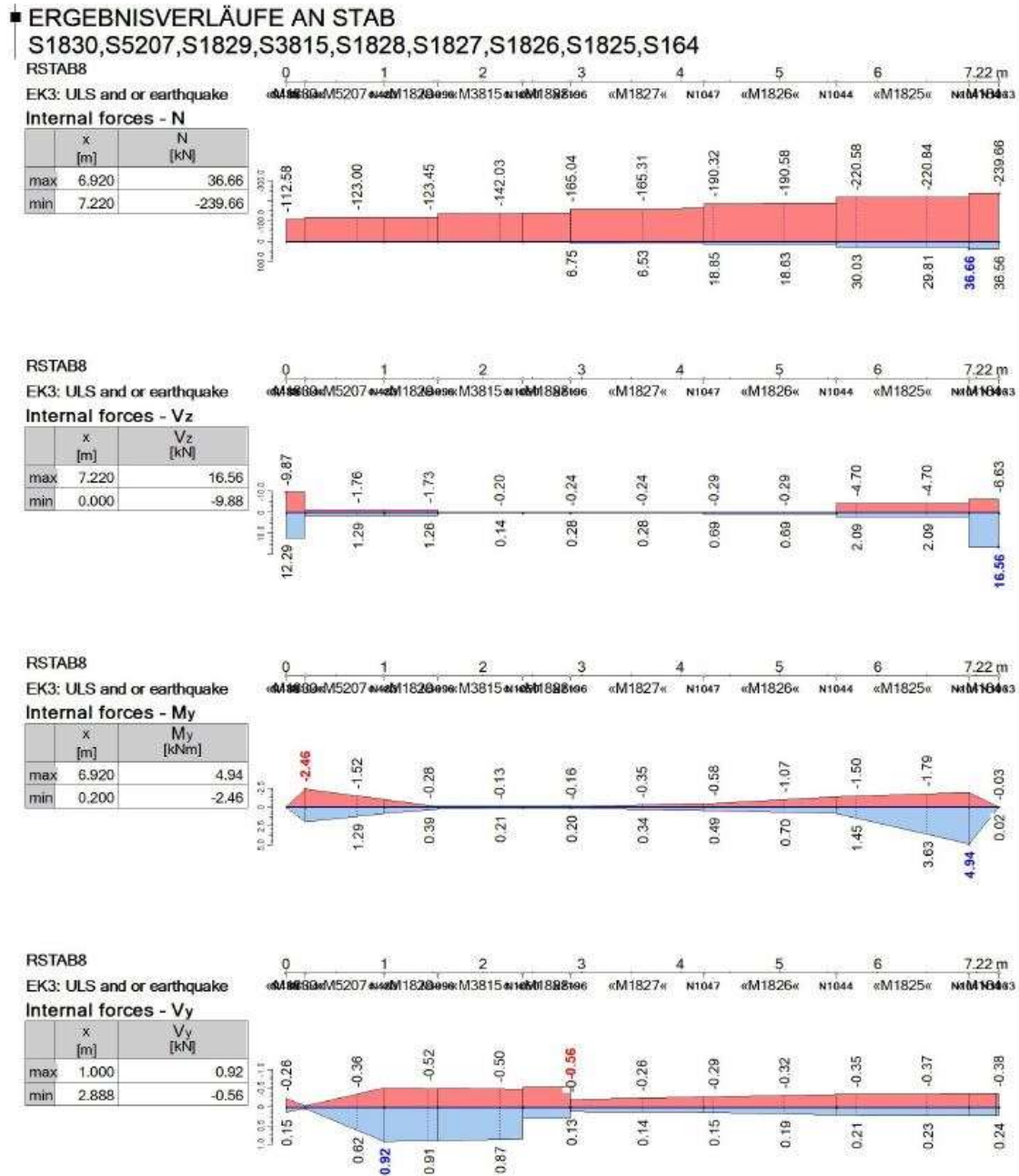
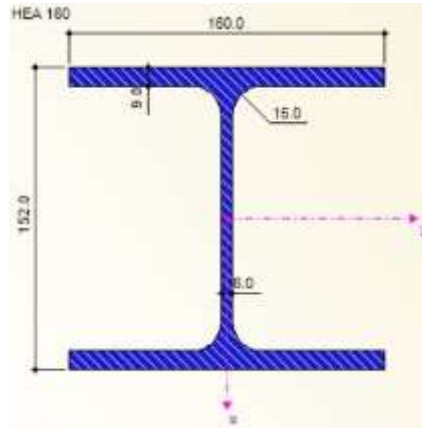


Figura 43: Diagramas de resultados en el miembro.

3.19.7 Sección transversal HEA 160 (S 355).



CROSS-SECTION PROPERTIES		HEA 160	
Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Depth	d	152.0	mm
Width	b	160.0	mm
Web thickness	t_w	6.0	mm
Flange thickness	t_f	9.0	mm
Root fillet radius	r	15.0	mm
Depth between flanges	d-2 t_f	134.0	mm
Depth of straight web	T	104.0	mm
Cross-sectional area	A	38.77	cm ²
Shear area	A_y	23.99	cm ²
Shear area	A_z	7.85	cm ²
Shear area according to EC 3	$A_{v,y}$	30.06	cm ²
Shear area according to EC 3	$A_{v,z}$	13.21	cm ²
Plastic shear area	$A_{pl,y}$	28.80	cm ²
Plastic shear area	$A_{pl,z}$	8.58	cm ²
Moment of inertia	I_y	1673.00	cm ⁴
Moment of inertia	I_z	615.60	cm ⁴
Governing radius of gyration	r_y	65.7	mm
Governing radius of gyration	r_z	39.8	mm
Polar radius of gyration	r_o	76.8	mm
Radius of gyration of flange plus 1/5 of web area	r_{sq}	42.6	mm
Volume	V	3.88	cm ³ /mm
Weight	wt	30.4	kg/m
Surface	A_{surf}	0.910	m ² /m
Section factor	A_{eff}/V	234.718	1/m
Torsional constant	J	12.19	cm ⁴
Warping constant	C_w	31410.00	cm ⁶
Elastic section modulus	S_y	220.10	cm ³
Elastic section modulus	S_z	76.95	cm ³
Warping section modulus	W_w	549.13	cm ⁴
Statical moment of area	$Q_{y,max}$	122.55	cm ³
Statical moment of area	$Q_{z,max}$	28.80	cm ³
Normalized warping constant	W_{no}	57.20	cm ²
Warping statical moment	Q_w	205.92	cm ⁴
Plastic section modulus	Z_y	245.10	cm ³
Plastic section modulus	Z_z	117.60	cm ³
Plastic warping section modulus	Z_w	823.68	cm ⁴
Plastic shape factor	Z_y/S_y	1.114	
Plastic shape factor	Z_z/S_z	1.528	
Plastic shape factor	Z_w/W_w	1.500	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN}	b	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{z,DIN}	c	
Buckling curve for steel with $f_y \geq 460$ N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN,0460}	a	
Buckling curve for steel with $f_y \geq 460$ N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{z,DIN,0460}	b	
Buckling curve acc. to EN	BC _{y,EN}	b	
Buckling curve acc. to EN	BC _{z,EN}	c	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{y,EN,0460}	a	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{z,EN,0460}	a	

Figura 44: Propiedades mecánicas sección transversal HEA 160 (S 355).

3.20 Diseño de empalmes superior e inferior

max. uplift $N_{d,z}$ =	119,19 kN
max. $V_{d,z}$ =	21,86 kN
max. $V_{d,y}$ =	1,18 kN

Proof of the bolts:

Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Schrauben:

Schr	=	M 20
FK	=	8.8
Anzahl n =		2
Δd =		1,00 mm
Schaftd. d	=	20,00 mm
Lochd. d_0 =	$d + \Delta d$	= 21,00 mm
f_{ub}	=	800,0 N/mm ²
Spannungsq. A_s	=	245,0 mm ²
α_v =	WENN(FK="10.9";0,5;0,6)	= 0,60
Beiwert k_{LS} =	WENN($d/\Delta d < 8$;0,85;1,0)	= 1,00

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS} \cdot 10^{-3} = 188,16 \text{ kN}$$

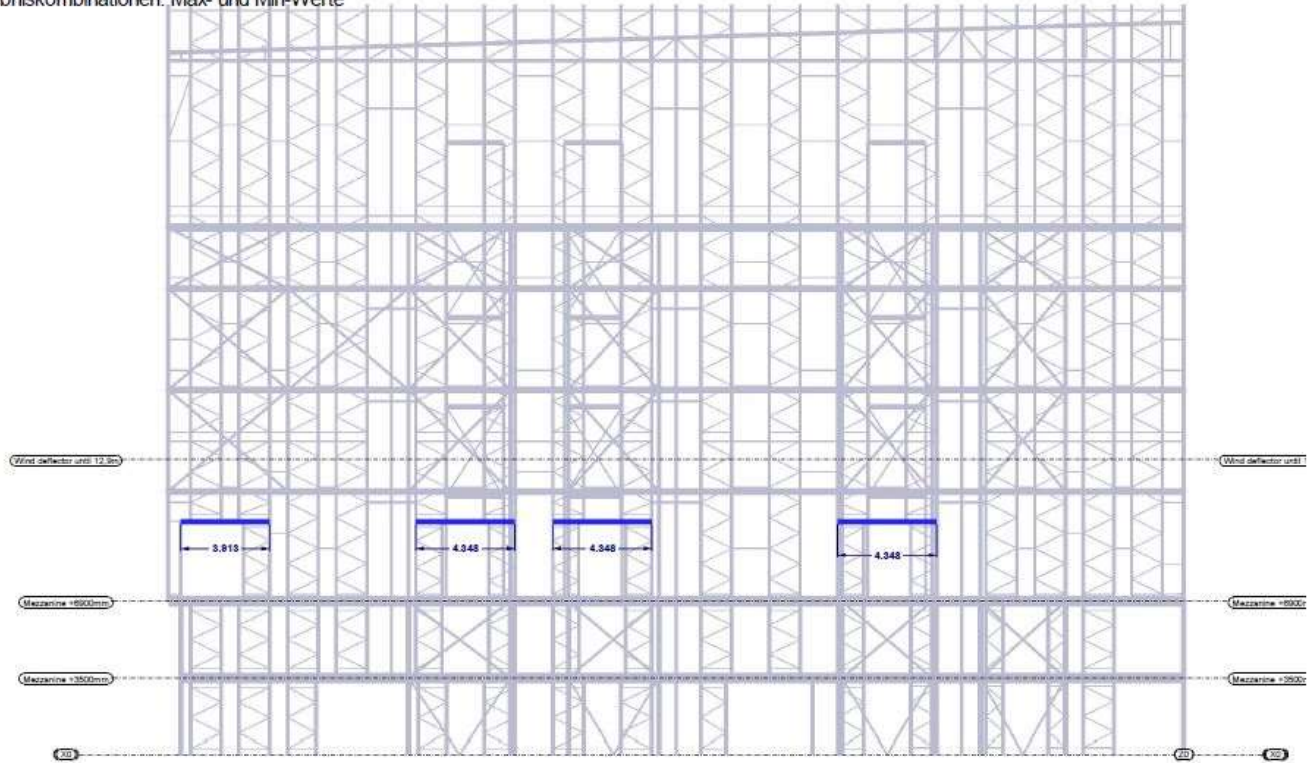
$$F_{t,Rd} = n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 282,24 \text{ kN}$$

$$\frac{\sqrt{V_{d,z}^2 + V_{d,y}^2}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{d,z}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,42 < 1$$

3.20.1 Diseño de empalme Estructura-Mezzanine.

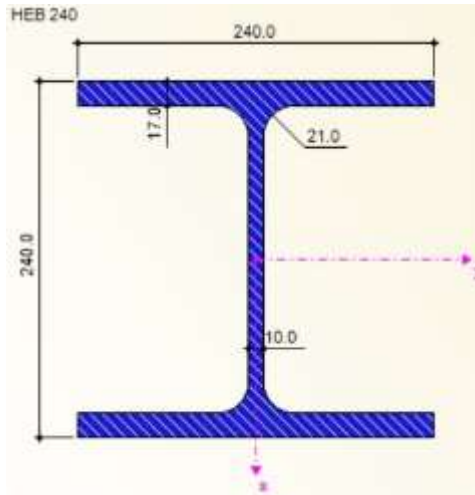
RC 3: ULS and or earthquake
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

In Y-direction



Sección Transversal.

HEB 240; (S 355)



CROSS-SECTION PROPERTIES

HEB 240

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Depth	d	240.0	mm
Width	b	240.0	mm
Web thickness	t _w	10.0	mm
Flange thickness	t _f	17.0	mm
Root fillet radius	r	21.0	mm
Depth between flanges	d-2t _f	206.0	mm
Depth of straight web	T	164.0	mm
Cross-sectional area	A	106.00	cm ²
Shear area	A _y	68.04	cm ²
Shear area	A _z	20.61	cm ²
Shear area according to EC 3	A _{v,y}	64.70	cm ²
Shear area according to EC 3	A _{v,z}	33.24	cm ²
Plastic shear area	A _{pl,y}	81.60	cm ²
Plastic shear area	A _{pl,z}	22.30	cm ²
Moment of inertia	I _y	11260.00	cm ⁴
Moment of inertia	I _z	3923.00	cm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	103.1	mm
Governing radius of gyration	r _z	60.8	mm
Polar radius of gyration	r _o	119.7	mm
Radius of gyration of flange plus 1/5 of web area	r _{so}	64.7	mm
Volume	V	10.60	cm ³ /mm
Weight	wt	83.2	kg/m
Surface	A _{surf}	1.380	m ² /m
Section factor	A _m /V	130.189	1/m
Torsional constant	J	102.70	cm ⁴
Warping constant	C _w	486900.00	cm ⁶
Elastic section modulus	S _y	938.30	cm ³
Elastic section modulus	S _z	326.90	cm ³
Warping section modulus	W _w	3639.01	cm ⁴
Statical moment of area	Q _{y,max}	526.50	cm ³
Statical moment of area	Q _{z,max}	122.40	cm ³
Normalized warping constant	W _{no}	133.80	cm ²
Warping statical moment	Q _w	1364.76	cm ⁴
Plastic section modulus	Z _y	1053.00	cm ³
Plastic section modulus	Z _z	498.40	cm ³
Plastic warping section modulus	Z _w	5459.04	cm ⁴
Plastic shape factor	Z _y /S _y	1.122	
Plastic shape factor	Z _z /S _z	1.525	
Plastic shape factor	Z _w /W _w	1.500	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN}	b	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{z,DIN}	c	
Buckling curve for steel with f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN,0460}	a	
Buckling curve for steel with f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{z,DIN,0460}	b	
Buckling curve acc. to EN	BC _{y,EN}	b	
Buckling curve acc. to EN	BC _{z,EN}	c	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{y,EN,0460}	a	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{z,EN,0460}	a	

Figura 45: Propiedades mecánicas sección transversal HEB 240 (S 355).

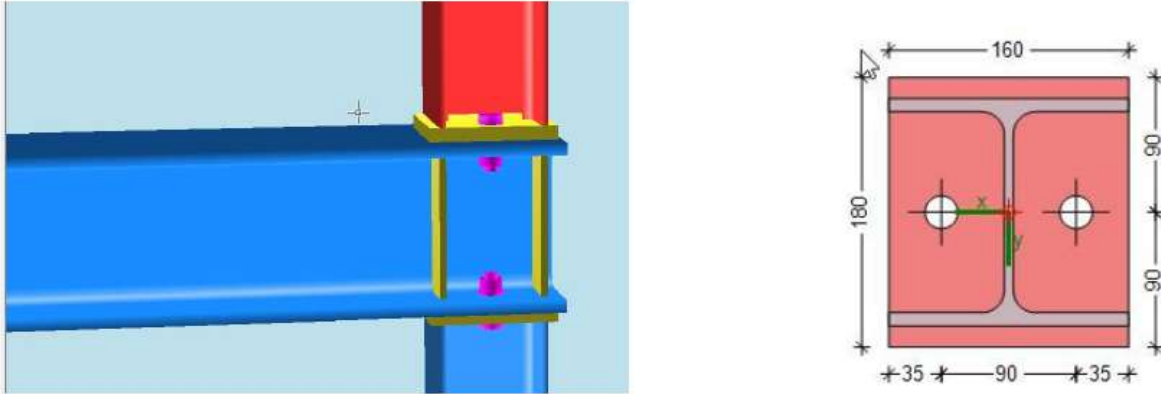


Figura 46: Esquema y geometría para empalme longitudinal HEB 240 (S 355).

Conexión a puntales.

<p>FL 180/160/20; (S 355)</p> <p>Tornillo 2xM20 (8.8); soldadura a= 6.0 [mm]</p> <p>HEB 240 con rigidizadores t= 10.0 [mm]; (S 355) a= 4.0 [mm]</p>

3.21 Tercera y cuarta sección de puntales perímetro del sistema SSI Schäfer HBW.

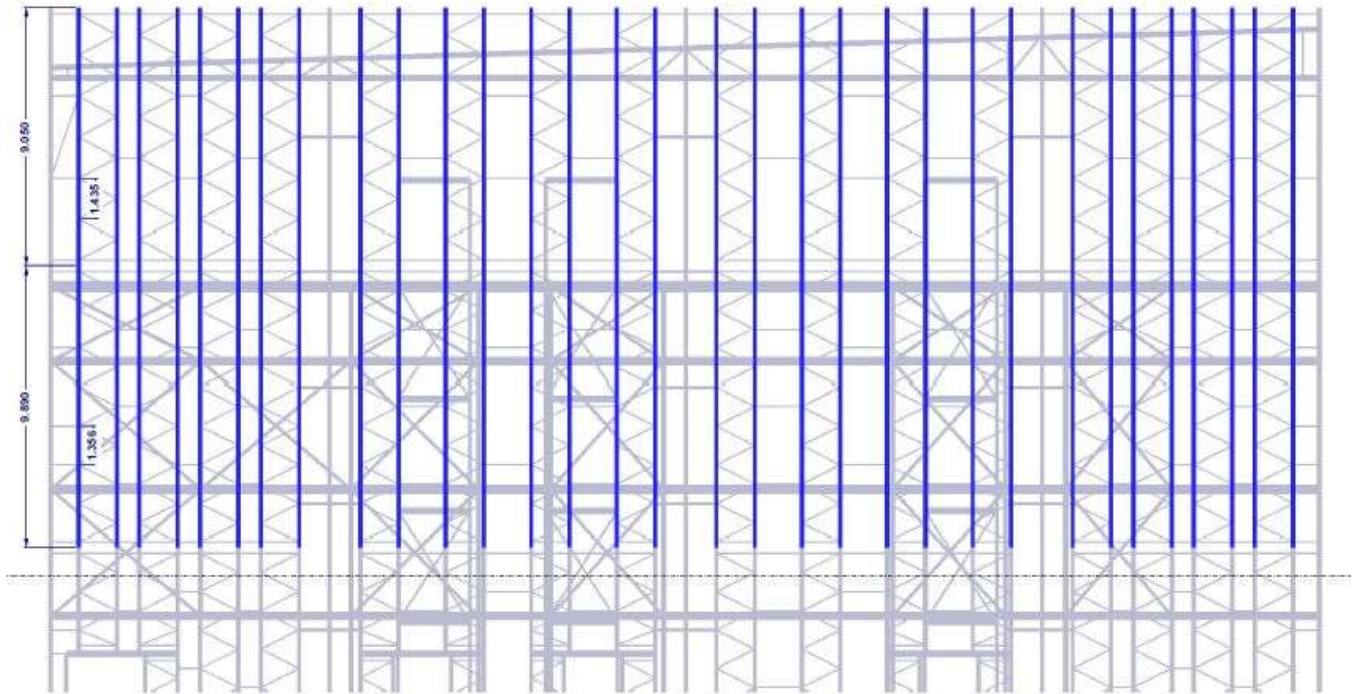


Figura 47: Puntales 3ª y 4ª sección sistema HBW.

Sección Transversal.

HEA 160 (S 355)

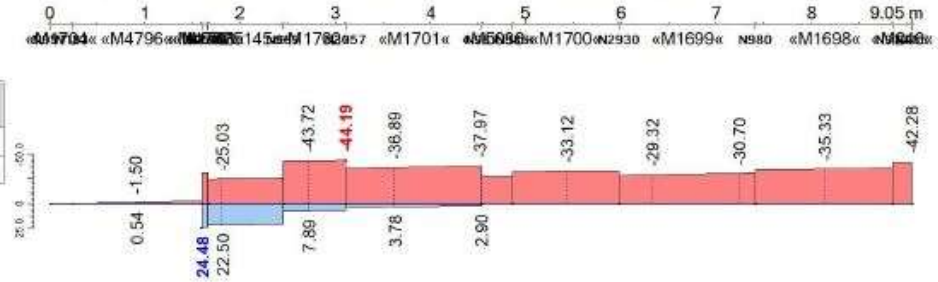
■ ERGEBNISVERLÄUFE AN STAB
 S1704,S4796,S4702,S1703,S5145,S1702,S1701,S5036,S1700,S1699,S1698,S246

RSTAB8

EK3: ULS and or earthquake

Internal forces - N

	x [m]	N [kN]
max	1.594	24.48
min	3.110	-44.19

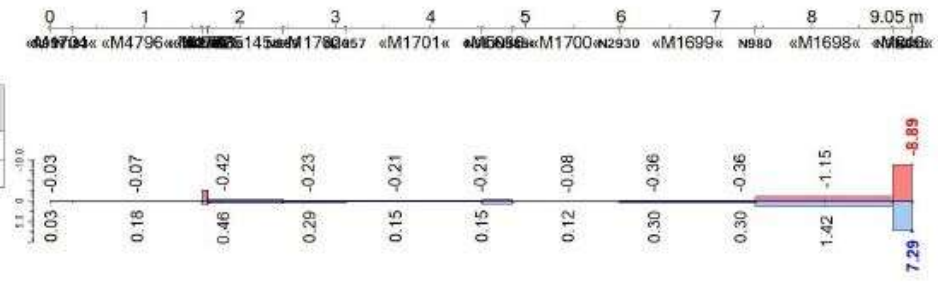


RSTAB8

EK3: ULS and or earthquake

Internal forces - Vz

	x [m]	Vz [kN]
max	9.050	7.29
min	9.050	-8.89

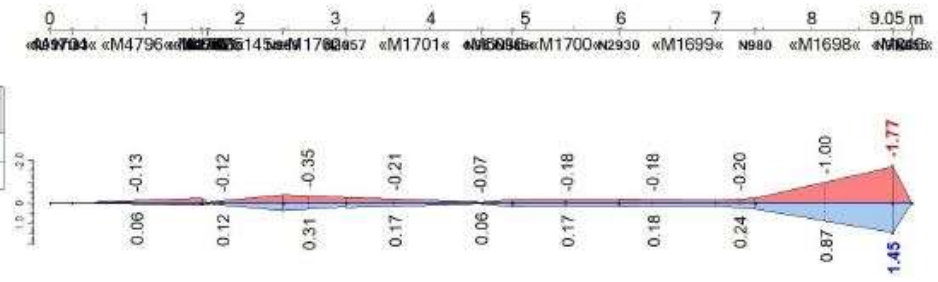


RSTAB8

EK3: ULS and or earthquake

Internal forces - My

	x [m]	My [kNm]
max	8.850	1.45
min	9.050	-1.77



RSTAB8

EK3: ULS and or earthquake

Internal forces - Vy

	x [m]	Vy [kN]
max	2.450	12.16
min	2.450	-6.72

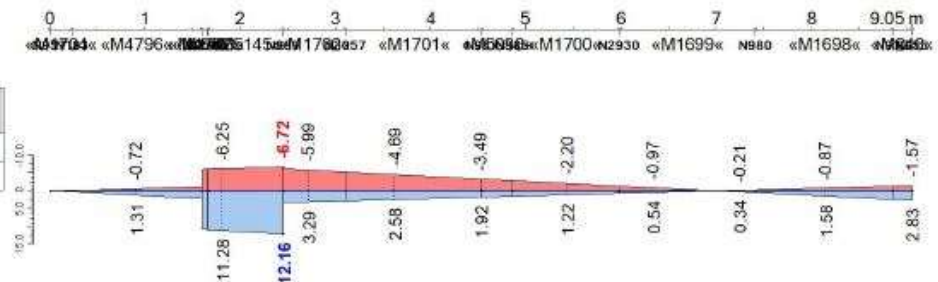
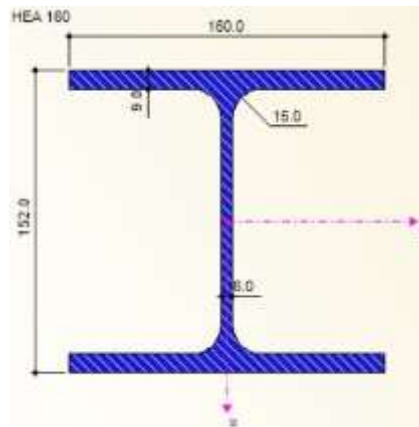


Figura 48: Diagramas de resultados en el miembro.

3.21.1 Sección transversal HEA 160 (S 355).



CROSS-SECTION PROPERTIES

HEA 160

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Depth	d	152.0	mm
Width	b	160.0	mm
Web thickness	t_w	6.0	mm
Flange thickness	t_f	9.0	mm
Root fillet radius	r	15.0	mm
Depth between flanges	$d-2t_f$	134.0	mm
Depth of straight web	T	104.0	mm
Cross-sectional area	A	38.77	cm ²
Shear area	A_y	23.99	cm ²
Shear area	A_z	7.85	cm ²
Shear area according to EC 3	$A_{v,y}$	30.06	cm ²
Shear area according to EC 3	$A_{v,z}$	13.21	cm ²
Plastic shear area	$A_{pl,y}$	28.80	cm ²
Plastic shear area	$A_{pl,z}$	8.58	cm ²
Moment of inertia	I_y	1673.00	cm ⁴
Moment of inertia	I_z	615.60	cm ⁴
Governing radius of gyration	r_y	65.7	mm
Governing radius of gyration	r_z	39.8	mm
Polar radius of gyration	r_o	76.8	mm
Radius of gyration of flange plus 1/5 of web area	r_{z0}	42.6	mm
Volume	V	3.88	cm ³ /mm
Weight	wt	30.4	kg/m
Surface	A_{surf}	0.910	m ² /m
Section factor	A_m/V	234.718	1/m
Torsional constant	J	12.19	cm ⁴
Warping constant	C_w	31410.00	cm ⁶
Elastic section modulus	S_y	220.10	cm ³
Elastic section modulus	S_z	76.95	cm ³
Warping section modulus	W_w	549.13	cm ⁴
Statical moment of area	$Q_{y,max}$	122.55	cm ³
Statical moment of area	$Q_{z,max}$	28.80	cm ³
Normalized warping constant	W_{no}	57.20	cm ²
Warping statical moment	Q_w	205.92	cm ⁴
Plastic section modulus	Z_y	245.10	cm ³
Plastic section modulus	Z_z	117.60	cm ³
Plastic warping section modulus	Z_w	823.68	cm ⁴
Plastic shape factor	Z_y/S_y	1.114	
Plastic shape factor	Z_z/S_z	1.528	
Plastic shape factor	Z_w/W_w	1.500	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	$BC_{y,DIN}$	b	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	$BC_{z,DIN}$	c	
Buckling curve for steel with $f_y \geq 460$ N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	$BC_{y,DIN,0460}$	a	
Buckling curve for steel with $f_y \geq 460$ N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	$BC_{z,DIN,0460}$	b	
Buckling curve acc. to EN	$BC_{y,EN}$	b	
Buckling curve acc. to EN	$BC_{z,EN}$	c	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	$BC_{y,EN,0460}$	a	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	$BC_{z,EN,0460}$	a	

Figura 49: Propiedades mecánicas sección transversal HEA 160 (S 355).

3.21.2 Diseño de empalmes superior e inferior.

splice top and bottom

max. uplift $N_{d,z}$ =	52,77 kN
max. $V_{d,z}$ =	14,10 kN
max. $V_{d,y}$ =	3,17 kN

Proof of the bolts:

Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Schrauben:

Schr	=	M 16
FK	=	8.8
Anzahl n =		2
Δd =		1,00 mm
Schaftd. d	=	16,00 mm
Lochd. d_0 =	$d + \Delta d$	17,00 mm
f_{ub}	=	800,0 N/mm ²
Spannungsq. A_s	=	157,0 mm ²
α_v =	WENN(FK="10.9";0,5;0,6)	0,60
Beiwert k_{LS} =	WENN($d/\Delta d < 8$;0,85;1,0)	1,00

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS} \cdot 10^{-3} = 120,58 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{n \cdot 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 180,86 \text{ kN}$$

$$\frac{\sqrt{V_{d,z}^2 + V_{d,y}^2}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{d,z}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,33 < 1$$

Resistencia a la tracción.

Placa de conexión $t = 20$ [mm] (S 355); soldadura $a_w = 5.0$ [mm]

Tornillo 2xM16 (8.8)

3.22 Diseño de diagonales perimetrales del sistema.

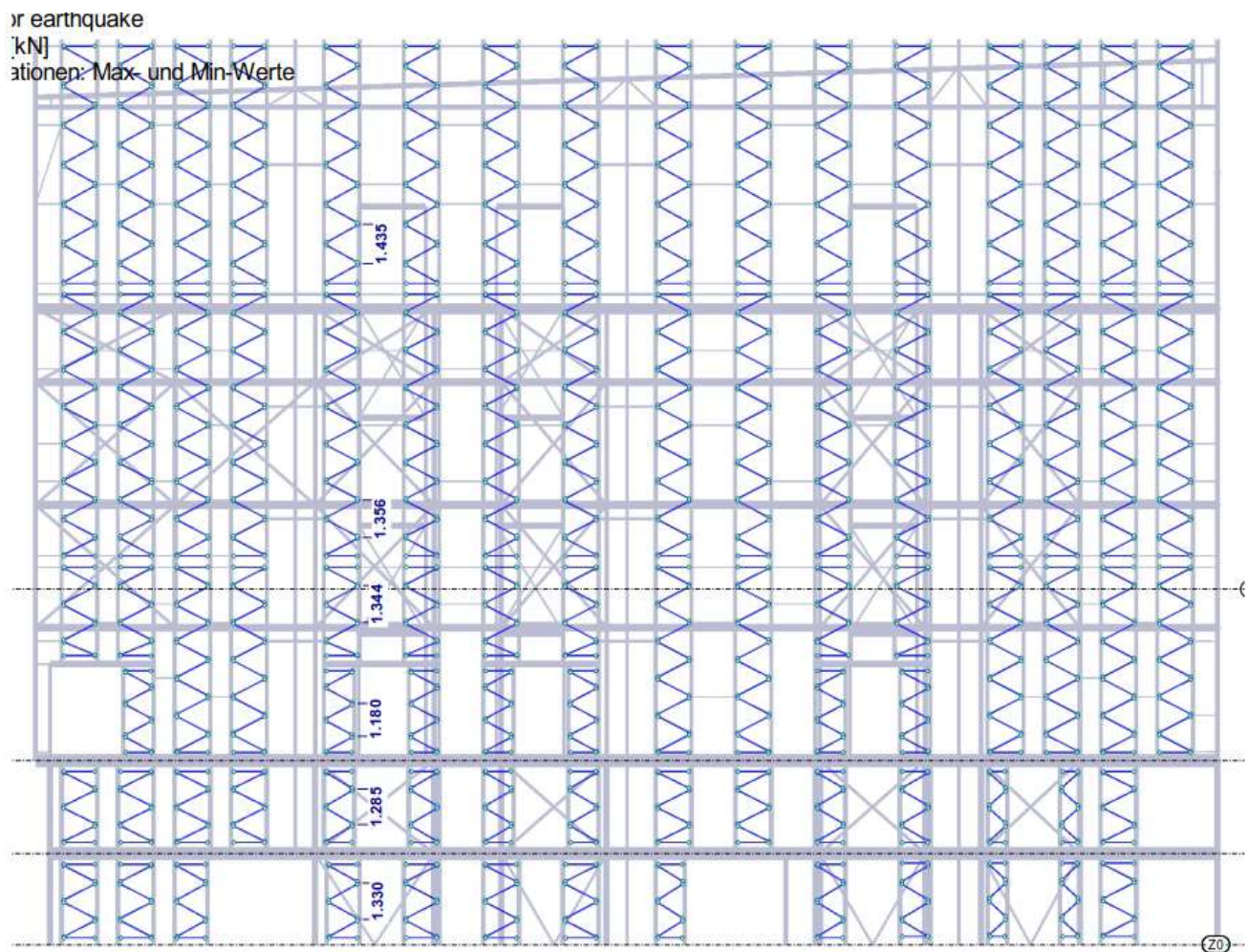


Figura 50: Diagonales perimetrales del sistema.

3.22.1 Carga axial combinación determinante.

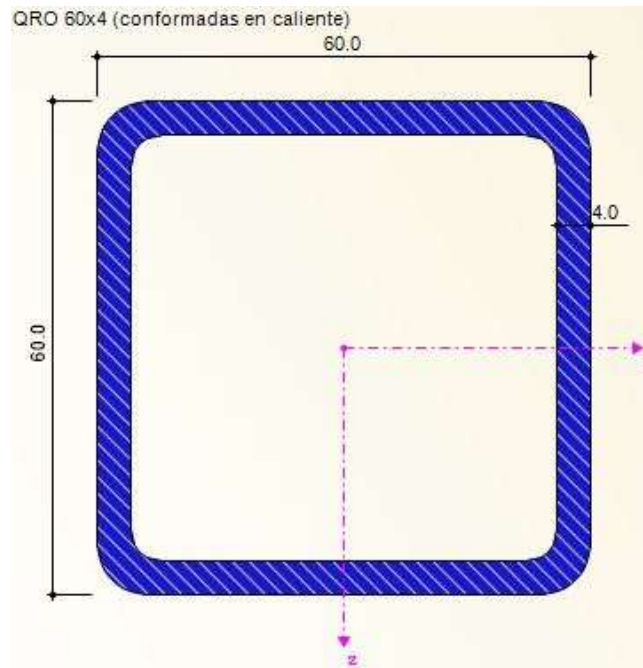


Figura 51: Cargas axiales presentes en las diagonales del sistema, combinación determinante.

Sección Transversal.

QRO 60x4.0 (S 355)

3.22.2 Sección transversal QRO 60X4 (S 355).



CROSS-SECTION PROPERTIES

QRO 60x4 (Hot Formed)

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Outer edge length, nominal length	b	60.0	mm
Wall thickness	t	4.0	mm
Outer edge rounding	r	6.0	mm
Cross-sectional area	A	879.0	mm ²
Shear area	A _y	378.9	mm ²
Shear area according to EC 3	A _{v,y}	439.5	mm ²
Core area	A _c	3114.5	mm ²
Plastic shear area	A _{pl,y}	448.0	mm ²
Moment of inertia	I _y	454000.0	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	22.7	mm
Polar radius of gyration	r _o	32.1	mm
Volume	V	879.0	mm ³ /mm
Weight	wt	6.9	kg/m
Surface	A _{surf}	0.230	m ² /m
Section factor	A _m /V	261.661	1/m
Torsional constant	J	725000.0	mm ⁴
Warping constant	C _w	104037.0	mm ⁶
Section modulus for torsion	S _t	22000.0	mm ³
Elastic section modulus	S _y	15100.0	mm ³
Statical moment of area	Q _{y,max}	4512.5	mm ³
Plastic section modulus	Z _y	18300.0	mm ³
Plastic shape factor	Z _y /S _y	1.212	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN}	a	
Buckling curve for steel with f _y ≥ 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN,S460}	a ₀	
Buckling curve acc. to EN	BC _{y,EN}	a	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{y,EN,S460}	a ₀	
Full-plastic axial force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	191.798	kN
Full-plastic shear force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,d}	55.367	kN
Full-plastic bending moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,d}	3.993	kNm
Full-plastic torsional moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,x,d}	2.772	kNm

Figura 52: Propiedades mecánicas sección transversal QRO 60X4.0 (S 355).

3.22.3 Revisión de diagonales perimetrales.

Connection

$$\max. N_{d,z} = 71,01 \text{ kN}$$

Proof of the welding

Safety factor:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Upright:

$$\text{Typ} = \text{QR}$$

$$\text{Bezeichnung Bez} = \text{QR 60x4.0}$$

$$\text{Stahl} = \text{S355}$$

$$b = 60,0 \text{ mm}$$

$$t_1 = 4,0 \text{ mm}$$

$$r = 2 \cdot t_1 = 8,0 \text{ mm}$$

$$f_{u,1} = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{w,1} = 0,90$$

Plate:

$$\text{Stahl} = \text{S355}$$

$$t_2 = 14,0 \text{ mm}$$

$$f_{u,2} = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{w,2} = 0,90$$

Welding thickness:

$$a_w = 4,0 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \text{MAX}(t_1, t_2) = 14,0 \text{ mm}$$

$$a_{w,\min} = \text{MAX}(\sqrt{t_{\max}} - 0,5; 3,0) = 3,2 \text{ mm}$$

$$\frac{a_{w,\min}}{a_w} = 0,80 < 1$$

Welding length:

$$l_w = 4 \cdot b - (4 \cdot r) = 208,0 \text{ mm}$$

$$l_{w,\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_w; 30) = 30,0 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{w,\min}}{l_w} = 0,14 < 1$$

$$f_u = \text{MIN}(f_{u,1}; f_{u,2}) = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_w = \text{WENN}(f_u = f_{u,1}; \beta_{w,1}; \beta_{w,2}) = 0,90$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u \cdot a_w \cdot l_w}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 209,22 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{d,z}}{F_{w,Rd}} = 0,34 < 1$$

3.23 Conexiones horizontales perímetro del sistema.

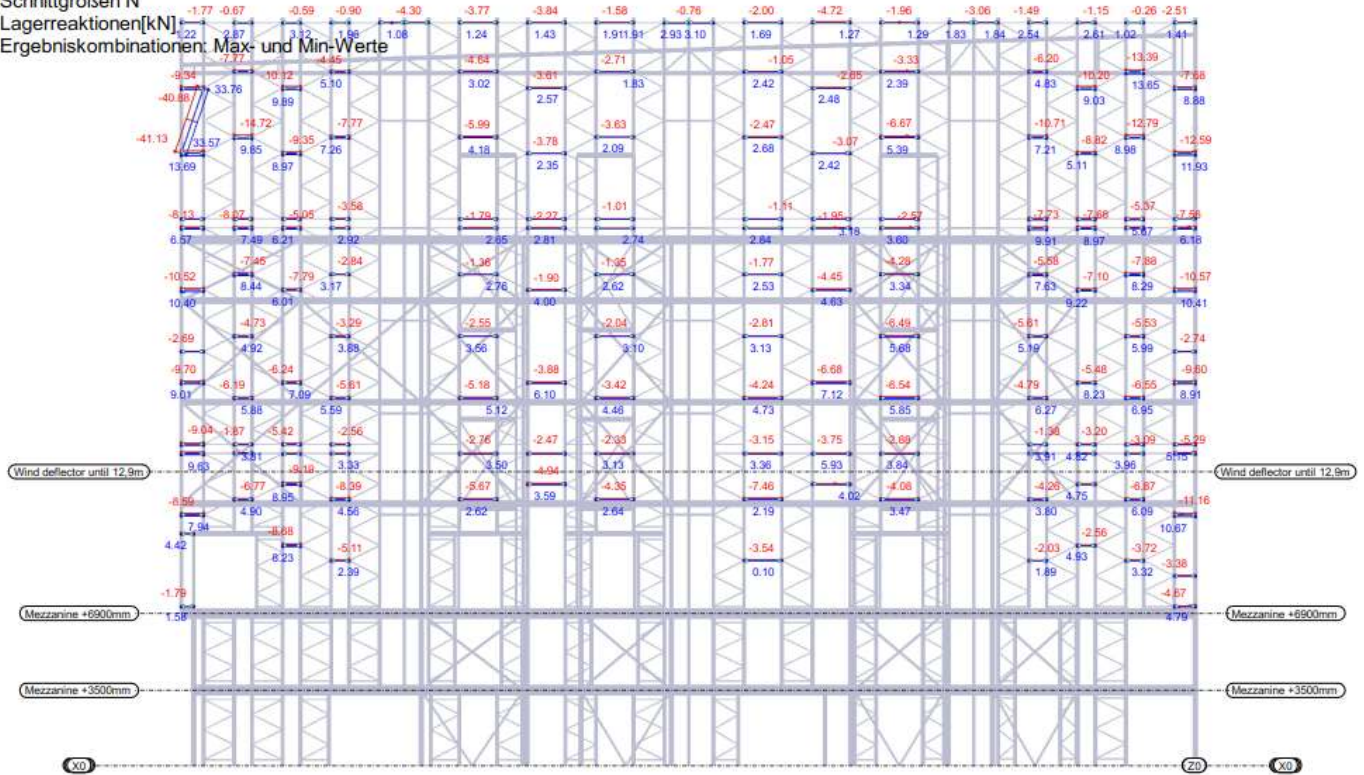
RC 3: ULS and or earthquake

Schnittgrößen N

Lagerreaktionen[kN]

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

In Y-direction



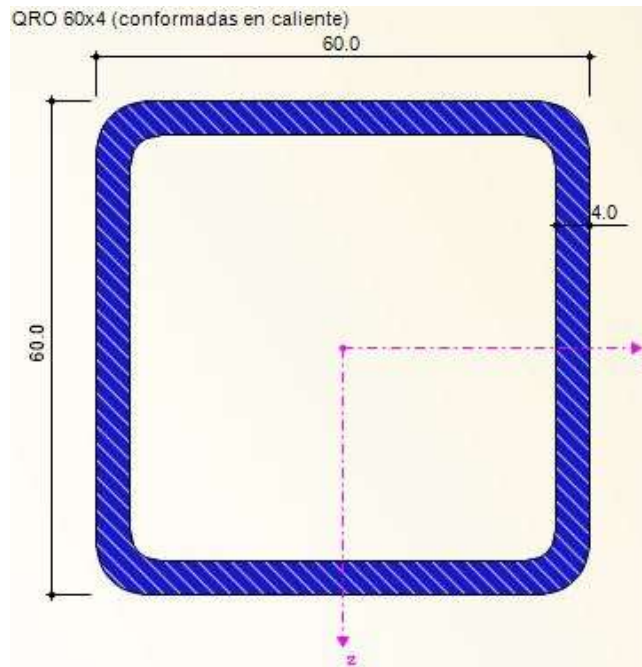
Sección Transversal.

QRO 60x4.0 (S 355)

Placa de conexión $t = 10.0$ [mm] (S 355); soldadura $a_w = 4.0$ [mm]

Conexión placa-puntal 4xM10 (8.8)

3.23.1 Sección transversal QRO 60x4 (S 355).



CROSS-SECTION PROPERTIES

QRO 60x4 (Hot Formed)

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Outer edge length, nominal length	b	60.0	mm
Wall thickness	t	4.0	mm
Outer edge rounding	r	6.0	mm
Cross-sectional area	A	879.0	mm ²
Shear area	A _y	378.9	mm ²
Shear area according to EC 3	A _{v,y}	439.5	mm ²
Core area	A _c	3114.5	mm ²
Plastic shear area	A _{pl,y}	448.0	mm ²
Moment of inertia	I _y	454000.0	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	22.7	mm
Polar radius of gyration	r _o	32.1	mm
Volume	V	879.0	mm ³ /mm
Weight	wt	6.9	kg/m
Surface	A _{surf}	0.230	m ² /m
Section factor	A _m /V	261.661	1/m
Torsional constant	J	725000.0	mm ⁴
Warping constant	C _w	104037.0	mm ⁶
Section modulus for torsion	S _t	22000.0	mm ³
Elastic section modulus	S _y	15100.0	mm ³
Statical moment of area	Q _{y,max}	4512.5	mm ³
Plastic section modulus	Z _y	18300.0	mm ³
Plastic shape factor	Z _y /S _y	1.212	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN}	a	
Buckling curve for steel with f _y ≥ 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN,S460}	a ₀	
Buckling curve acc. to EN	BC _{y,EN}	a	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{y,EN,S460}	a ₀	
Full-plastic axial force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	191.798	kN
Full-plastic shear force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,d}	55.367	kN
Full-plastic bending moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,d}	3.993	kNm
Full-plastic torsional moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,x,d}	2.772	kNm

Figura 53: Propiedades mecánicas sección transversal QRO 60X4 (S 355).

3.23.2 Revisión de secciones perimetrales del sistema.

Connection

$$\text{max. } N_{d,z} = 33,76 \text{ kN}$$

Proof of the welding

Safety factor:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Upright:

$$\text{Typ} = \text{QR}$$

$$\text{Bezeichnung Bez} = \text{QR 60x4.0}$$

$$\text{Stahl} = \text{S355}$$

$$b = 60,0 \text{ mm}$$

$$t_1 = 4,0 \text{ mm}$$

$$r = 2 \cdot t_1 = 8,0 \text{ mm}$$

$$f_{u,1} = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{w,1} = 0,90$$

Plate:

$$\text{Stahl} = \text{S355}$$

$$t_2 = 10,0 \text{ mm}$$

$$f_{u,2} = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{w,2} = 0,90$$

Welding thickness:

$$a_w = 4,0 \text{ mm}$$

$$t_{\text{max}} = \text{MAX}(t_1; t_2) = 10,0 \text{ mm}$$

$$a_{w,\text{min}} = \text{MAX}(\sqrt{t_{\text{max}}}-0,5; 3,0) = 3,0 \text{ mm}$$

$$\frac{a_{w,\text{min}}}{a_w} = 0,75 < 1$$

Welding length:

$$l_w = 4 \cdot b - (4 \cdot r) = 208,0 \text{ mm}$$

$$l_{w,\text{min}} = \text{MAX}(6 \cdot a_w; 30) = 30,0 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{w,\text{min}}}{l_w} = 0,14 < 1$$

$$f_u = \text{MIN}(f_{u,1}; f_{u,2}) = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_w = \text{WENN}(f_u = f_{u,1}; \beta_{w,1}; \beta_{w,2}) = 0,90$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u \cdot a_w \cdot l_w}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 209,22 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{d,z}}{F_{w,Rd}} = 0,16 < 1$$

3.23.3 Revisión de las conexiones con el puntal.

Selección.

4 x M 10 (8.8)
Placa de conexión t= 10.0 [mm]

Tensile-resistens

Safety factor:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Schrauben:

$$\text{Schr} = \text{M 10}$$

$$\text{FK} = 8.8$$

$$\text{Anzahl } n = 4$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Spannungsq. } A_s = 58,0 \text{ mm}^2$$

$$F_{t,Rd} = n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 133,63 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{d,z}}{F_{t,Rd}} = 0,25 < 1$$

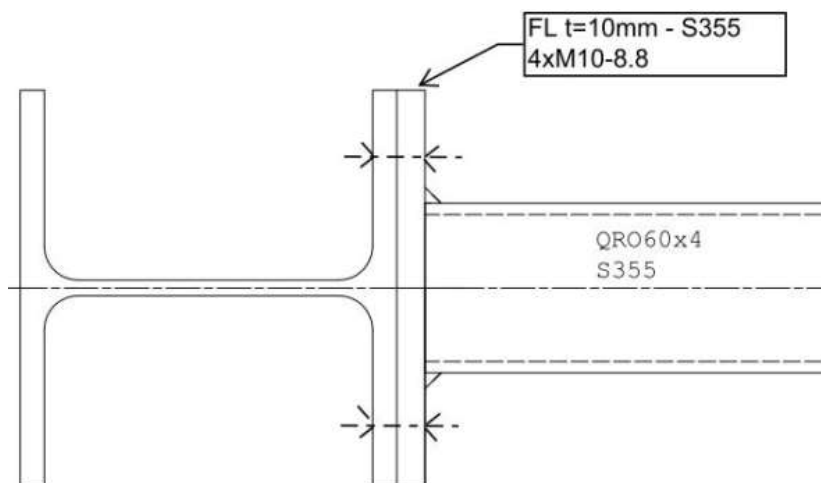


Figura 54: Detalle de la conexión QROx4 - Puntales.

3.24 Arriostrado Vertical.

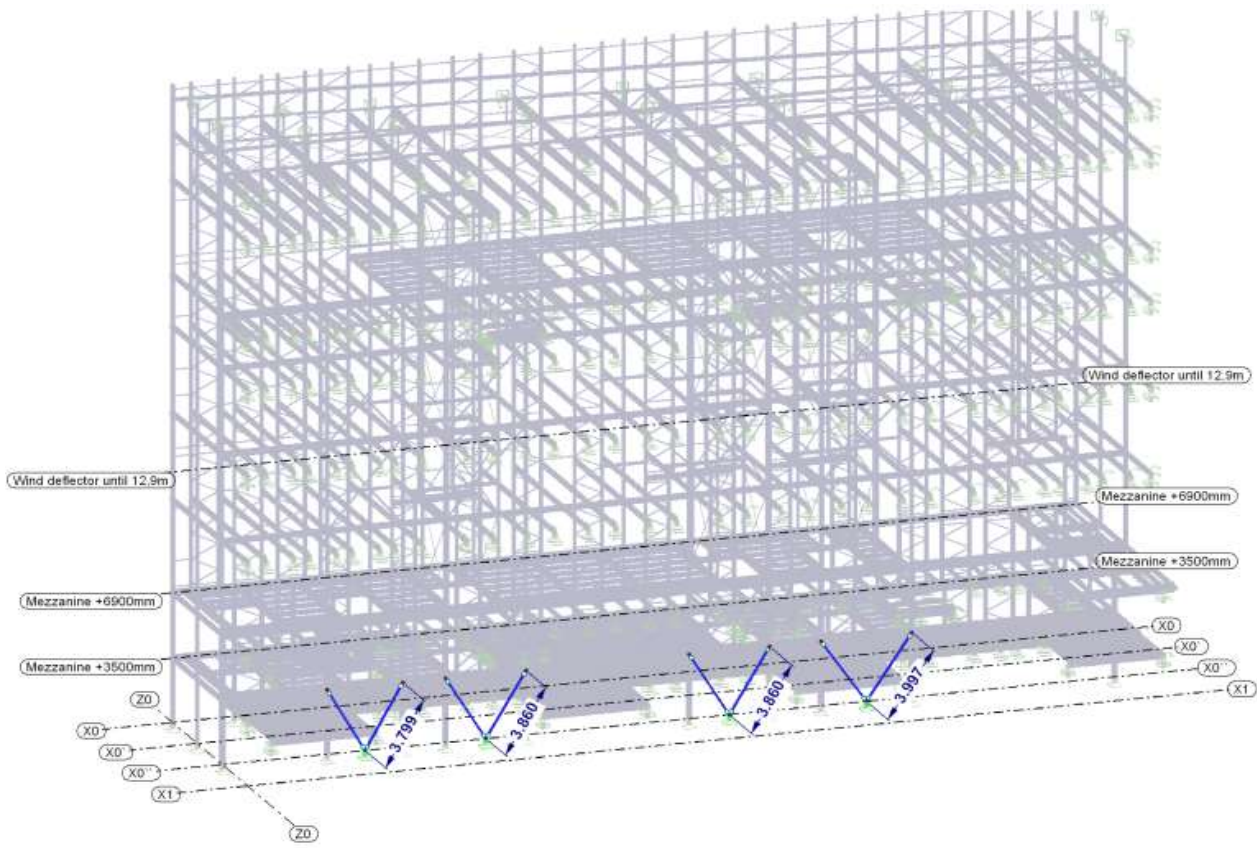


Figura 55: Arriostrado Vertical 1er nivel.

3.24.1 Carga axial combinación determinante en el arriostrado vertical del sistema.

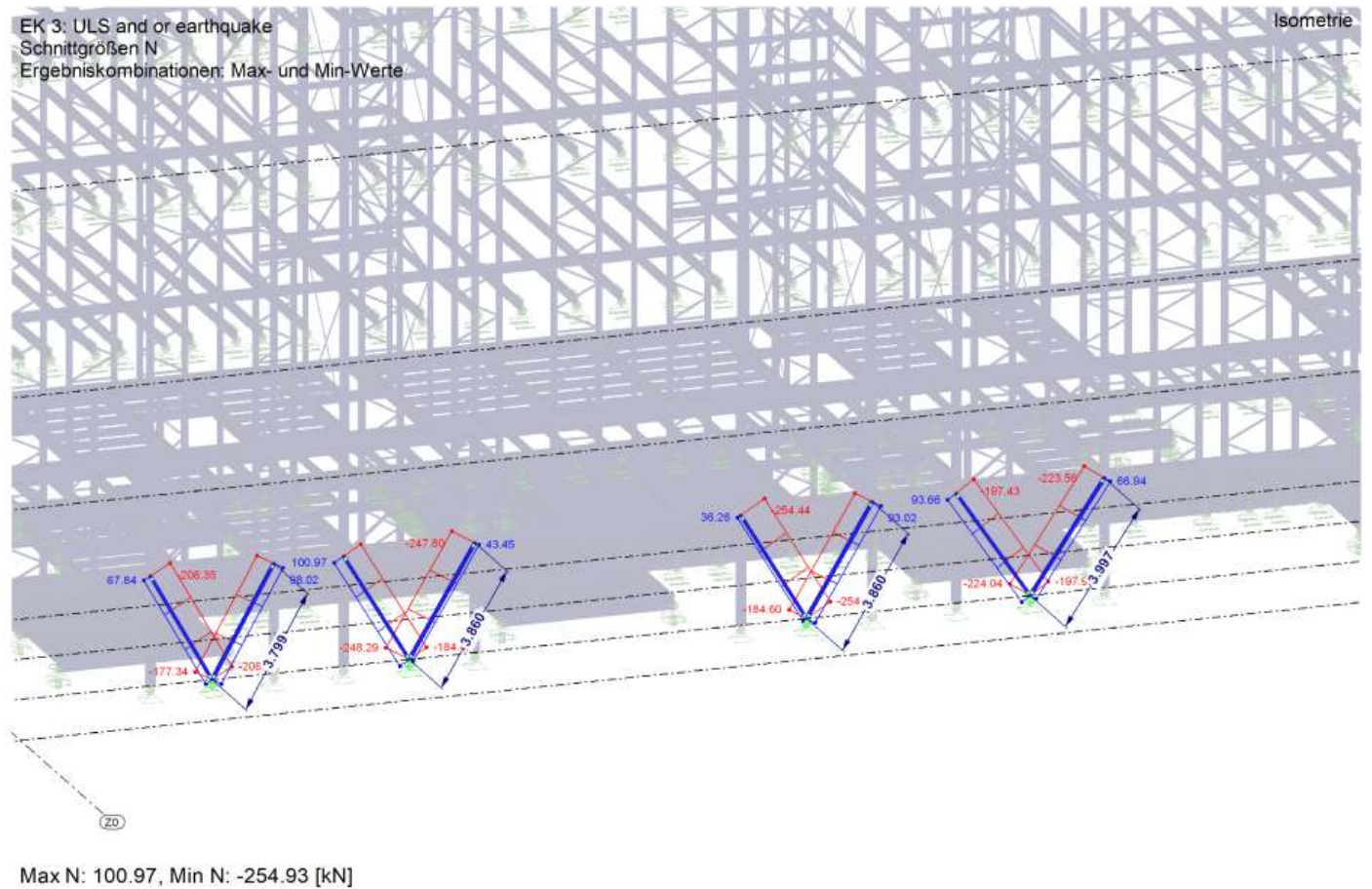


Figura 56: Cargas axiales presentes en el arriostrado vertical del sistema, combinación determinante

Sección Transversal.

QRO 100x4.0 (S 355)
soldadura $a_w = 5.0$ [mm]

3.24.2 Revisión arriostrado vertical.

Connection

$$\text{max. } N_{d,z} = 100,97 \text{ kN}$$

Proof of the welding

Safety factor:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Upright:

$$\text{Typ} = \text{QR}$$

$$\text{Bezeichnung Bez} = \text{QR 100x4.0}$$

$$\text{Stahl} = \text{S355}$$

$$b = 100,0 \text{ mm}$$

$$t_1 = 4,0 \text{ mm}$$

$$r = 2 \cdot t_1 = 8,0 \text{ mm}$$

$$f_{u,1} = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{w,1} = 0,90$$

Plate:

$$\text{Stahl} = \text{S355}$$

$$t_2 = 20,0 \text{ mm}$$

$$f_{u,2} = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{w,2} = 0,90$$

Welding thickness:

$$a_w = 5,0 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \text{MAX}(t_1; t_2) = 20,0 \text{ mm}$$

$$a_{w,\min} = \text{MAX}(\sqrt{t_{\max}} - 0,5; 3,0) = 4,0 \text{ mm}$$

$$\frac{a_{w,\min}}{a_w} = 0,80 < 1$$

Welding length:

$$l_w = 4 \cdot b - (4 \cdot r) = 368,0 \text{ mm}$$

$$l_{w,\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_w; 30) = 30,0 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{w,\min}}{l_w} = 0,08 < 1$$

$$f_u = \text{MIN}(f_{u,1}; f_{u,2}) = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_w = \text{WENN}(f_u = f_{u,1}; \beta_{w,1}; \beta_{w,2}) = 0,90$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u \cdot a_w \cdot l_w}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 462,70 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{d,z}}{F} = 0,22 < 1$$

Anchoring / footplate

max. uplift $N_{d,z}$ =	0,00 kN
max. pressure $N_{d,d}$ =	186,84 kN
max. horiz. $V_{d,z}$ =	175,11 kN
max. horiz. $V_{d,y}$ =	0,00 kN

Anclaje.

4 x HIT-RE 500 V3 + HIT-V (8.8) M24; EBT= 300 [mm]; p= 150/320 [mm]

Placa base.

420x250x20 (S 355) + FL t= 15.0 [mm]
soldadura a_w = 5.0 [mm]

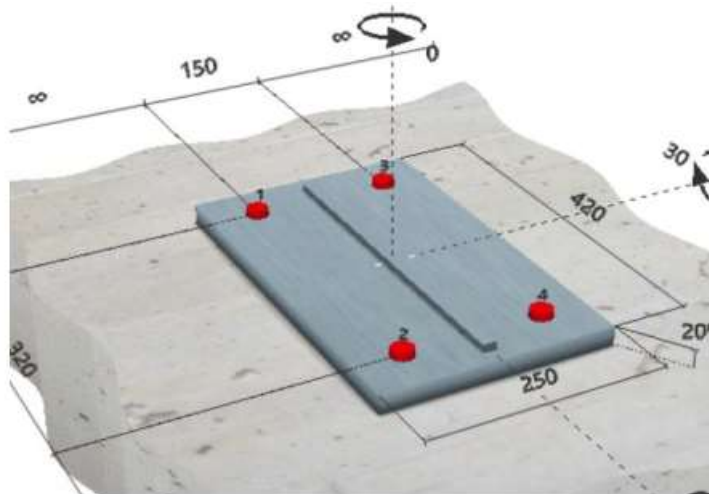


Figura 57: Esquema placa base para arriostrados verticales.

Connection:

max. tension $N_{d,z}$ =		100,97 kN
max. pressure $N_{d,d}$ =		254,93 kN
F_{Ed} =	$MAX(N_{d,z}; N_{d,d})$	= 254,93 kN

Sección Utilizada.

Flat Steel; t= 15.0 [mm]; S355; a=5.0 [mm]
 2x M30 (8.8-9; e₁= 60 [mm], p₁= 60 [mm])

γ _{M2} =			1,25
Schr		=	M 30
FK		=	8.8
Anzahl n =			2
Δd=			0,50 mm
f _u		=	490,0 N/mm ²
f _{ub}		=	800,0 N/mm ²
Spannungsq. A _s		=	561,0 mm ²
Schaftd. d		=	30,00 mm
Lochd. d ₀ =	d+Δd	=	30,50 mm
α _v =	WENN(FK="10.9";0,5;0,6)	=	0,60
Beiwert k _{LS1} =	WENN(d/Δd<8;0,85;1,0)	=	1,00
Beiwert k _{LS2} =	WENN(d/Δd<8;0,8;1,0)	=	1,00
F _{v,Rd} =	$n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS1} \cdot 10^{-3}$	=	430,85 kN
F_{Ed}/F_{v,Rd}		=	0,59 ≤ 1
Randabstand e ₁ =			60,00 mm
Randabstand e ₂ =			45,00 mm
Schraubenabstand p ₁ =			60,00 mm
Schraubenabstand p ₂ =			200,00 mm
Anwendungsgrenzen:			
e ₁ /d ₀		=	1,97 ≥ 1,2
e ₂ /d ₀		=	1,48 ≥ 1,2
p ₁ /d ₀		=	1,97 ≥ 2,2
p ₂ /d ₀		=	6,56 ≥ 2,4
α _b =	$\text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right)$	=	0,41
k ₁ =	$\text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$	=	2,43
F _{b,Rd} =	$n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS2} \cdot 10^{-3}$	=	353,84 kN
F_{Ed}/F_{b,Rd}		=	0,72 ≤ 1

3.24.3 Arriostrado vertical barras a tracción.

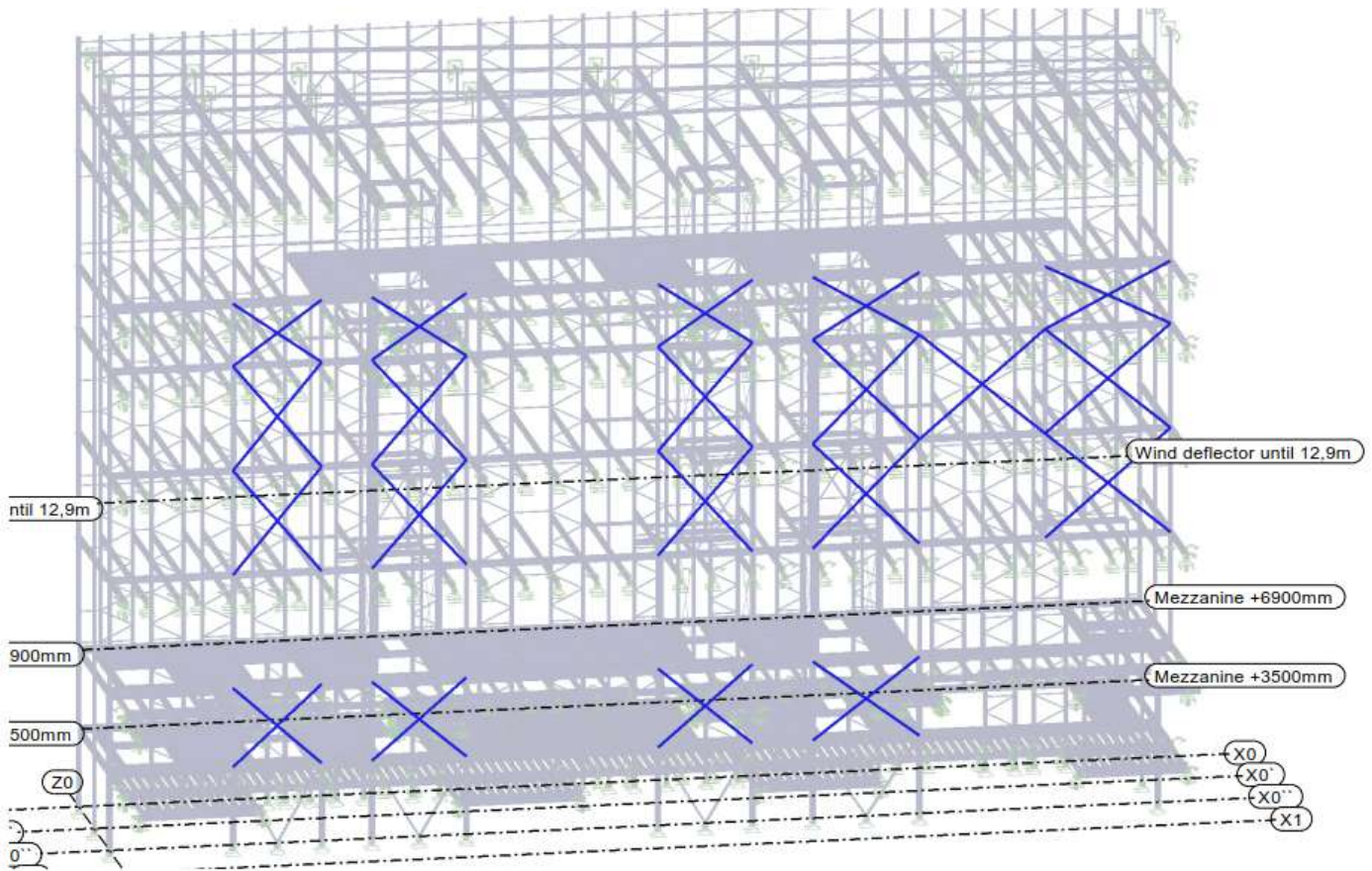
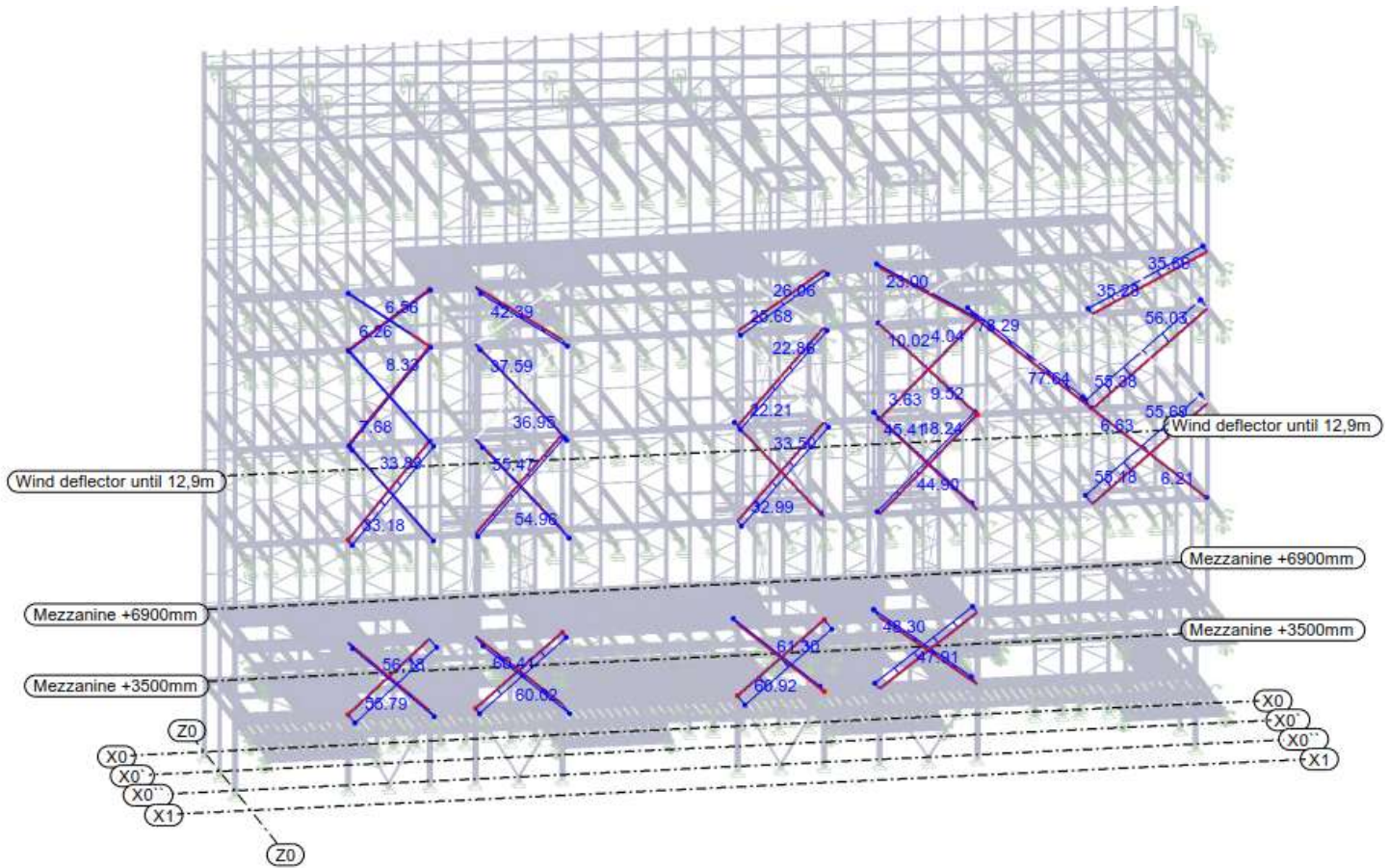


Figura 58: Arriostrado vertical; Barras a tracción.

3.24.4 Cargas axiales máximas, barras a tracción



Max N: 78.29, Min N: -0.66 [kN]

Figura 59: Cargas axiales presentes en el arriostrado vertical, barras a tracción combinación determinante

Sección Transversal.

FL 120 x 10 (S355) a= 4.0 [mm]
Tornillo 1 x M 24 (8.8)

Connection:

max. tension $N_{d,z} = 78,29 \text{ kN}$

$F_{Ed} = \text{MAX}(N_{d,z}) = 78,29 \text{ kN}$

3.24.5 Revisión barras a tracción.

γ_{M2}	=	1,25
Schr	=	M 24
FK	=	8.8
Anzahl n =	=	1
Δd	=	0,50 mm
f_u	=	490,0 N/mm ²
f_{ub}	=	800,0 N/mm ²
Spannungsq. A_s	=	353,0 mm ²
Schaftd. d	=	24,00 mm
Lochd. d_0	=	24,50 mm
α_v	=	WENN(FK="10.9";0,5;0,6) = 0,60
Beiwert k_{LS1}	=	WENN(d/ Δd <8;0,85;1,0) = 1,00
Beiwert k_{LS2}	=	WENN(d/ Δd <8;0,8;1,0) = 1,00
$F_{v,Rd}$	=	$n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS1} \cdot 10^{-3}$ = 135,55 kN
$F_{Ed}/F_{v,Rd}$	=	0,58 ≤ 1
Randabstand e_1	=	30,00 mm
Randabstand e_2	=	60,00 mm
Schraubenabstand p_1	=	60,00 mm
Schraubenabstand p_2	=	100,00 mm
Anwendungsgrenzen:		
e_1/d_0	=	1,22 ≥ 1,2
e_2/d_0	=	2,45 ≥ 1,2
p_1/d_0	=	2,45 ≥ 2,2
p_2/d_0	=	4,08 ≥ 2,4
α_b	=	$\text{MIN}(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1)$ = 0,41
k_1	=	$\text{MIN}(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5)$ = 2,50
$F_{b,Rd}$	=	$n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS2} \cdot 10^{-3}$ = 145,61 kN
$F_{Ed}/F_{b,Rd}$	=	0,54 ≤ 1

3.25 Revisión traveses secundarias para Mezzanine nivel +3,500 [mm].

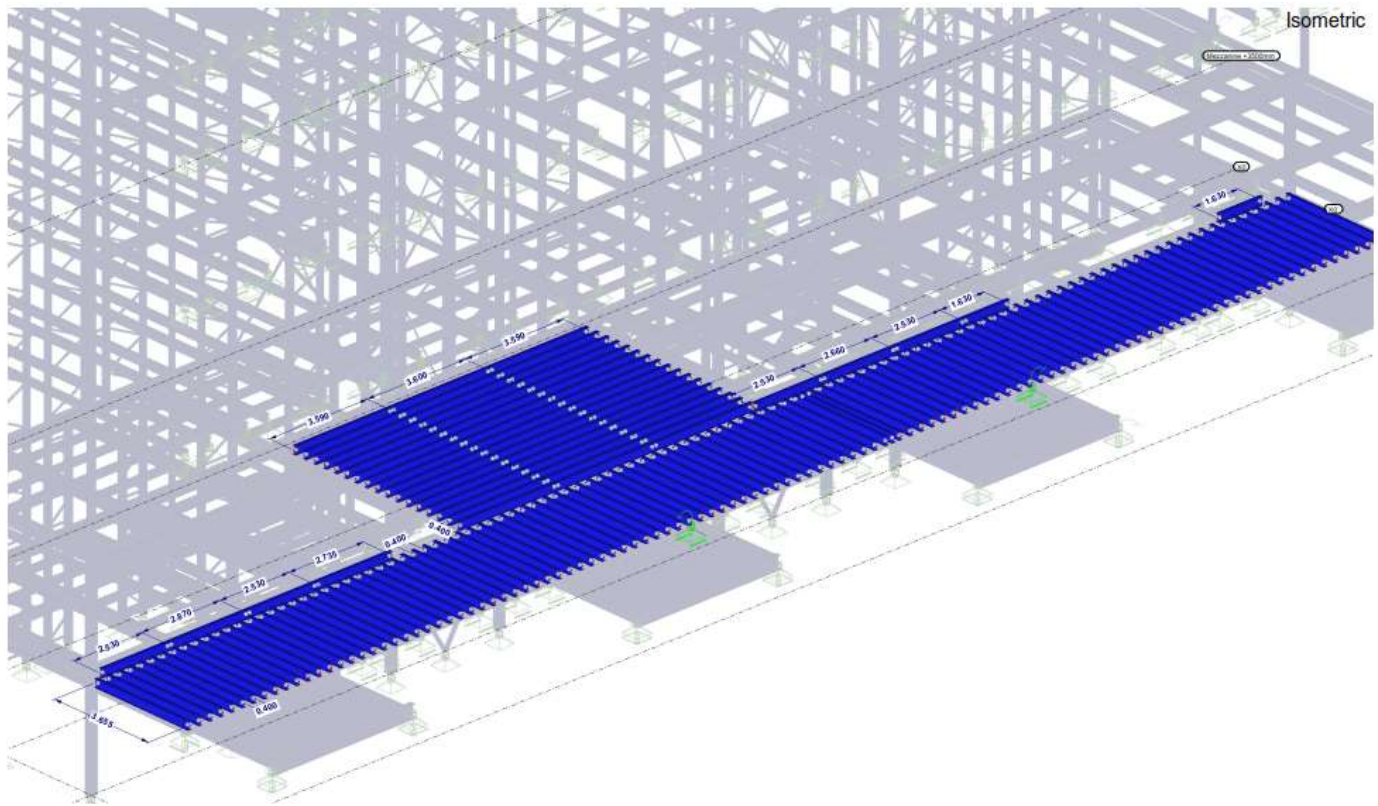


Figura 60: Traveses secundarias para Mezzanine nivel 3,500 [mm]

3.25.1 Diagramas de resultados traves secundarias.

Sectional Forces RC3:

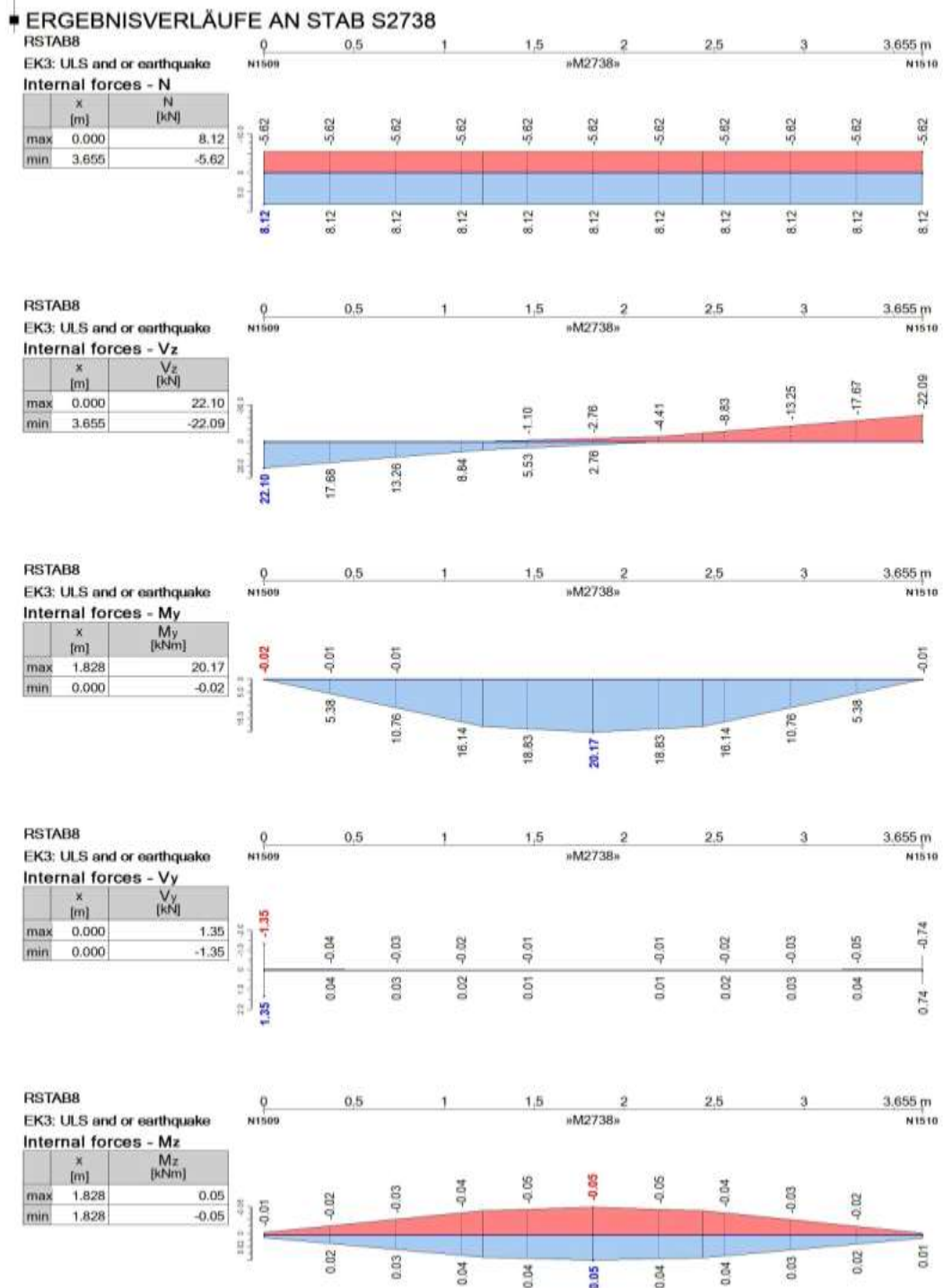
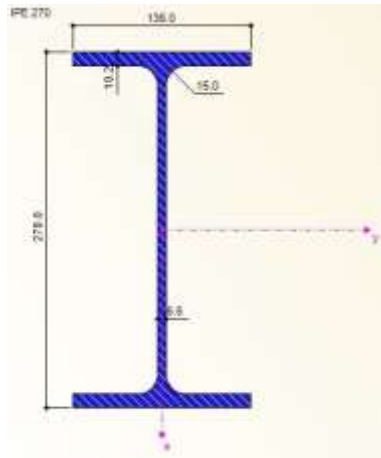


Figura 61: Diagramas de resultados traves secundarias.

3.25.2 Propiedades mecánicas sección transversal IPE 270 (S 355).



CROSS-SECTION PROPERTIES		IPE 270	
Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Depth	d	270.0	mm
Width	b	135.0	mm
Web thickness	t_w	6.6	mm
Flange thickness	t_f	10.2	mm
Root fillet radius	r	15.0	mm
Depth between flanges	$d - 2t_f$	249.6	mm
Depth of straight web	T	219.6	mm
Cross-sectional area	A	4595.0	mm ²
Shear area	A_y	2299.8	mm ²
Shear area	A_z	1657.2	mm ²
Shear area according to EC 3	$A_{v,y}$	2896.6	mm ²
Shear area according to EC 3	$A_{v,z}$	2214.3	mm ²
Plastic shear area	$A_{pl,y}$	2754.0	mm ²
Plastic shear area	$A_{pl,z}$	1714.7	mm ²
Moment of inertia	I_y	5.790E+07	mm ⁴
Moment of inertia	I_z	4199000.0	mm ⁴
Governing radius of gyration	r_y	112.3	mm
Governing radius of gyration	r_z	30.2	mm
Polar radius of gyration	r_o	116.3	mm
Radius of gyration of flange plus 1/5 of web area	r_{zg}	34.1	mm
Volume	V	4595.0	mm ³ /mm
Weight	wt	36.1	kg/m
Surface	A_{surf}	1.040	m ² /m
Section factor	A_{eff}/V	226.333	1/m
Torsional constant	J	159400.0	mm ⁴
Warping constant	C_w	7.058E+10	mm ⁶
Elastic section modulus	S_y	428900.0	mm ³
Elastic section modulus	S_z	62200.0	mm ³
Warping section modulus	W_w	8049500.0	mm ⁴
Statical moment of area	$Q_{y,max}$	242000.0	mm ³
Statical moment of area	$Q_{z,max}$	23236.9	mm ³
Normalized warping constant	W_{no}	8768.3	mm ²
Warping statical moment	Q_w	3018470.0	mm ⁴
Plastic section modulus	Z_y	484000.0	mm ³
Plastic section modulus	Z_z	96950.0	mm ³
Plastic warping section modulus	Z_w	1.207E+07	mm ⁴
Plastic shape factor	Z_y/S_y	1.128	
Plastic shape factor	Z_z/S_z	1.559	
Plastic shape factor	Z_w/W_w	1.500	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	$BC_{y,DIN}$	a	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	$BC_{z,DIN}$	b	
Buckling curve for steel with $f_y \geq 460$ N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	$BC_{y,DIN,S460}$	a ₀	
Buckling curve for steel with $f_y \geq 460$ N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	$BC_{z,DIN,S460}$	a	
Buckling curve acc. to EN	$BC_{y,EN}$	a	
Buckling curve acc. to EN	$BC_{z,EN}$	b	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	$BC_{y,EN,S460}$	a ₀	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	$BC_{z,EN,S460}$	a ₀	
Full-plastic axial force acc. to DIN 18800-1 for S 235	$N_{pl,d}$	1002.630	kN
Full-plastic shear force acc. to DIN 18800-1 for S 235	$V_{pl,z,d}$	216.012	kN
Full-plastic bending moment acc. to DIN 18800-1 for S 235	$M_{pl,y,d}$	105.609	kNm

Figura 62: Propiedades mecánicas sección IPE 270 (S 355).

3.25.3 Revisión de conexión con sección HEA 500 (S 355).

Connection to HEA500

max. uplift $N_{d,z} =$

4,13 kN

max. $V_{d,z} =$

22,13 kN

max. $V_{d,y} =$

70,13 kN

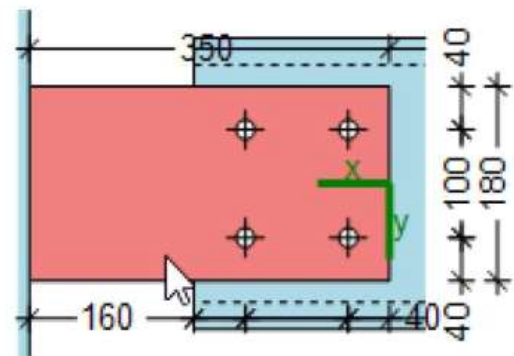
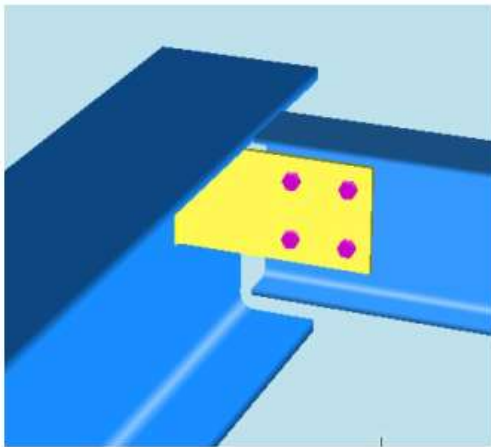


Figura 63: Esquema y geometría conexiones IPE 270 (S 355)-HEA 500 (S 355).

Sección Transversal.

Flat steel $t= 10.0$ [mm]; 350×180 [mm] (S 355)

Soldadura $a= 7.0$ [mm]; $p_1= 100$ [mm]

Tornillo $4 \times M16$ (8.8)

3.25.4 Revisión de la conexión HEA 500 (S 355).

Proof of the bolts:

Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Schrauben:

Schr		=	M 16
FK		=	8.8
Anzahl n		=	4
Δd		=	1,00 mm
Schaftd. d		=	16,00 mm
Lochd. d_0	$d + \Delta d$	=	17,00 mm
f_{ub}		=	800,0 N/mm ²
Spannungsq. A_s		=	157,0 mm ²
α_v	WENN(FK="10.9";0,5;0,6)	=	0,60
Beiwert k_{LS}	WENN(d/ Δd <8;0,85;1,0)	=	1,00

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS} \cdot 10^{-3} = 241,15 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 361,73 \text{ kN}$$

$$\frac{\sqrt{V_{d,z}^2 + V_{d,y}^2}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{d,z}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,31 < 1$$

3.26 Vigas para Mezzanine nivel +3,500.

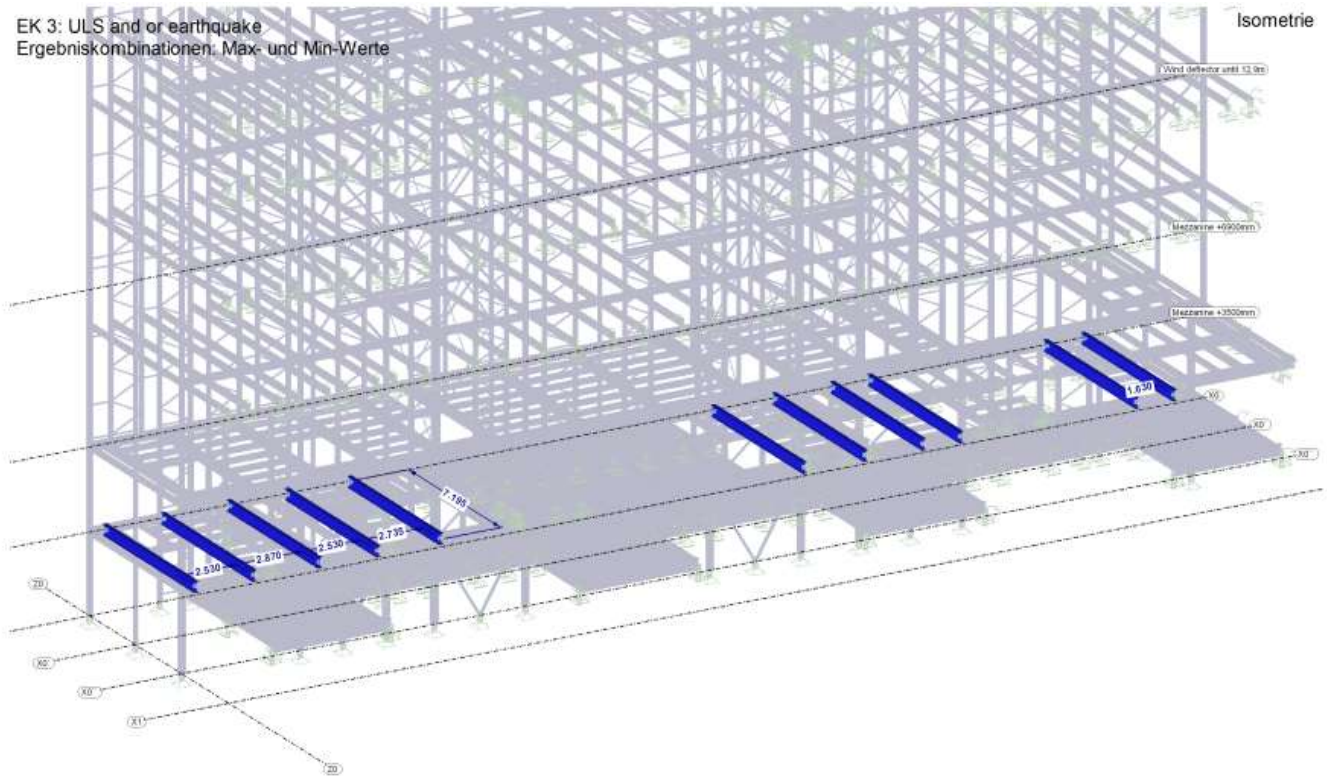
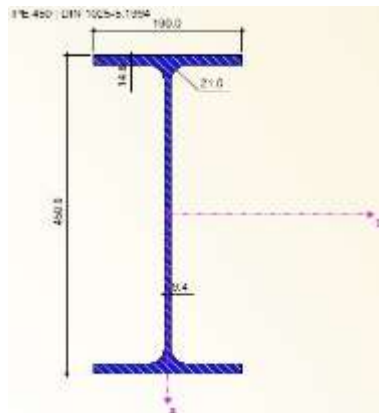


Figura 64: Vigas Mezzanine nivel +3,500 [mm]

Sección Transversal.

IPE 450 (S 355)

3.26.1 Propiedades Mecánicas Sección IPE 450 (S 355).



CROSS-SECTION PROPERTIES		IPE 450	
Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Depth	d	450.0	mm
Width	b	190.0	mm
Web thickness	t _w	9.4	mm
Flange thickness	t _f	14.6	mm
Root fillet radius	r	21.0	mm
Cross-sectional area	A	96.80	cm ²
Shear area	A _v	46.36	cm ²
Shear area	A _{v1}	39.79	cm ²
Shear area according to EC 3	A _{v2}	58.34	cm ²
Shear area according to EC 3	A _{v3}	50.82	cm ²
Web area	A _{web}	39.60	cm ²
Plastic shear area	A _{pl,v}	55.48	cm ²
Plastic shear area	A _{pl,v2}	40.93	cm ²
Moment of inertia	I _y	33740.00	cm ⁴
Moment of inertia	I _x	1680.00	cm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	185.0	mm
Governing radius of gyration	r _x	41.2	mm
Polar radius of gyration	r _p	189.5	mm
Radius of gyration of flange plus 1/5 of web area	r _{fp}	47.2	mm
Volume	V	9.88	cm ³ /mm
Weight	wt	77.6	kg/m
Surface	A _{surf}	1.605	m ² /m
Section factor	A _v /V	162.449	1/m
Torsional constant	J	67.10	cm ⁴
Warping constant	C _w	791000.00	cm ⁶
Elastic section modulus	S _y	1900.00	cm ³
Elastic section modulus	S _x	176.00	cm ³
Warping section modulus	W _w	3624.67	cm ⁶
Statical moment of area	Q _{y,web}	851.00	cm ³
Statical moment of area	Q _{x,web}	65.88	cm ³
Normalized warping constant	W _{pl,y}	206.82	cm ⁶
Warping statical moment	Q _w	1434.26	cm ⁶
Plastic section modulus	Z _y	1702.00	cm ³
Plastic section modulus	Z _x	276.38	cm ³
Plastic warping section modulus	Z _w	5737.05	cm ⁶
Plastic shape factor	Z _y /S _y	1.135	
Plastic shape factor	Z _x /S _x	1.570	
Plastic shape factor	Z _w /W _w	1.500	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{1,DIN}	a	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{2,DIN}	b	
Buckling curve for steel with f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{1,DIN,460}	a ₀	
Buckling curve for steel with f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{2,DIN,460}	a	
Buckling curve acc. to EN	BC _{1,EN}	a	
Buckling curve acc. to EN	BC _{2,EN}	b	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{1,EN,S460}	a ₀	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{2,EN,S460}	a ₀	
Flange hole diameter	d _h	28.0	mm
Flange hole spacing	w	121.0	mm
Flange hole spacing	w ₁	106.0	mm
Flange hole spacing	h ₁	378.8	mm
Web depth	h _t	378.8	mm
Full-plastic axial force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	2156.000	kN
Full-plastic shear force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,d}	515.600	kN
Full-plastic bending moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,y,d}	37130.000	kNcm
Full-plastic shear force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,y,d}	688.900	kN
Full-plastic bending moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,x,d}	6030.000	kNcm
Full-plastic torsional moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,wp,d}	729.500	kNcm
Full-plastic torsional moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,wp,d}	15210.000	kNcm
Full-plastic bimoment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,wb,d}	12.520	kNm ²
Full-plastic shear force acc. to EC 3 for f _{y,d} = 21,36 kN/cm ²	V _{pl,d} (EC 3)	627.100	kN
c/t-ratio of flange	c/t _{flange}	4.750	
c/t-ratio of web	c/t _{web}	40.300	

Figura 65: Propiedades Mecánicas Sección IPE 450 (S 355).

3.26.2 Diagramas de resultados vigas Mezzanine nivel +3,500 [mm].

Sectional Forces RC3:

ERGNISVERLÄUFE AN STAB

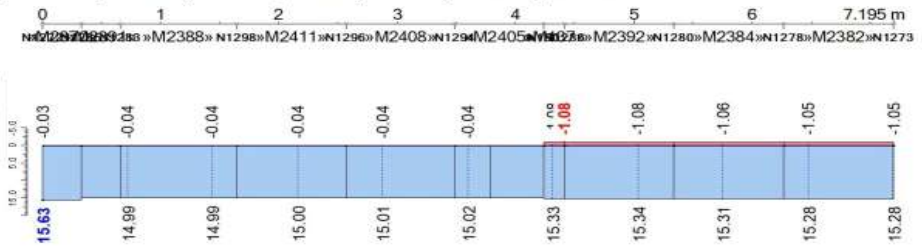
S2370,S2391,S2388,S2411,S2408,S2405,S137,S2392,S2384,S2382

RSTAB8

EK3: ULS and or earthquake

Internal forces - N

	x [m]	N [kN]
max	0.000	15.63
min	5.340	-1.08

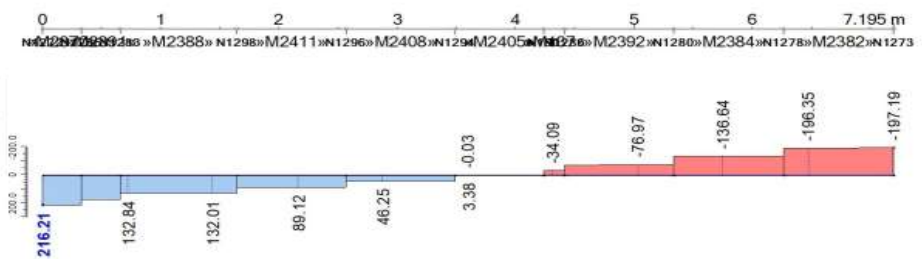


RSTAB8

EK3: ULS and or earthquake

Internal forces - Vz

	x [m]	Vz [kN]
max	0.000	216.21
min	7.195	-197.19

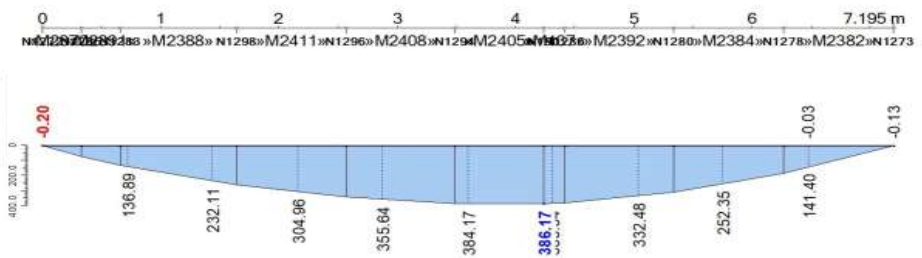


RSTAB8

EK3: ULS and or earthquake

Internal forces - My

	x [m]	My [kNm]
max	4.240	386.17
min	0.000	-0.20

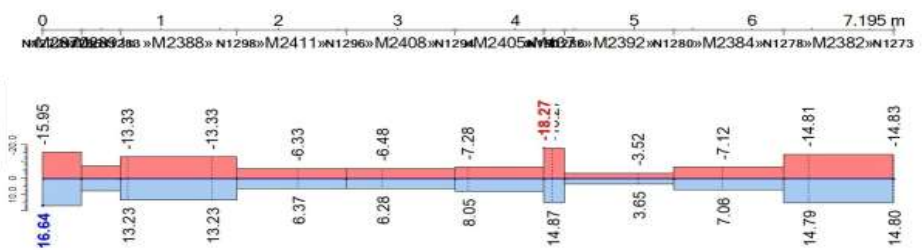


RSTAB8

EK3: ULS and or earthquake

Internal forces - Vy

	x [m]	Vy [kN]
max	0.000	16.64
min	4.415	-18.27



RSTAB8

EK3: ULS and or earthquake

Internal forces - Mz

	x [m]	Mz [kNm]
max	2.565	25.41
min	2.565	-25.49

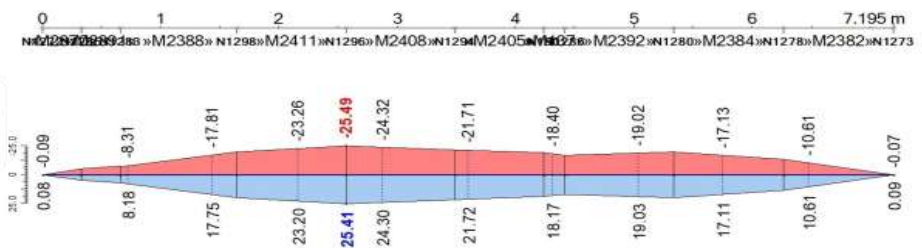


Figura 66: Diagramas de resultados vigas Mezzanine nivel +3,500 [mm].

3.26.3 Conexión con multipanel de fachada.

Connection to X0, Gablewall

max. uplift $N_{d,z} =$	34,09 kN
max. $V_{d,z} =$	196,19 kN
max. $V_{d,y} =$	15,30 kN

Conexión.

Placa de conexión $t = 10$ [mm] (S 355) Soldadura $a = 6$ [mm] Tornillo 4xM20 (8.8)

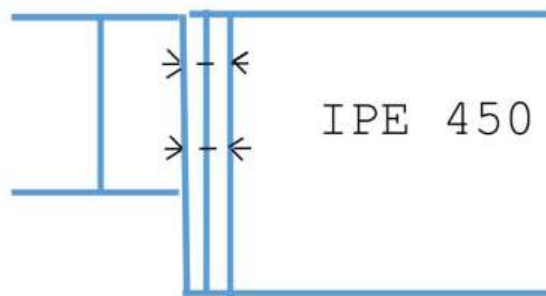


Figura 67: Esquema de la conexión IPE 450

3.26.4 Revisión de la conexión IPE 450 con multipanel de fachada (S 355).

Proof of the bolts:

Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Schrauben:

$$\text{Schr} = \text{M 20}$$

$$\text{FK} = 8.8$$

$$\text{Anzahl } n = 4$$

$$\Delta d = 1,00 \text{ mm}$$

$$\text{Schaftd. } d = 20,00 \text{ mm}$$

$$\text{Lochd. } d_0 = d + \Delta d = 21,00 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Spannungsq. } A_s = 245,0 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_v = \text{WENN}(\text{FK} = "10.9"; 0,5; 0,6) = 0,60$$

$$\text{Beiwert } k_{LS} = \text{WENN}(d/\Delta d < 8; 0,85; 1,0) = 1,00$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS} \cdot 10^{-3} = 376,32 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 564,48 \text{ kN}$$

$$\frac{\sqrt{V_{d,z}^2 + V_{d,y}^2}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{d,z}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,57 < 1$$

3.26.5 Revisión de la conexión IPE 450 con viga portante (S 355).

Connection to HEA500

max. uplift $N_{d,z}$ =	34,09 kN
max. $V_{d,z}$ =	216,21 kN
max. $V_{d,y}$ =	21,82 kN

Conexión.

<p>Placa de conexión $t= 10$ [mm] (S 355) Soldadura $a= 7.0$ [mm] Tornillo 4xM20 (8.8)</p>
--

Proof of the bolts:

Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Schrauben:

$$\text{Schr} = \text{M 20}$$

$$\text{FK} = 8.8$$

$$\text{Anzahl } n = 4$$

$$\Delta d = 1,00 \text{ mm}$$

$$\text{Schaftd. } d = 20,00 \text{ mm}$$

$$\text{Lochd. } d_0 = d + \Delta d = 21,00 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Spannungsq. } A_s = 245,0 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_v = \text{WENN}(\text{FK}="10.9";0,5;0,6) = 0,60$$

$$\text{Beiwert } k_{LS} = \text{WENN}(d/\Delta d < 8;0,85;1,0) = 1,00$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS} \cdot 10^{-3} = 376,32 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 564,48 \text{ kN}$$

$$\frac{\sqrt{V_{d,z}^2 + V_{d,y}^2}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{d,z}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,62 < 1$$

3.27 Revisión vigas longitudinales Mezzanine nivel +3,500 [mm]

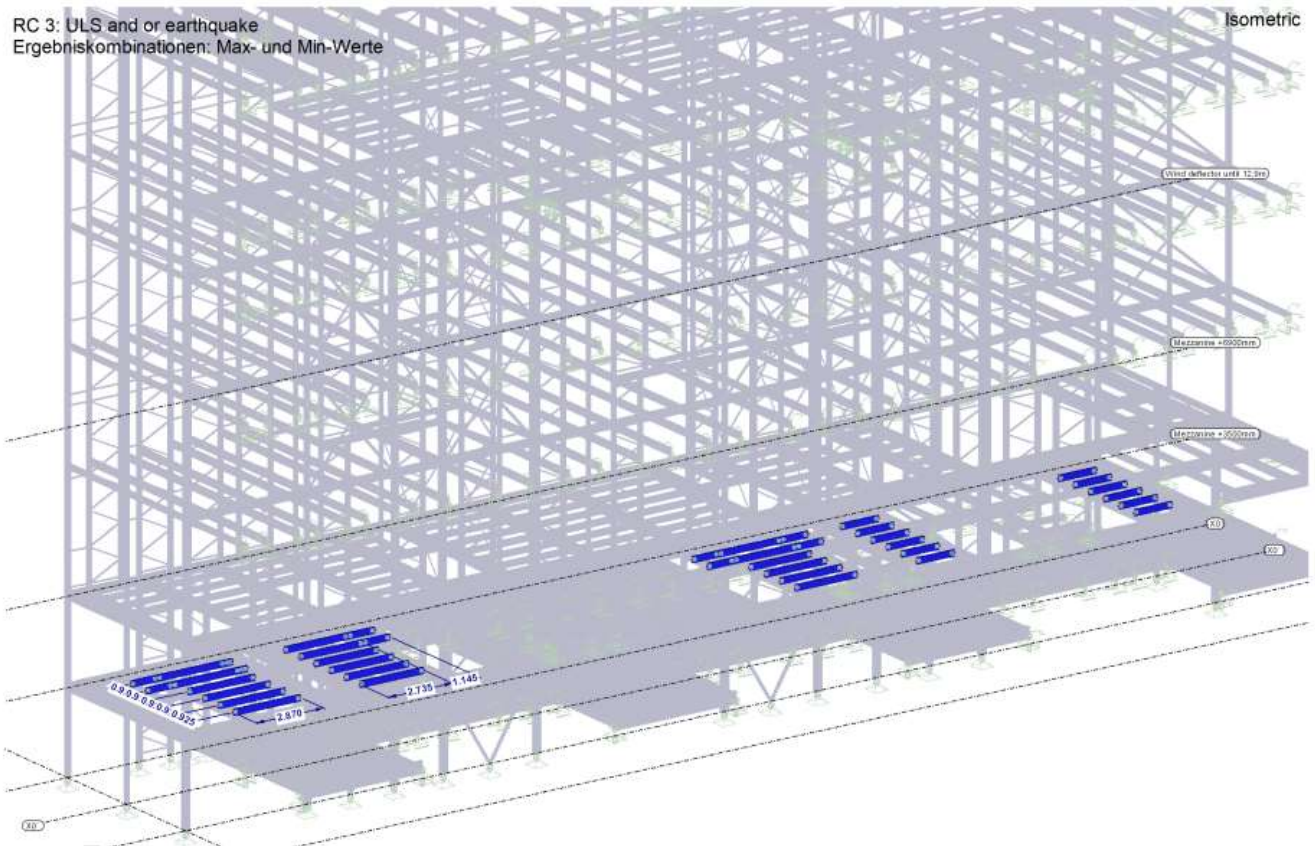
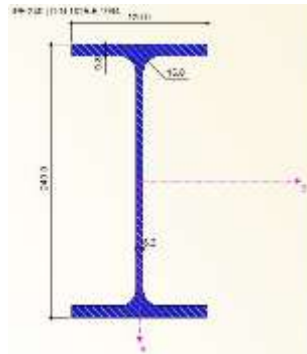


Figura 68: Vigas Mezzanine nivel +3,500 [mm]

Sección Transversal.

IPE 240 (S 355)

3.27.1 Propiedades mecánicas sección IPE 240 (S 355).



CROSS-SECTION PROPERTIES		IPE 240		
Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit	
Depth	d	240.0	mm	
Width	b	120.0	mm	
Web thickness	t _w	6.2	mm	
Flange thickness	t _f	9.8	mm	
Root fillet radius	r	15.0	mm	
Cross-sectional area	A	39.10	cm ²	
Shear area	A _y	19.65	cm ²	
Shear area	A _z	13.82	cm ²	
Shear area according to EC 3	A _{v,y}	24.83	cm ²	
Shear area according to EC 3	A _{v,z}	19.13	cm ²	
Web area	A _{web}	13.70	cm ²	
Plastic shear area	A _{pl,y}	23.52	cm ²	
Plastic shear area	A _{pl,z}	14.27	cm ²	
Moment of inertia	I _y	3890.00	cm ⁴	
Moment of inertia	I _z	284.00	cm ⁴	
Governing radius of gyration	r _y	99.7	mm	
Governing radius of gyration	r _z	26.9	mm	
Polar radius of gyration	r _o	103.3	mm	
Radius of gyration of flange plus 1/5 of web area	r _{fg}	30.3	mm	
Volume	V	3.91	cm ³ /mm	
Weight	wt	30.7	kg/m	
Surface	A _{surf}	0.922	m ² /m	
Section factor	A _n /V	235.806	1/m	
Torsional constant	J	12.90	cm ⁴	
Warping constant	C _w	37390.00	cm ⁶	
Elastic section modulus	S _y	324.00	cm ³	
Elastic section modulus	S _z	47.30	cm ³	
Warping section modulus	W _w	541.41	cm ⁴	
Statical moment of area	Q _{y,max}	183.00	cm ³	
Statical moment of area	Q _{z,max}	17.64	cm ³	
Normalized warping constant	W _{no}	69.06	cm ²	
Warping statical moment	Q _w	203.04	cm ⁴	
Plastic section modulus	Z _y	366.00	cm ³	
Plastic section modulus	Z _z	73.92	cm ³	
Plastic warping section modulus	Z _w	812.15	cm ⁴	
Plastic shape factor	Z _y /S _y	1.130		
Plastic shape factor	Z _z /S _z	1.563		
Plastic shape factor	Z _w /W _w	1.500		
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN}	a		
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{z,DIN}	b		
Buckling curve for steel with f _y ≥460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN,S460}	a ₀		
Buckling curve for steel with f _y ≥460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{z,DIN,S460}	a		
Buckling curve acc. to EN	BC _{y,EN}	a		
Buckling curve acc. to EN	BC _{z,EN}	b		
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{y,EN,S460}	a ₀		
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{z,EN,S460}	a ₀		
Flange hole diameter	d _h	13.0	mm	
Flange hole spacing	w	73.0	mm	
Flange hole spacing	w ₁	68.0	mm	
Web depth	h ₁	190.4	mm	
Full-plastic axial force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	853.400	kN	
Full-plastic shear force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,d}	179.800	kN	
Full-plastic bending moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,y,d}	8000.000	kNcm	
Full-plastic shear force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,y,d}	296.300	kN	
Full-plastic bending moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,z,d}	1613.000	kNcm	
Full-plastic torsional moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,wp,d}	194.100	kNcm	
Full-plastic torsional moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,td,d}	3410.000	kNcm	
Full-plastic bimoment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,wd,d}	1.772	kNm ²	
Full-plastic shear force acc. to EC 3 for f _{y,d} = 21,36 kN/cm ²	V _{pl,d} (EC 3)	236.100	kN	
c/t-ratio of flange	c/t _{flange}	4.280		
c/t-ratio of web	c/t _{web}	30.700		

Figura 69: Propiedades mecánicas sección IPE 240 (S 355).

3.27.2 Diagramas de resultados vigas longitudinales Mezzanine nivel +3,500 [mm].

Sectional Forces RC3:

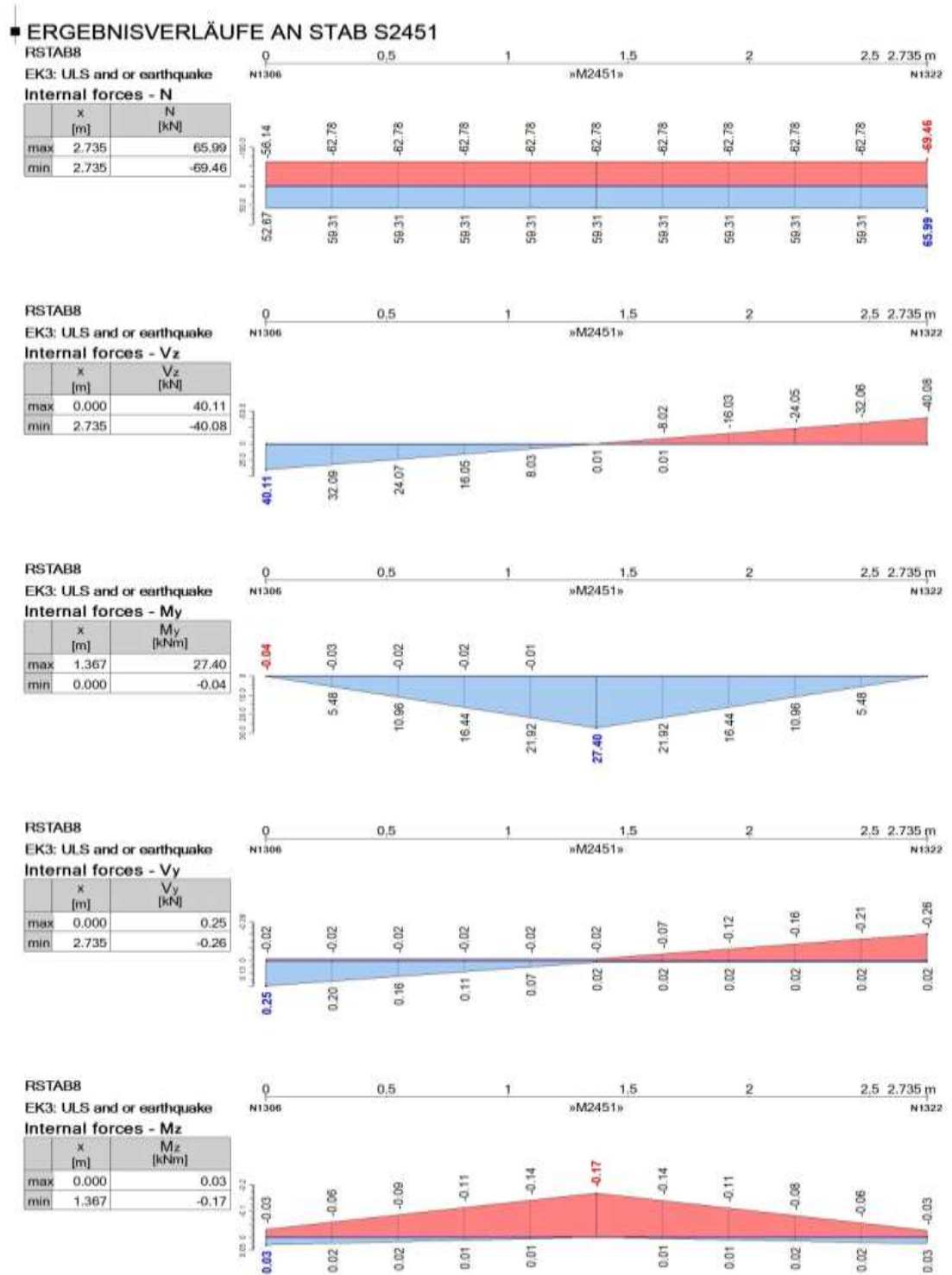


Figura 70: Diagramas de resultados vigas longitudinales Mezzanine nivel +3,500 [mm].

Connection

max. uplift $N_{d,z}$ =	65,99 kN
max. $V_{d,z}$ =	42,08 kN
max. $V_{d,y}$ =	0,64 kN

Proof of the bolts:

Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Schrauben:

Schr	=	M 20
FK	=	8.8
Anzahl n =		2
Δd =		1,00 mm
Schaftd. d	=	20,00 mm
Lochd. d_0 =	$d + \Delta d$	= 21,00 mm
f_{ub}		= 800,0 N/mm ²
Spannungsq. A_s		= 245,0 mm ²
α_v =	WENN(FK="10.9";0,5;0,6)	= 0,60
Beiwert k_{LS} =	WENN(d/ Δd <8;0,85;1,0)	= 1,00

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS} \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M2}} = 188,16 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M2}} = 282,24 \text{ kN}$$

$$\frac{\sqrt{V_{d,z}^2 + V_{d,y}^2}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{d,z}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,39 < 1$$

****Nota importante: Las vigas y traveses portantes para el Mezzanine nivel +6,900 [mm] para el sistema de transportadores, serán homólogos al nivel de Mezzanine nivel +3,500 [mm].***

3.28 Revisión vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm].

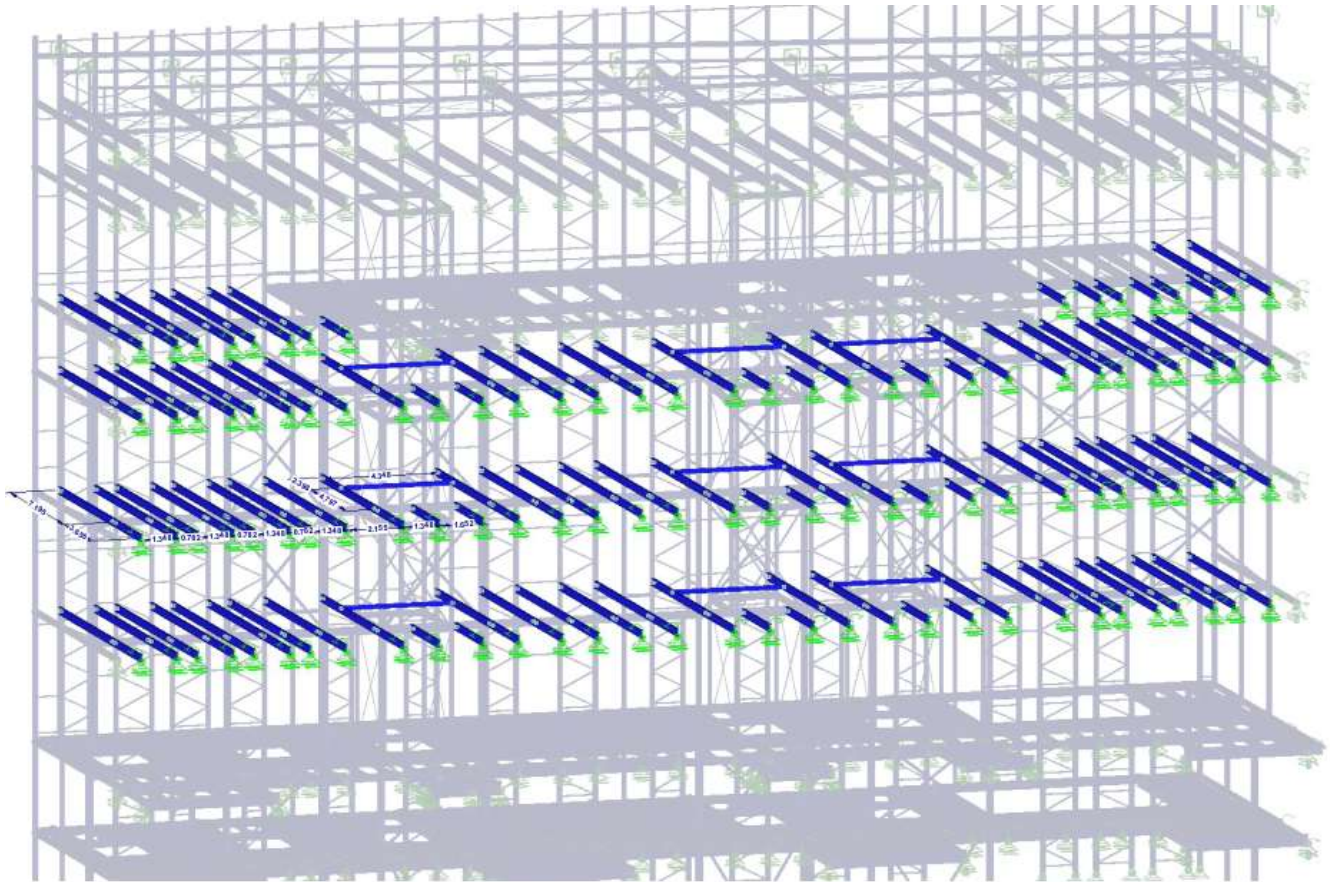
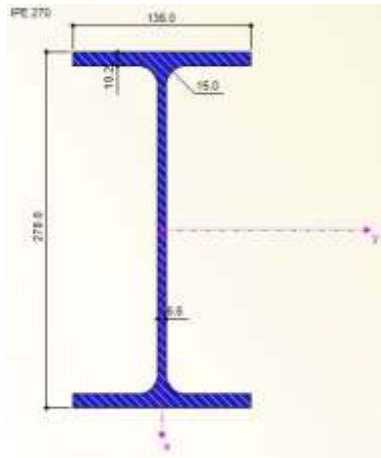


Figura 71: vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm].

Sección Transversal.

IPE 270 (S 355)

3.28.1 Propiedades mecánicas sección transversal IPE 270 (S 355).



CROSS-SECTION PROPERTIES		IPE 270	
Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Depth	d	270.0	mm
Width	b	135.0	mm
Web thickness	t _w	6.6	mm
Flange thickness	t _f	10.2	mm
Root fillet radius	r	15.0	mm
Depth between flanges	d-2t _f	249.6	mm
Depth of straight web	T	219.6	mm
Cross-sectional area	A	4595.0	mm ²
Shear area	A _y	2299.8	mm ²
Shear area	A _z	1657.2	mm ²
Shear area according to EC 3	A _{v,y}	2896.6	mm ²
Shear area according to EC 3	A _{v,z}	2214.3	mm ²
Plastic shear area	A _{pl,y}	2754.0	mm ²
Plastic shear area	A _{pl,z}	1714.7	mm ²
Moment of inertia	I _y	5.790E+07	mm ⁴
Moment of inertia	I _z	4199000.0	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	112.3	mm
Governing radius of gyration	r _z	30.2	mm
Polar radius of gyration	r _o	116.3	mm
Radius of gyration of flange plus 1/5 of web area	r ₂₀	34.1	mm
Volume	V	4595.0	mm ³ /mm
Weight	wt	36.1	kg/m
Surface	A _{surf}	1.040	m ² /m
Section factor	A _m /V	226.333	1/m
Torsional constant	J	159400.0	mm ⁴
Warping constant	C _w	7.058E+10	mm ⁶
Elastic section modulus	S _y	428900.0	mm ³
Elastic section modulus	S _z	62200.0	mm ³
Warping section modulus	W _w	8049500.0	mm ⁴
Statical moment of area	Q _{y,max}	242000.0	mm ³
Statical moment of area	Q _{z,max}	23236.9	mm ³
Normalized warping constant	W _{no}	8768.3	mm ²
Warping statical moment	Q _w	3018470.0	mm ⁴
Plastic section modulus	Z _y	484000.0	mm ³
Plastic section modulus	Z _z	96950.0	mm ³
Plastic warping section modulus	Z _w	1.207E+07	mm ⁴
Plastic shape factor	Z _y /S _y	1.128	
Plastic shape factor	Z _z /S _z	1.559	
Plastic shape factor	Z _w /W _w	1.500	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN}	a	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{z,DIN}	b	
Buckling curve for steel with f _y ≥ 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN,S460}	a ₀	
Buckling curve for steel with f _y ≥ 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{z,DIN,S460}	a	
Buckling curve acc. to EN	BC _{y,EN}	a	
Buckling curve acc. to EN	BC _{z,EN}	b	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{y,EN,S460}	a ₀	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{z,EN,S460}	a ₀	
Full-plastic axial force acc. to DIN 18800-1 for S 235	N _{pl,d}	1002.630	kN
Full-plastic shear force acc. to DIN 18800-1 for S 235	V _{pl,z,d}	216.012	kN
Full-plastic bending moment acc. to DIN 18800-1 for S 235	M _{pl,y,d}	105.609	kNm

Figura 72: Propiedades mecánicas sección IPE 270 (S 355).

3.28.2 Diagramas de resultados vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm].

Sectional Forces RC3:

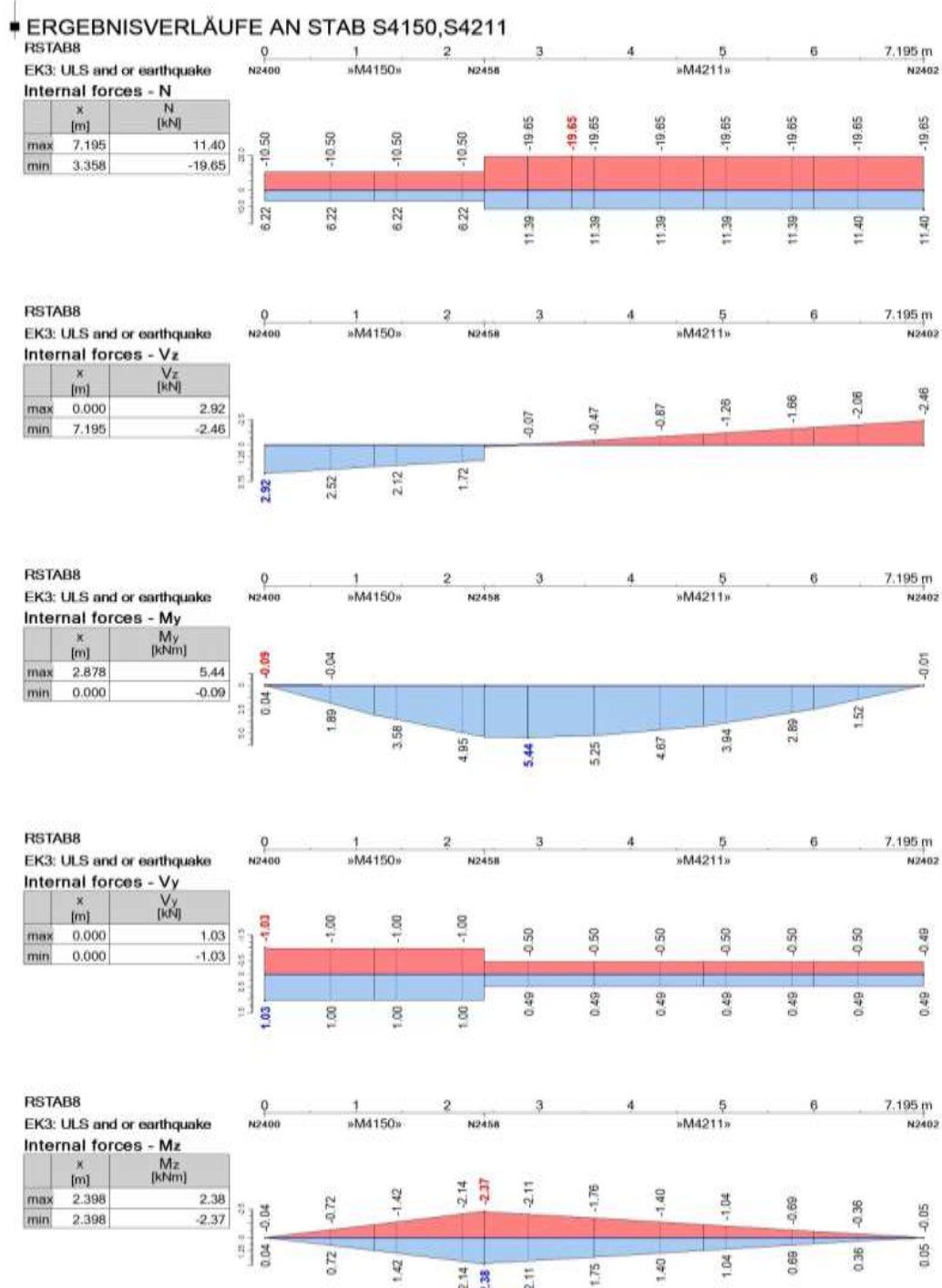


Figura 73: Diagramas de resultados vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm].

3.28.3 Revisión de la conexión vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm].

Connection to X0, Gablewall, X1

max. uplift $N_{d,z}$ =	11,45 kN
max. $V_{d,z}$ =	2,92 kN
max. $V_{d,y}$ =	1,13 kN

Proof of the bolts:

Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Schrauben:

Schr	=	M 12
FK	=	8.8
Anzahl n =		4
Δd =		1,00 mm
Schaftd. d	=	12,00 mm
Lochd. d_0 =	$d + \Delta d$	= 13,00 mm
f_{ub}		= 800,0 N/mm
Spannungsq. A_s		= 84,3 mm ²
α_v =	WENN(FK="10.9";0,5;0,6)	= 0,60
Beiwert k_{LS} =	WENN($d/\Delta d < 8$;0,85;1,0)	= 1,00

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS} \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M2}} = 129,48 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3}}{\gamma_{M2}} = 194,23 \text{ kN}$$

$$\frac{\sqrt{V_{d,z}^2 + V_{d,y}^2}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{d,z}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,07 < 1$$

Conexión.

FL200x150x10 [mm] (S 355)
Soldadura a= 6.0 [mm]
Tornillo 4xM12 (8.8)

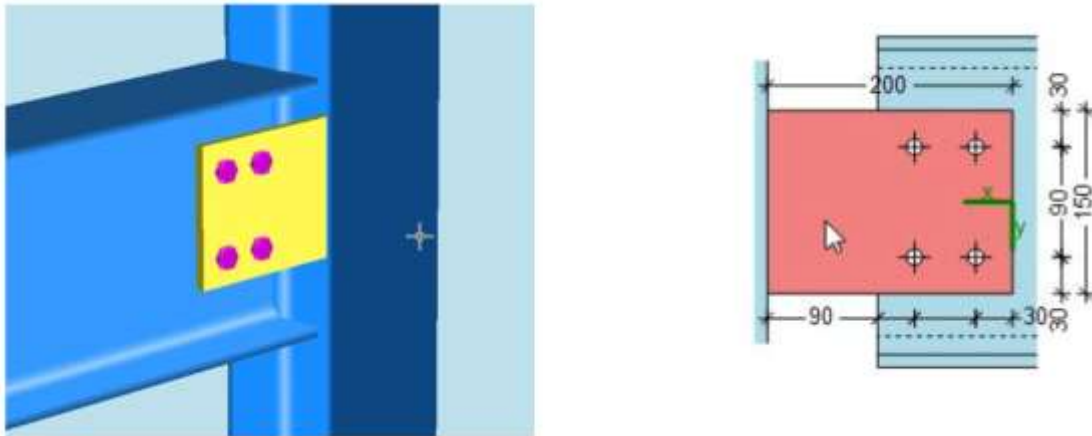


Figura 74: Esquema y geometría conexiones vigas Mezzanine niveles +11,497 [mm], +15,951 [mm], +20,401 [mm], +23,300 [mm].

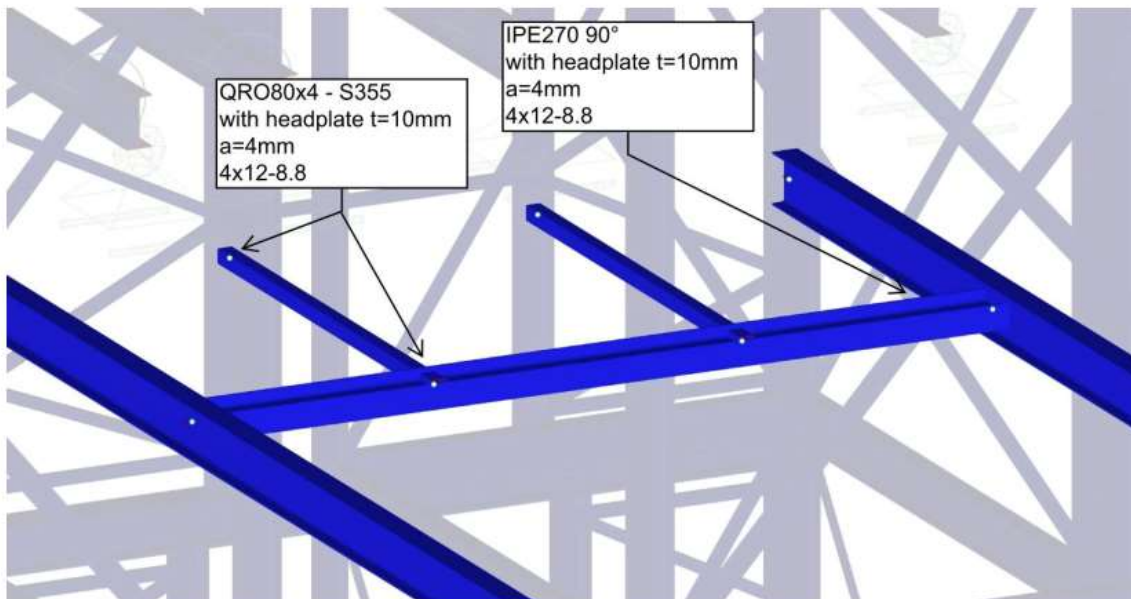


Figura 75: Detalle de la conexión.

Proof of the bolts:

Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Schrauben:

$$\text{Schr} = \text{M 12}$$

$$\text{FK} = 8,8$$

$$\text{Anzahl } n = 4$$

$$\Delta d = 1,00 \text{ mm}$$

$$\text{Schaftd. } d = 12,00 \text{ mm}$$

$$\text{Lochd. } d_0 = d + \Delta d = 13,00 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Spannungsq. } A_s = 84,3 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_v = \text{WENN}(\text{FK} = "10.9"; 0,5; 0,6) = 0,60$$

$$\text{Beiwert } k_{LS} = \text{WENN}(d/\Delta d < 8; 0,85; 1,0) = 1,00$$

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS} \cdot 10^{-3} = 129,48 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{n \cdot 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 194,23 \text{ kN}$$

$$\frac{\sqrt{V_{d,z}^2 + V_{d,y}^2}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{d,z}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,07 < 1$$

Connection to aisle X0`

$$\text{max. uplift } N_{d,z} = 11,49 \text{ kN}$$

$$\text{max. } V_{d,z} = 8,77 \text{ kN}$$

$$\text{max. } V_{d,y} = 0,55 \text{ kN}$$

3.29 Revisión puntales tipo SP 140/120/3.5 (S 350 GD).

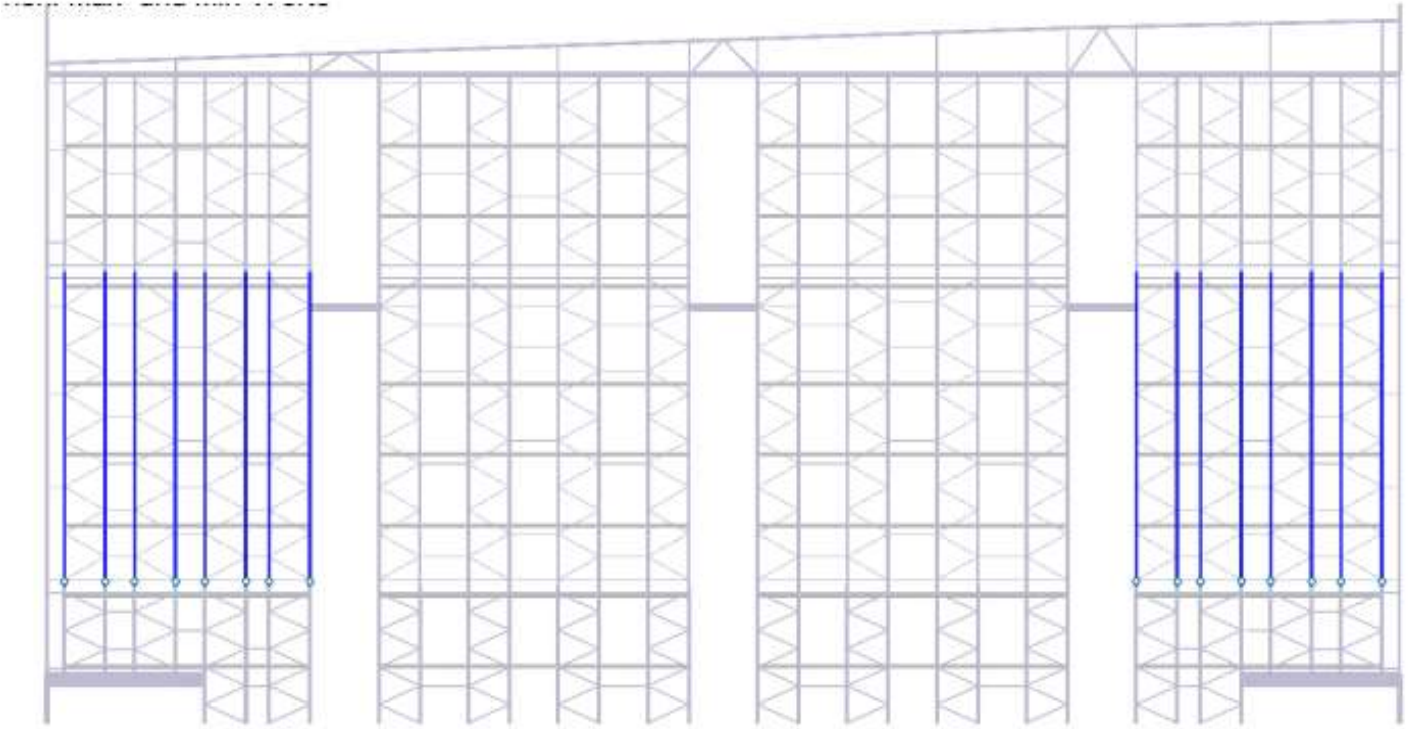


Figura 76: Puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).

3.29.1 Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).

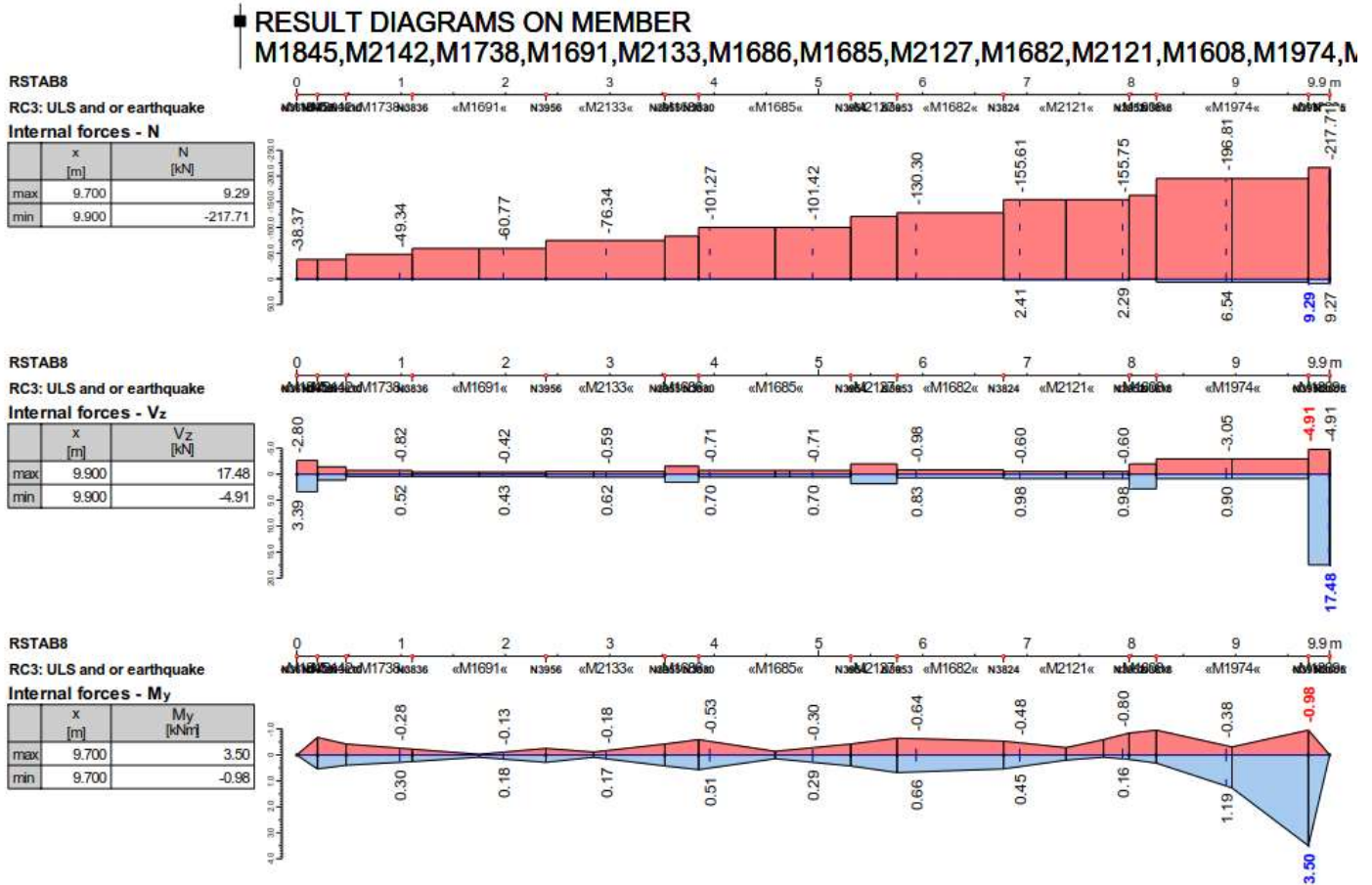
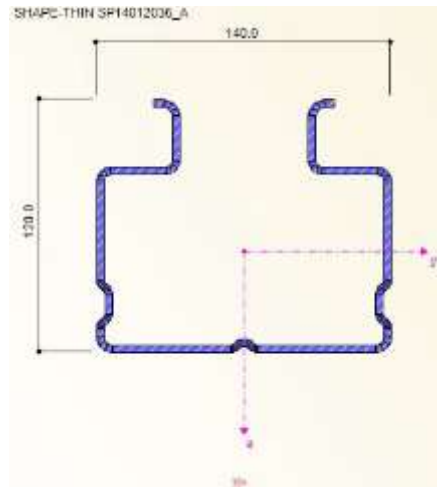


Figura 77: Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).

Sección Transversal.

SP 140/120/3.5 (S 350 GD).

3.29.2 Propiedades mecánicas puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).



CROSS-SECTION PROPERTIES

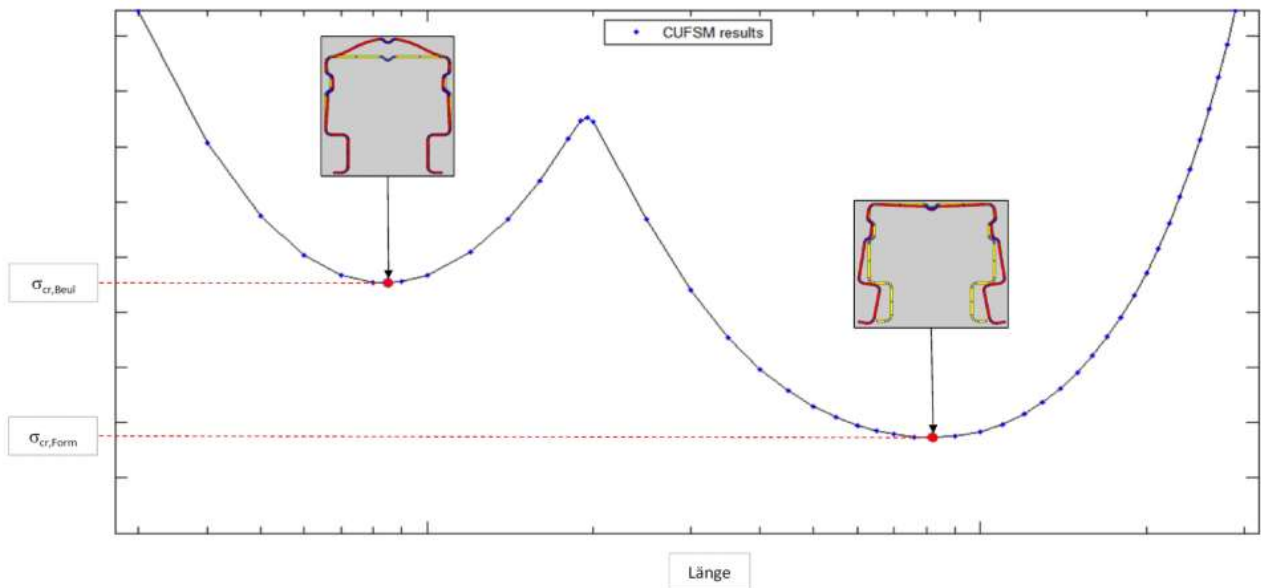
SHAPE-THIN SP14012035 A

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Cross-sectional area	A	1581.7	mm ²
Shear area	A _u	255.0	mm ²
Shear area	A _v	525.1	mm ²
Location of the center of gravity	y _s	0.0	mm
Location of the center of gravity	z _s	-43.5	mm
Moment of inertia	I _y	2648030.0	mm ⁴
Moment of inertia	I _z	4341150.0	mm ⁴
Moment of inertia	I _{yz}	0.1	mm ⁴
Angle of principal axis	α	0.00	°
Moment of inertia about the principal axis	I _u	2648030.0	mm ⁴
Moment of inertia about the principal axis	I _v	4341150.0	mm ⁴
Polar moment of inertia	I _p	6989180.0	mm ⁴
Polar moment of inertia	I _{p,M}	2.620E+07	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	40.9	mm
Governing radius of gyration	r _z	52.4	mm
Governing radius of gyration	r _{yz}	0.0	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _u	40.9	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _v	52.4	mm
Polar radius of gyration	r _o	66.5	mm
Polar radius of gyration	r _{p,M}	128.7	mm
Warping radius of gyration	r _{w,M}	29.7	mm
Weight	wt	12.4	kg/m
Surface	A _{surf}	1.105	m ² /m
Torsional constant	J	6427.5	mm ⁴
Torsional constant, St. Venant portion	J _{StVen}	6427.5	mm ⁴
Torsional constant, Bredt portion	J _{Bredt}	0.0	mm ⁴
Torsional section modulus	S _t	0.0	mm ³
Distance from the shear center to the center of gravity	y _M	0.0	mm
Distance from the shear center to the center of gravity	z _M	110.2	mm
Warping constant referring to M	C _w	2.305E+10	mm ⁶
Fade factor	λ	0.000327	1/mm
Elastic section modulus	S _{y,max}	54935.3	mm ³
Elastic section modulus	S _{y,min}	-36882.1	mm ³
Elastic section modulus	S _{z,max}	62016.4	mm ³
Elastic section modulus	S _{z,min}	-62016.4	mm ³
Warping section modulus	W _{w,max}	3101440.0	mm ⁴
Warping section modulus	W _{w,min}	-3.10E+06	mm ⁴
Statical moment of area	Q _{u,max}	14809.6	mm ³
Statical moment of area	Q _{v,max}	38505.0	mm ³
Normalized warping constant	W _{no}	7432.0	mm ²
Warping statical moment	Q _w	1437290.0	mm ⁴
Stability parameter according to Kindem	r _{y,Kindem}	-6.5	mm
Stability parameter	r _{M,y}	0.0	mm
Stability parameter according to Kindem	r _{z,Kindem}	0.0	mm
Stability parameter	r _{M,z}	0.0	mm
Plastic section modulus	Z _{y,max}	59182.5	mm ³
Plastic section modulus	Z _{z,max}	77010.0	mm ³
Plastic shape factor	Z _{u,max} /S _u	1.605	
Plastic shape factor	Z _{v,max} /S _v	1.242	

3.29.3 Comprobación matemática puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).

Analysis of flexural and torsional buckling

Profil	=	SP14012035_A
Stahl	=	S350GD
Knicklinie	=	b
γ_{M0}	=	1,10
γ_{M1}	=	1,10
f_y	=	35,0 kN/cm ²
E	=	21000 kN/cm ²
G	=	8100 kN/cm ²
α	=	0,34
t	=	3,50 mm



$\sigma_{cr,Beul}$	=	101,26 kN/cm ²
$\sigma_{cr,Form}$	=	77,65 kN/cm ²

max. stress at section member:

$\sigma_{com,Ed}$	=	22,90 kN/cm ²
-------------------	---	--------------------------

1. Section reduction due to stiffened web

$$\lambda_{p,red} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Beul}}} * \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed} * \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,499$$

$$\text{Spannungsverhältnis } \psi = 1,00$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 * \psi} = 0,67$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = \frac{\lambda_{p,red} - 0,055 * (3 + \psi)}{(\lambda_{p,red})^2} = 1,12$$

$$\text{Reduktionfaktor } \rho = \text{WENN} (\lambda_{p,red} > X_1; X_2; 1,0) = 1,00$$

Reduction of thickness due to web

$$t_{eff,1} = t * \rho = 3,50 \text{ mm}$$

2. Section reduction due to unstiffened flange:

$$\lambda_{quer,Form} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,671$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{quer,Form} = 0,98$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{quer,Form} = 0,98$$

$$\text{Abschätzung } v = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} > 1,38 ; X_1 ; X_2) = 0,98$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d0} = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} < 0,65 ; 1 ; v) = 0,98$$

1. Iteration with real stress:

$$\sigma_{com,Ed,1} = \chi_{d0} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,18$$

$$\lambda_{p,red1} = \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed,1}}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,634$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,red1} = 1,04$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,red1} = 1,01$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 1,01$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d1} = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 1,00$$

2. Iteration with real stress:

$$\sigma_{\text{com,Ed},2} = \chi_{d1} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,\text{red}2} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},2}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,640$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}2} = 1,03$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,\text{red}2} = 1,01$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}2} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 1,01$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d2} = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}2} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 1,00$$

3. Iteration with real stress:

$$\sigma_{\text{com,Ed},3} = \chi_{d2} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,\text{red}3} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},3}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,640$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}3} = 1,03$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,\text{red}3} = 1,01$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}3} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 1,01$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d3} = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}3} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 1,00$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_d = \text{MAX}(\chi_{d1}; \chi_{d2}; \chi_{d3}) = 1,00$$

Reduction of thickness due to flange

$$t_{\text{eff},2} = \text{MIN} \left(\chi_d * t * \frac{f_y}{\sigma_{\text{com,Ed}} * \gamma_{M0}} ; t \right) = 3,50 \text{ mm}$$

Full cross section

A	=	15,82 cm ²
W _y	=	36,88 cm ³
W _z	=	62,02 cm ³
I _y	=	264,80 cm ⁴
I _z	=	434,12 cm ⁴
i _y	=	4,09 cm
i _z	=	5,24 cm
z ₀	=	11,02 cm
y ₀	=	0,00 cm
r _y	=	-0,65 cm
r _z	=	0,00 cm
I _{w,M}	=	23050,00 cm ⁶
I _t	=	0,646 cm ⁴
z _{s,0}	=	4,34 cm
y _{s,0}	=	0,00 cm

Effective section properties

A _{eff,E} =			0,00 cm ²
A _{eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;A;A _{eff,E});A _{eff,E})	=	15,82 cm ²
W _{y,eff,E} =			0,00 cm ³
W _{y,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _y ;W _{y,eff,E});W _{y,eff,E})	=	36,88 cm ³
W _{z,eff,E} =			0,00 cm ³
W _{z,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _z ;W _{z,eff,E});W _{z,eff,E})	=	62,02 cm ³
z _{s,0,eff,E} =			4,44 cm
z _{s,0,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;z _{s,0} ;z _{s,0,eff,E});z _{s,0,eff,E})	=	4,34 cm
y _{s,0,eff,E} =			0,00 cm
y _{s,0,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;y _{s,0} ;y _{s,0,eff,E});y _{s,0,eff,E})	=	0,00 cm
Moving of section central line			
e _{Ny} =	ABS(z _{s,0} -z _{s,0,eff})	=	0,00 cm
e _{Nz} =	ABS(y _{s,0} -y _{s,0,eff})	=	0,00 cm

First level

Geometry - buckling length

$$\begin{aligned} s_{k,z} &= 223,0 \text{ cm} \\ s_{k,y} &= 146,0 \text{ cm} \\ s_{k,T} &= 0,70 * s_{k,y} = 102 \text{ cm} \end{aligned}$$

Max. forces of section member

$$\begin{aligned} N_d &= 217,71 \text{ kN} \\ M_{y,d} &= 350,00 \text{ kNcm} \\ M_{z,d} &= 0,00 \text{ kNcm} \end{aligned}$$

Flexural buckling at weak axis

$$\begin{aligned} N_{cr,y} &= \frac{E * I_y * \pi^2}{2} = 2574,72 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,y} &= \sqrt{\frac{s_{k,y} * A_{eff} * f_y}{N_{cr,y}}} = 0,464 \\ \Phi &= 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{quer,y} - 0,2) + \lambda_{quer,y}^2) = 0,653 \\ \chi_y &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,y}^2}}; 1,0\right) = 0,899 \\ N_{y,b,Rd} &= \frac{\chi_y * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 452,52 \text{ kN} \end{aligned}$$

Flexural buckling at strong axis

$$\begin{aligned} N_{cr,z} &= \frac{E * I_z * \pi^2}{2} = 1809,33 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,z} &= \sqrt{\frac{s_{k,z} * A_{eff} * f_y}{N_{cr,z}}} = 0,553 \\ \Phi &= 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{quer,z} - 0,2) + \lambda_{quer,z}^2) = 0,713 \\ \chi_z &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,860 \\ N_{z,b,Rd} &= \frac{\chi_z * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 432,89 \text{ kN} \end{aligned}$$

Torsional buckling

$$i_{0,quad} = i_y^2 + i_z^2 + z_0^2 + y_0^2 = 165,63 \text{ cm}^2$$

$$i_0 = \sqrt{i_{0,quad}} = 12,87 \text{ cm}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_{0,quad}} * \left(G * I_t + \frac{\pi^2 * E * I_{w,M}}{s_{k,T}^2} \right) = 2803,95 \text{ kN}$$

$$\beta_z = 1 - (z_0 / i_0)^2 = 0,267$$

$$N_{cr,FT,z} = \frac{N_{cr,z}}{2 * \beta_z} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} \right)^2 + 4 * \frac{z_0^2}{i_{0,quad}} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}}} \right) = 1179,38 \text{ kN}$$

$$\beta_y = 1 - (y_0 / i_0)^2 = 1,000$$

$$N_{cr,FT,y} = \frac{N_{cr,y}}{2 * \beta_y} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 * \frac{y_0^2}{i_{0,quad}} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right) = 2574,72 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \text{MIN}(N_{cr,T}; N_{cr,FT,z}; N_{cr,FT,y}) = 1179,38 \text{ kN}$$

$$\lambda_{T,quer} = \sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr}}} = 0,685$$

$$\Phi_T = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{T,quer} - 0,2) + \lambda_{T,quer}^2) = 0,817$$

$$\chi_T = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \lambda_{T,quer}^2}}; 1,0\right) = 0,792$$

$$N_{LT,b,Rd} = \frac{\chi_T * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 398,66 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \text{MIN}(N_{y,b,Rd}; N_{z,b,Rd}; N_{LT,b,Rd}) = 398,66 \text{ kN}$$

$$M_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_z} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} + \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right)^2} - \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right) \right) = 213194 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,y} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} * f_y}{M_{cr,y}}} = 0,078$$

$$\Phi_{LT,y} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,y} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,y}^2) = 0,482$$

$$\chi_{LT,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,y} + \sqrt{\Phi_{LT,y}^2 - \lambda_{LT,quer,y}^2}}; 1,0\right) = 1,000$$

$$M_{y,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,y} * W_{y,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 1173,45 \text{ kNcm}$$

$$M_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_y} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_y} + \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right)^2} - \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right) \right) = 49496 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,z} = \sqrt{\frac{W_{z,eff} * f_y}{M_{cr,z}}} = 0,209$$

$$\Phi_{LT,z} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,z} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,z}^2) = 0,523$$

$$\chi_{LT,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,z} + \sqrt{\Phi_{LT,z}^2 - \lambda_{LT,quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,998$$

$$M_{z,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,z} * W_{z,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 1969,42 \text{ kNcm}$$

Äquiv. Momentenbeiwert C_{my} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mz} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mLT} =	1,00

$$k_{yy1} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,y} * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,021$$

$$k_{yy2} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,160$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; k_{yy2}) = 1,021$$

$$k_{zz1} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,z} * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,050$$

$$k_{zz2} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,172$$

$$k_{zz} = \text{MIN}(k_{zz1}; k_{zz2}) = 1,050$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1,050$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,05 * \lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,981$$

$$k_{zy2} = 1 - \frac{\lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,629$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; k_{zy2}) = 0,981$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = 0,85 \leq 1$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{zy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = 0,84 \leq 1$$

Second level

Geometry

$$\begin{aligned} S_{k,z} &= 223,0 \text{ cm} \\ S_{k,y} &= 146,0 \text{ cm} \\ S_{k,T} &= 0,7 \cdot S_{k,y} = 102 \text{ cm} \end{aligned}$$

Max. forces of section member

$$\begin{aligned} N_d &= 163,32 \text{ kN} \\ M_{y,d} &= 85,00 \text{ kNcm} \\ M_{z,d} &= 0,00 \text{ kNcm} \end{aligned}$$

Flexural buckling at weak axis

$$\begin{aligned} N_{cr,y} &= \frac{E \cdot I_y \cdot \pi^2}{2} = 2574,72 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,y} &= \sqrt{\frac{S_{k,y}}{A_{eff} \cdot f_y}} = 0,464 \\ \Phi &= 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,y} - 0,2) + \lambda_{quer,y}^2) = 0,653 \\ \chi_y &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,y}^2}}; 1,0\right) = 0,899 \\ N_{y,b,Rd} &= \frac{\chi_y \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 452,52 \text{ kN} \end{aligned}$$

Flexural buckling at strong axis

$$\begin{aligned} N_{cr,z} &= \frac{E \cdot I_z \cdot \pi^2}{2} = 1809,33 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,z} &= \sqrt{\frac{S_{k,z}}{A_{eff} \cdot f_y}} = 0,553 \\ \Phi &= 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,z} - 0,2) + \lambda_{quer,z}^2) = 0,713 \\ \chi_z &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,860 \\ N_{z,b,Rd} &= \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 432,89 \text{ kN} \end{aligned}$$

Torsional buckling

$$i_{0,quad} = \sqrt{i_y^2 + i_z^2 + z_0^2 + y_0^2} = 165,63 \text{ cm}^2$$

$$i_0 = \sqrt{i_{0,quad}} = 12,87 \text{ cm}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_{0,quad}} * \left(G * I_t + \frac{\pi^2 * E * I_{w,M}}{S_{k,T}^2} \right) = 2803,95 \text{ kN}$$

$$\beta_z = 1 - (z_0 / i_0)^2 = 0,267$$

$$N_{cr,FT,z} = \frac{N_{cr,z}}{2 * \beta_z} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} \right)^2 + 4 * \frac{z_0^2}{i_{0,quad}^2} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}}} \right) = 1179,38 \text{ kN}$$

$$\beta_y = 1 - (y_0 / i_0)^2 = 1,000$$

$$N_{cr,FT,y} = \frac{N_{cr,y}}{2 * \beta_y} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 * \frac{y_0^2}{i_{0,quad}^2} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right) = 2574,72 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \text{MIN}(N_{cr,T}; N_{cr,FT,z}; N_{cr,FT,y}) = 1179,38 \text{ kN}$$

$$\lambda_{T,quer} = \sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr}}} = 0,685$$

$$\Phi_T = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{T,quer} - 0,2) + \lambda_{T,quer}^2) = 0,817$$

$$\chi_T = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \lambda_{T,quer}^2}}; 1,0\right) = 0,792$$

$$N_{LT,b,Rd} = \frac{\chi_T * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 398,66 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \text{MIN}(N_{y,b,Rd}; N_{z,b,Rd}; N_{LT,b,Rd}) = 398,66 \text{ kN}$$

$$M_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_z} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} + \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right)^2} - \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right) \right) = 213194 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,y} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} * f_y}{M_{cr,y}}} = 0,078$$

$$\Phi_{LT,y} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,y} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,y}^2) = 0,482$$

$$\chi_{LT,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,y} + \sqrt{\Phi_{LT,y}^2 - \lambda_{LT,quer,y}^2}}; 1,0\right) = 1,000$$

$$M_{y,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,y} * W_{y,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 1173,45 \text{ kNcm}$$

$$M_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_y} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_y} + \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right)^2} - \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right) \right) = 49496 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,z} = \sqrt{\frac{W_{z,eff} * f_y}{M_{cr,z}}} = 0,209$$

$$\Phi_{LT,z} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,z} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,z}^2) = 0,523$$

$$\chi_{LT,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,z} + \sqrt{\Phi_{LT,z}^2 - \lambda_{LT,quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,998$$

$$M_{z,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,z} * W_{z,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 1969,42 \text{ kNcm}$$

Äquiv. Momentenbeiwert C_{my} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mz} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mLT} =	1,00

$$k_{yy1} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,y} * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 0,990$$

$$k_{yy2} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,095$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; k_{yy2}) = \mathbf{0,990}$$

$$k_{zz1} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,z} * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,013$$

$$k_{zz2} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,104$$

$$k_{zz} = \text{MIN}(k_{zz1}; k_{zz2}) = \mathbf{1,013}$$

$$k_{yz} = k_{zz} = \mathbf{1,013}$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,05 * \lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,986$$

$$k_{zy2} = 1 - \frac{\lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,722$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; k_{zy2}) = \mathbf{0,986}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = \mathbf{0,48 \leq 1}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{zy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = \mathbf{0,48 \leq 1}$$

3.29.4 Diseño de la conexión para puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).

Nota Importante: La longitud de las secciones constructivamente hablando no deberán superar los 11,800 [mm] de longitud. Dicha limitante obedece a las medidas y geometrías de la industria naviera para el uso de sus portacontenedores.

splice between 2nd and 3rd part

max. uplift $N_{d,z}$ =

9,66 kN

Placa de conexión puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD) sección inferior.

Placa de conexión $t=20.0$ [mm] (S 355).

Tornillo horizontal 2xM12 (8.8).

Tornillo Vertical 12xM10 (8.8).

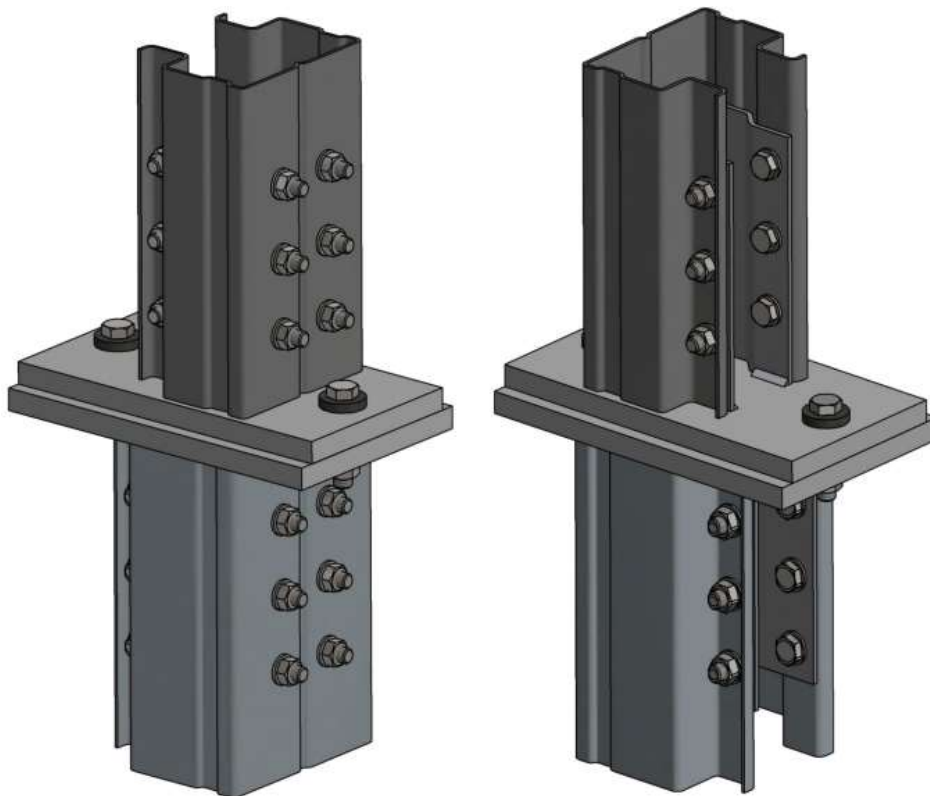


Figura 78: Diseño de la conexión para puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).

3.29.5 Revisión de la conexión para puntales SP 140/120/3.5 (S 350 GD).

Dimensions of the push plate:

l_u	=	240 mm
b_u	=	150 mm
t_u	=	15 mm

Bolts:

SR_u	=	2x M12-8.8
--------	---	------------

Load capacity:

$F_{t,Rd,u}$	=	70,00 kN
--------------	---	----------

Butt upper part

NSTGU	=	NSTG-3M12-1515V
Stützenprofil	=	140/120/...

Dimensions of the push plate:

l_o	=	240 mm
b_o	=	150 mm
t_o	=	15 mm

Bolts:

SR_o	=	2x M12-8.8
--------	---	------------

Load capacity:

$F_{t,Rd,o}$	=	70,00 kN
--------------	---	----------

plausibility check:

$P =$ WENN($SR_u=SR_o$;"OK";"Nicht möglich!")	=	OK
---	---	----

$F_{t,Rd} =$ MIN($F_{t,Rd,u}; F_{t,Rd,o}$)	=	70,00 kN
--	---	----------

$\frac{N_{d,z}}{F_{t,Rd}}$	=	0,10 < 1
----------------------------	---	--------------------

3.29.6 Reducción de sección para 3er tramo de puntales.

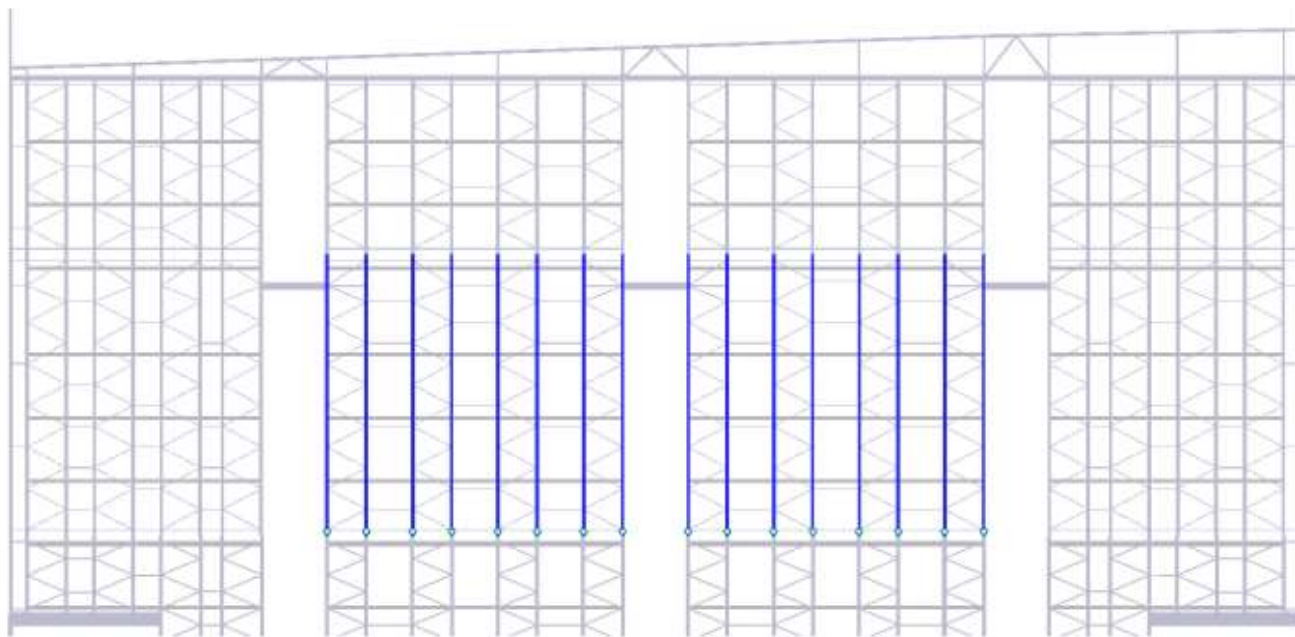


Figura 79: Reducción de sección puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).

3.29.7 Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).

Sectional Forces RC3:

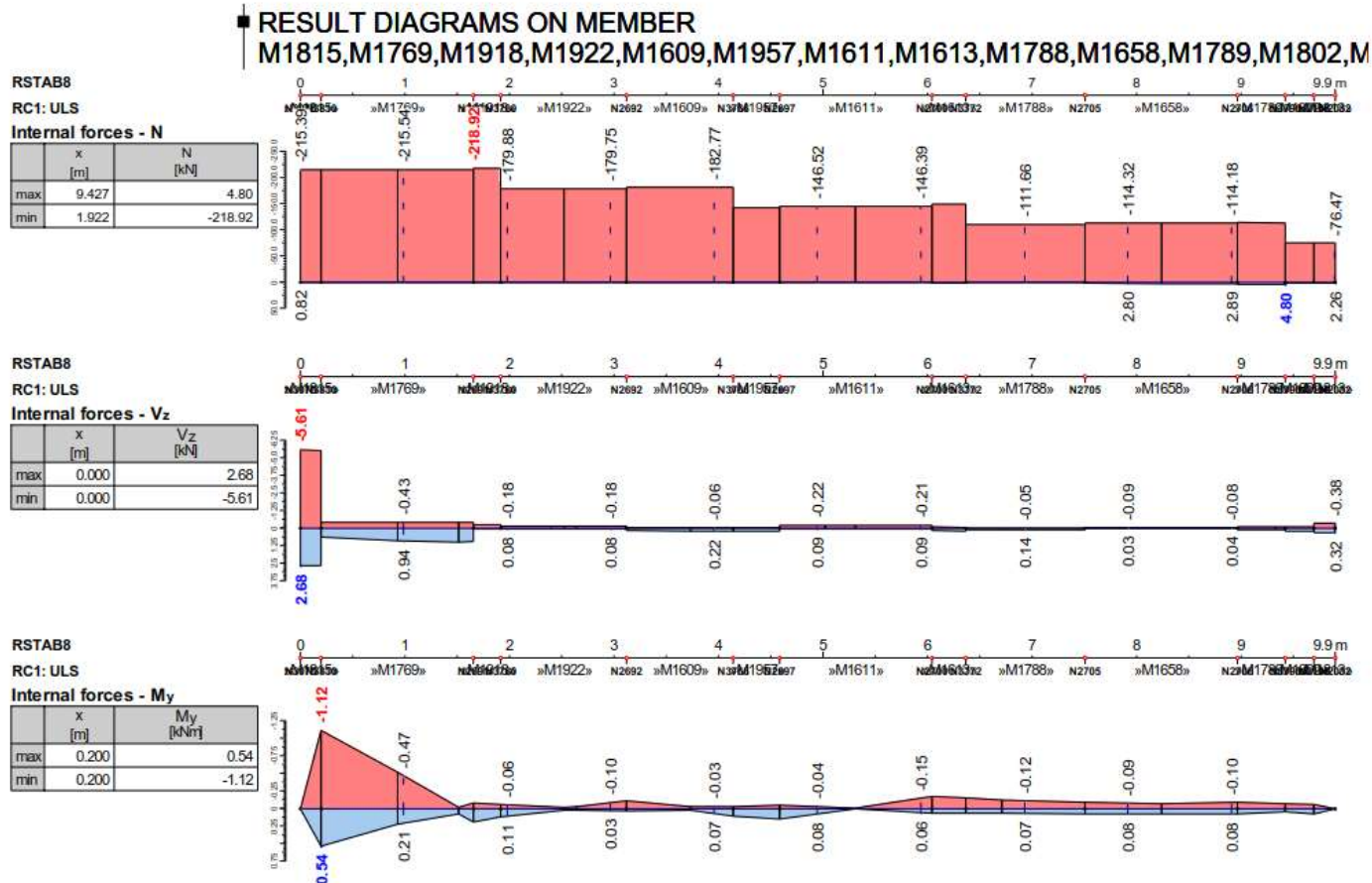
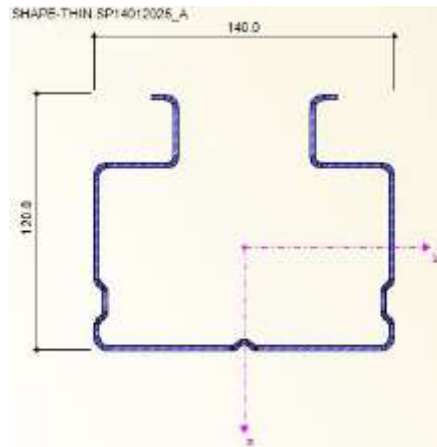


Figura 80: Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).

Sección Transversal.

SP 140/120/2.5 (S 350 GD).

3.29.8 Propiedades mecánicas puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).



CROSS-SECTION PROPERTIES

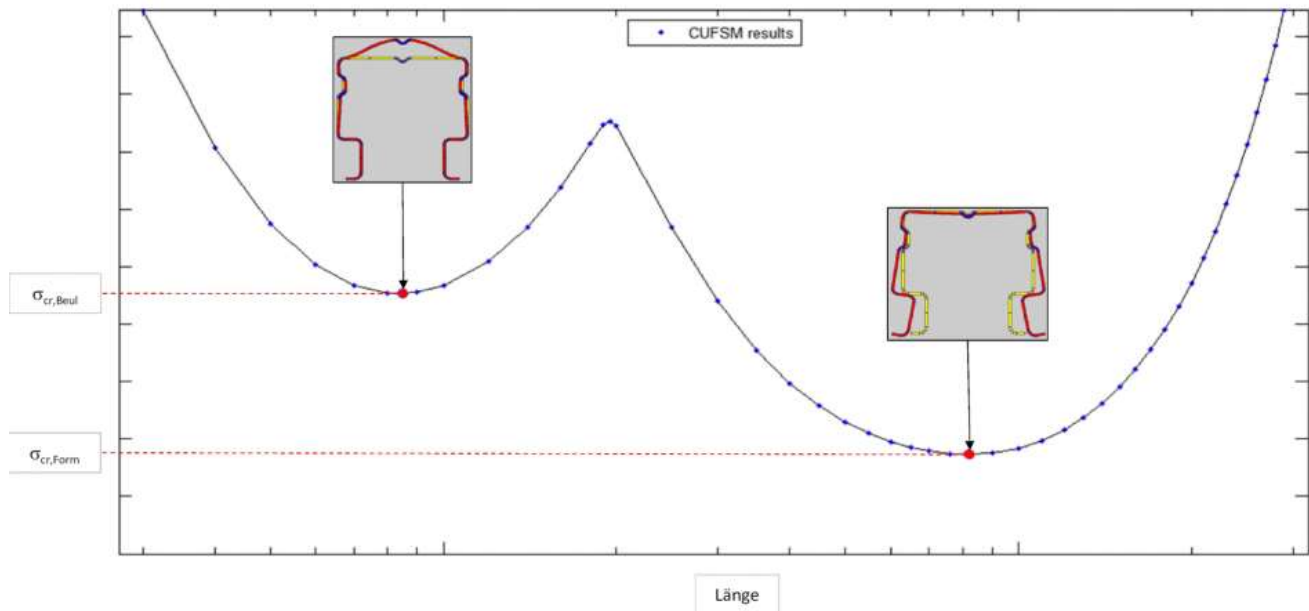
SHAPE-THIN SP14012025 A

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Cross-sectional area	A	1150.7	mm ²
Shear area	A _U	182.5	mm ²
Shear area	A _V	376.8	mm ²
Location of the center of gravity	y _S	0.0	mm
Location of the center of gravity	z _S	-44.2	mm
Moment of inertia	I _y	1972260.0	mm ⁴
Moment of inertia	I _z	3198930.0	mm ⁴
Moment of inertia	I _{yz}	0.1	mm ⁴
Angle of principal axis	α	0.00	°
Moment of inertia about the principal axis	I _u	1972260.0	mm ⁴
Moment of inertia about the principal axis	I _v	3198930.0	mm ⁴
Polar moment of inertia	I _p	5171190.0	mm ⁴
Polar moment of inertia	I _{p,M}	1.962E+07	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	41.4	mm
Governing radius of gyration	r _z	52.7	mm
Governing radius of gyration	r _{yz}	0.0	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _u	41.4	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _v	52.7	mm
Polar radius of gyration	r _o	67.0	mm
Polar radius of gyration	r _{p,M}	130.6	mm
Warping radius of gyration	r _{w,M}	30.2	mm
Weight	wt	9.0	kg/m
Surface	A _{surf}	1,063	m ² /m
Torsional constant	J	2389.1	mm ⁴
Torsional constant, St. Venant portion	J _{StVen}	2389.1	mm ⁴
Torsional constant, Bredt portion	J _{Bredt}	0.0	mm ⁴
Torsional section modulus	S _t	0.0	mm ³
Distance from the shear center to the center of gravity	y _M	0.0	mm
Distance from the shear center to the center of gravity	z _M	112.1	mm
Warping constant referring to M	C _w	1.792E+10	mm ⁶
Flare factor	λ	0.000226	1/mm
Elastic section modulus	S _{y,max}	40673.4	mm ³
Elastic section modulus	S _{y,min}	-27580.2	mm ³
Elastic section modulus	S _{z,max}	45699.1	mm ³
Elastic section modulus	S _{z,min}	-45699.1	mm ³
Warping section modulus	W _{w,max}	2333740.0	mm ⁴
Warping section modulus	W _{w,min}	-2.33E+06	mm ⁴
Statical moment of area	Q _{u,max}	10907.3	mm ³
Statical moment of area	Q _{v,max}	28166.6	mm ³
Normalized warping constant	W _{no}	7680.2	mm ²
Warping statical moment	Q _w	1088140.0	mm ⁴
Stability parameter according to Kindem	r _{y,Kindem}	-5.5	mm
Stability parameter	r _{M,y}	0.0	mm
Stability parameter according to Kindem	r _{z,Kindem}	0.0	mm
Stability parameter	r _{M,z}	0.0	mm
Plastic section modulus	Z _{y,max}	43602.3	mm ³
Plastic section modulus	Z _{z,max}	56333.3	mm ³
Plastic shape factor	Z _{u,max} /S _u	1.581	
Plastic shape factor	Z _{v,max} /S _v	1.233	

3.29.9 Comprobación matemática puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).

Analysis of flexural and torsional buckling

Profil	=	SP14012025_A
Stahl	=	S350GD
Knicklinie	=	b
γ_{M0}	=	1,10
γ_{M1}	=	1,10
f_y	=	35,0 kN/cm ²
E	=	21000 kN/cm ²
G	=	8100 kN/cm ²
α	=	0,34
t	=	2,50 mm



$\sigma_{cr,Beul}$	=	57,36 kN/cm ²
$\sigma_{cr,Form}$	=	53,40 kN/cm ²

max. stress at section member:

$\sigma_{com,Ed}$	=	24,41 kN/cm ²
-------------------	---	--------------------------

1. Local buckling

$$\lambda_{p,red} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Beul}}} * \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed} * \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,684$$

$$\text{Spannungsverhältnis } \psi = 1,00$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 * \psi} = 0,67$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = \frac{\lambda_{p,red} - 0,055 * (3 + \psi)}{(\lambda_{p,red})^2} = 0,99$$

$$\text{Reduktionfaktor } \rho = \text{WENN} (\lambda_{p,red} > X_1; X_2; 1,0) = 0,99$$

Reduction of thickness due to web

$$t_{eff,1} = t * \rho = 2,48 \text{ m}$$

2. Distorsional buckling:

$$\lambda_{quer,Form} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,810$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{quer,Form} = 0,81$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{quer,Form} = 0,88$$

$$\text{Abschätzung } v = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} > 1,38 ; X_1; X_2) = 0,88$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d0} = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} < 0,65 ; 1; v) = 0,88$$

1. Iteration with real stress:

$$\sigma_{com,Ed,1} = \chi_{d0} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 28,00$$

$$\lambda_{p,red1} = \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed,1}}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,724$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,red1} = 0,91$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,red1} = 0,95$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} < 1,38 ; X_2; X_1) = 0,95$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d1} = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} > 0,65; X_3; 1) = 0,95$$

2. Iteration with real stress:

$$\sigma_{\text{com,Ed},2} = \chi_{d1} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 30,23$$

$$\lambda_{p,\text{red}2} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},2}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,752$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}2} = 0,88$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,\text{red}2} = 0,93$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}2} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 0,93$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d2} = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}2} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 0,93$$

3. Iteration with real stress:

$$\sigma_{\text{com,Ed},3} = \chi_{d2} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 29,59$$

$$\lambda_{p,\text{red}3} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},3}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,744$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}3} = 0,89$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,\text{red}3} = 0,93$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}3} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 0,93$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d3} = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}3} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 0,93$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_d = \text{MAX}(\chi_{d1}; \chi_{d2}; \chi_{d3}) = 0,95$$

Reduction of thickness due to flange

$$t_{\text{eff},2} = \text{MIN} \left(\chi_d * t * \frac{f_y}{\sigma_{\text{com,Ed}} * \gamma_{M0}} ; t \right) = 2,50 \text{ mm}$$

Full cross section

A	=	11,51 cm ²
W _y	=	27,58 cm ³
W _z	=	45,70 cm ³
I _y	=	197,23 cm ⁴
I _z	=	319,89 cm ⁴
i _y	=	4,14 cm
i _z	=	5,27 cm
Z ₀	=	11,21 cm
Y ₀	=	0,00 cm
r _y	=	-0,55 cm
r _z	=	0,00 cm
I _{w,M}	=	17923,60 cm ⁶
I _t	=	0,240 cm ⁴
Z _{s,0}	=	4,42 cm
Y _{s,0}	=	0,00 cm

Effective section properties

A _{eff,E}	=	11,42 cm ²
A _{eff}	= WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;A;A _{eff,E});A _{eff,E})	= 11,42 cm ²
W _{y,eff,E}	=	27,23 cm ³
W _{y,eff}	= WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _y ;W _{y,eff,E});W _{y,eff,E})	= 27,23 cm ³
W _{z,eff,E}	=	45,30 cm ³
W _{z,eff}	= WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _z ;W _{z,eff,E});W _{z,eff,E})	= 45,30 cm ³
Z _{s,0,eff,E}	=	4,41 cm
Z _{s,0,eff}	= WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;Z _{s,0} ;Z _{s,0,eff,E});Z _{s,0,eff,E})	= 4,41 cm
Y _{s,0,eff,E}	=	0,00 cm
Y _{s,0,eff}	= WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;Y _{s,0} ;Y _{s,0,eff,E});Y _{s,0,eff,E})	= 0,00 cm
Moving of section central line		
e _{Ny}	= ABS(Z _{s,0} -Z _{s,0,eff})	= 0,01 cm
e _{Nz}	= ABS(Y _{s,0} -Y _{s,0,eff})	= 0,00 cm

First level

Buckling length

$$\begin{aligned} s_{k,z} &= 223,0 \text{ cm} \\ s_{k,y} &= 146,0 \text{ cm} \\ s_{k,T} &= 0,70 \cdot s_{k,y} = 102 \text{ cm} \end{aligned}$$

Max. forces of section member

$$\begin{aligned} N_d &= 218,92 \text{ kN} \\ M_{y,d} &= 229,00 \text{ kNcm} \\ M_{z,d} &= 0,00 \text{ kNcm} \end{aligned}$$

Flexural buckling at weak axis

$$\begin{aligned} N_{cr,y} &= \frac{E \cdot I_y \cdot \pi^2}{2} = 1917,72 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,y} &= \sqrt{\frac{s_{k,y}}{A_{eff} \cdot f_y} \cdot N_{cr,y}} = 0,457 \\ \Phi &= 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,y} - 0,2) + \lambda_{quer,y}^2) = 0,648 \\ \chi_y &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,y}^2}}; 1,0\right) = 0,903 \\ N_{y,b,Rd} &= \frac{\chi_y \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{328,12 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Flexural buckling at strong axis

$$\begin{aligned} N_{cr,z} &= \frac{E \cdot I_z \cdot \pi^2}{2} = 1333,24 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,z} &= \sqrt{\frac{s_{k,z}}{A_{eff} \cdot f_y} \cdot N_{cr,z}} = 0,548 \\ \Phi &= 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,z} - 0,2) + \lambda_{quer,z}^2) = 0,709 \\ \chi_z &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,863 \\ N_{z,b,Rd} &= \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{313,58 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Torsional buckling

$$i_{0,quad} = i_y^2 + i_z^2 + z_0^2 + y_0^2 = 170,58 \text{ cm}^2$$

$$i_0 = \sqrt{i_{0,quad}} = 13,06 \text{ cm}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_{0,quad}} * \left(G * I_t + \frac{\pi^2 * E * I_{w,M}}{S_{k,T}^2} \right) = 2104,62 \text{ kN}$$

$$\beta_z = 1 - (z_0 / i_0)^2 = 0,263$$

$$N_{cr,FT,z} = \frac{N_{cr,z}}{2 * \beta_z} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} \right)^2 + 4 * \frac{z_0^2}{i_{0,quad}} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}}} \right) = 875,85 \text{ kN}$$

$$\beta_y = 1 - (y_0 / i_0)^2 = 1,000$$

$$N_{cr,FT,y} = \frac{N_{cr,y}}{2 * \beta_y} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 * \frac{y_0^2}{i_{0,quad}} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right) = 1917,72 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \text{MIN}(N_{cr,T}; N_{cr,FT,z}; N_{cr,FT,y}) = 875,85 \text{ kN}$$

$$\lambda_{T,quer} = \sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr}}} = 0,676$$

$$\Phi_T = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{T,quer} - 0,2) + \lambda_{T,quer}^2) = 0,809$$

$$\chi_T = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \lambda_{T,quer}^2}}; 1,0\right) = 0,798$$

$$N_{LT,b,Rd} = \frac{\chi_T * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 289,96 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \text{MIN}(N_{y,b,Rd}; N_{z,b,Rd}; N_{LT,b,Rd}) = 289,96 \text{ kN}$$

$$M_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_z} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} + \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right)^2} - \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right) \right) = 159550 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,y} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} * f_y}{M_{cr,y}}} = 0,077$$

$$\Phi_{LT,y} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,y} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,y}^2) = 0,482$$

$$\chi_{LT,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,y} + \sqrt{\Phi_{LT,y}^2 - \lambda_{LT,quer,y}^2}}; 1,0\right) = 1,000$$

$$M_{y,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,y} * W_{y,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 866,41 \text{ kNcm}$$

$$M_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_y} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_y} + \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right)^2} - \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right) \right) = 37557 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,z} = \sqrt{\frac{W_{z,eff} * f_y}{M_{cr,z}}} = 0,205$$

$$\Phi_{LT,z} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,z} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,z}^2) = 0,522$$

$$\chi_{LT,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,z} + \sqrt{\Phi_{LT,z}^2 - \lambda_{LT,quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,998$$

$$M_{z,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,z} * W_{z,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 1438,48 \text{ kNcm}$$

Äquiv. Momentenbeiwert C_{my} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mz} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mLT} =	1,00

$$k_{yy1} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,y} * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,065$$

$$k_{yy2} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,260$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; k_{yy2}) = \mathbf{1,065}$$

$$k_{zz1} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,z} * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,107$$

$$k_{zz2} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,277$$

$$k_{zz} = \text{MIN}(k_{zz1}; k_{zz2}) = \mathbf{1,107}$$

$$k_{yz} = k_{zz} = \mathbf{1,107}$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,05 * \lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,974$$

$$k_{zy2} = 1 - \frac{\lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,490$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; k_{zy2}) = \mathbf{0,974}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = \mathbf{1,04 \leq 1}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{zy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = \mathbf{1,01 \leq 1}$$

Second level

Buckling length

$$\begin{aligned} s_{k,z} &= 223,0 \text{ cm} \\ s_{k,y} &= 146,0 \text{ cm} \\ s_{k,T} &= 0,7 * s_{k,y} = 102 \text{ cm} \end{aligned}$$

Max. forces of section member

$$\begin{aligned} N_d &= 182,89 \text{ kN} \\ M_{y,d} &= 99,00 \text{ kNcm} \\ M_{z,d} &= 0,00 \text{ kNcm} \end{aligned}$$

Flexural buckling at weak axis

$$\begin{aligned} N_{cr,y} &= \frac{E * I_y * \pi^2}{2} = 1917,72 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,y} &= \frac{s_{k,y}}{\sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr,y}}}} = 0,457 \\ \Phi &= 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{quer,y} - 0,2) + \lambda_{quer,y}^2) = 0,648 \\ \chi_y &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,y}^2}}; 1,0\right) = 0,903 \\ N_{y,b,Rd} &= \frac{\chi_y * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{328,12 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Flexural buckling at strong axis

$$\begin{aligned} N_{cr,z} &= \frac{E * I_z * \pi^2}{2} = 1333,24 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,z} &= \frac{s_{k,z}}{\sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr,z}}}} = 0,548 \\ \Phi &= 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{quer,z} - 0,2) + \lambda_{quer,z}^2) = 0,709 \\ \chi_z &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,863 \\ N_{z,b,Rd} &= \frac{\chi_z * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{313,58 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Torsional buckling

$$i_{0,quad} = i_y^2 + i_z^2 + z_0^2 + y_0^2 = 170,58 \text{ cm}^2$$

$$i_0 = \sqrt{i_{0,quad}} = 13,06 \text{ cm}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_{0,quad}} * \left(G * I_t + \frac{\pi^2 * E * I_{w,M}}{s_{k,T}^2} \right) = 2104,62 \text{ kN}$$

$$\beta_z = 1 - (z_0 / i_0)^2 = 0,263$$

$$N_{cr,FT,z} = \frac{N_{cr,z}}{2 * \beta_z} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} \right)^2 + 4 * \frac{z_0^2}{i_{0,quad}} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}}} \right) = 875,85 \text{ kN}$$

$$\beta_y = 1 - (y_0 / i_0)^2 = 1,000$$

$$N_{cr,FT,y} = \frac{N_{cr,y}}{2 * \beta_y} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 * \frac{y_0^2}{i_{0,quad}} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right) = 1917,72 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \text{MIN}(N_{cr,T}; N_{cr,FT,z}; N_{cr,FT,y}) = 875,85 \text{ kN}$$

$$\lambda_{T,quer} = \sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr}}} = 0,676$$

$$\Phi_T = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{T,quer} - 0,2) + \lambda_{T,quer}^2) = 0,809$$

$$\chi_T = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \lambda_{T,quer}^2}}; 1,0\right) = 0,798$$

$$N_{LT,b,Rd} = \frac{\chi_T * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 289,96 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \text{MIN}(N_{y,b,Rd}; N_{z,b,Rd}; N_{LT,b,Rd}) = 289,96 \text{ kN}$$

$$M_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_z} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} + \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right)^2} - \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right) \right) = 159550 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,y} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} * f_y}{M_{cr,y}}} = 0,077$$

$$\Phi_{LT,y} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,y} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,y}^2) = 0,482$$

$$\chi_{LT,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,y} + \sqrt{\Phi_{LT,y}^2 - \lambda_{LT,quer,y}^2}}; 1,0\right) = 1,000$$

$$M_{y,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,y} * W_{y,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 866,41 \text{ kNcm}$$

$$M_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_y} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_y} + \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right)^2} - \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right) \right) = 37557 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,z} = \sqrt{\frac{W_{z,eff} * f_y}{M_{cr,z}}} = 0,205$$

$$\Phi_{LT,z} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,z} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,z}^2) = 0,522$$

$$\chi_{LT,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,z} + \sqrt{\Phi_{LT,z}^2 - \lambda_{LT,quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,998$$

$$M_{z,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,z} * W_{z,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 1438,48 \text{ kNcm}$$

Äquiv. Momentenbeiwert C_{my} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mz} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mLT} =	1,00

$$k_{yy1} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,y} * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,038$$

$$k_{yy2} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,201$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; k_{yy2}) = \mathbf{1,038}$$

$$k_{zz1} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,z} * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,073$$

$$k_{zz2} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,215$$

$$k_{zz} = \text{MIN}(k_{zz1}; k_{zz2}) = \mathbf{1,073}$$

$$k_{yz} = k_{zz} = \mathbf{1,073}$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,05 * \lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,979$$

$$k_{zy2} = 1 - \frac{\lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,574$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; k_{zy2}) = \mathbf{0,979}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = \mathbf{0,75 \leq 1}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{zy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = \mathbf{0,74 \leq 1}$$

splice between 2nd and 3rd part

max. uplift $N_{d,z} =$

7,08 kN

Placa de conexión puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD) sección inferior.

Placa de conexión $t=20.0$ [mm] (S 355).

Tornillo horizontal 2xM12 (8.8).

Tornillo Vertical 12xM10 (8.8).

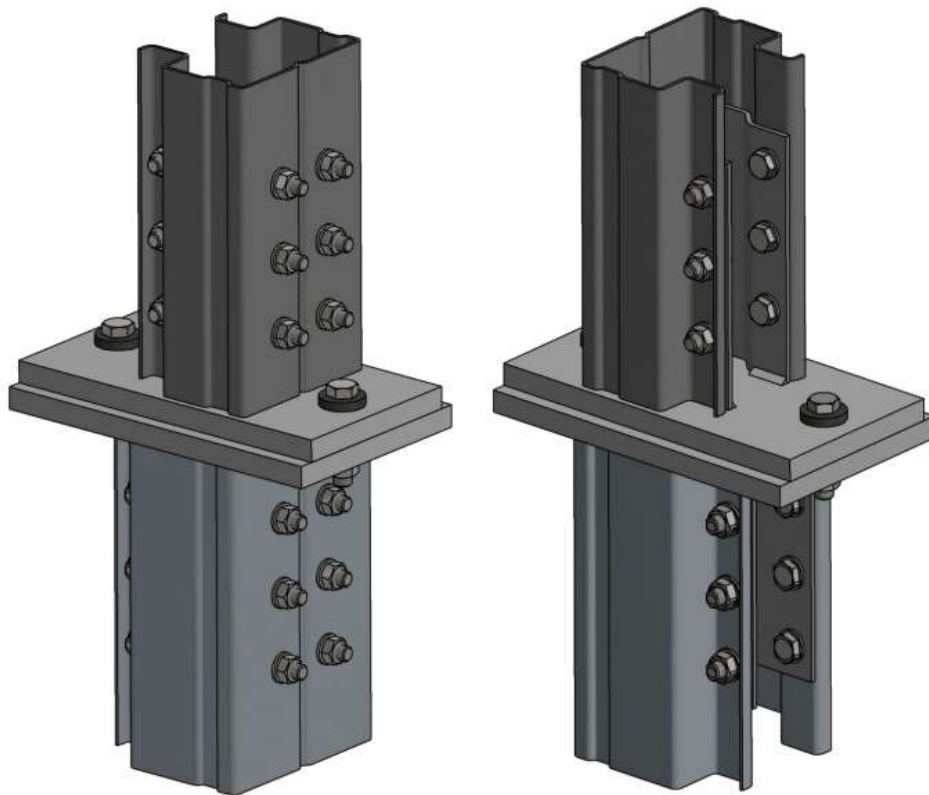


Figura 81: Diseño de la conexión para puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).

3.29.10 Revisión de la conexión para puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD).

Dimensions of the push plate:

l_u	=	240 mm
b_u	=	150 mm
t_u	=	15 mm

Bolts:

SR_u	=	2x M12-8.8
--------	---	------------

Load capacity:

$F_{t,Rd,u}$	=	70,00 kN
--------------	---	----------

Butt upper part

NSTGU	=	NSTG-3M12-15'
Stützenprofil	=	140/120/...

Dimensions of the push plate:

l_o	=	240 mm
b_o	=	150 mm
t_o	=	15 mm

Bolts:

SR_o	=	2x M12-8.8
--------	---	------------

Load capacity:

$F_{t,Rd,o}$	=	70,00 kN
--------------	---	----------

plausibility check:

$P =$	WENN($SR_u=SR_o$;"OK";"Nicht möglich!")	=	OK
-------	---	---	----

$F_{t,Rd} =$	$MIN(F_{t,Rd,u}; F_{t,Rd,o})$	=	70,00 kN
--------------	-------------------------------	---	----------

$\frac{N_{d,z}}{F_{t,Rd}}$	=	0,06 < 1
----------------------------	---	--------------------

3.29.11 Reducción de sección para 4to tramo de puntales.



Figura 82: Reducción de sección puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).

3.29.12 Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).

Sectional Forces RC3:

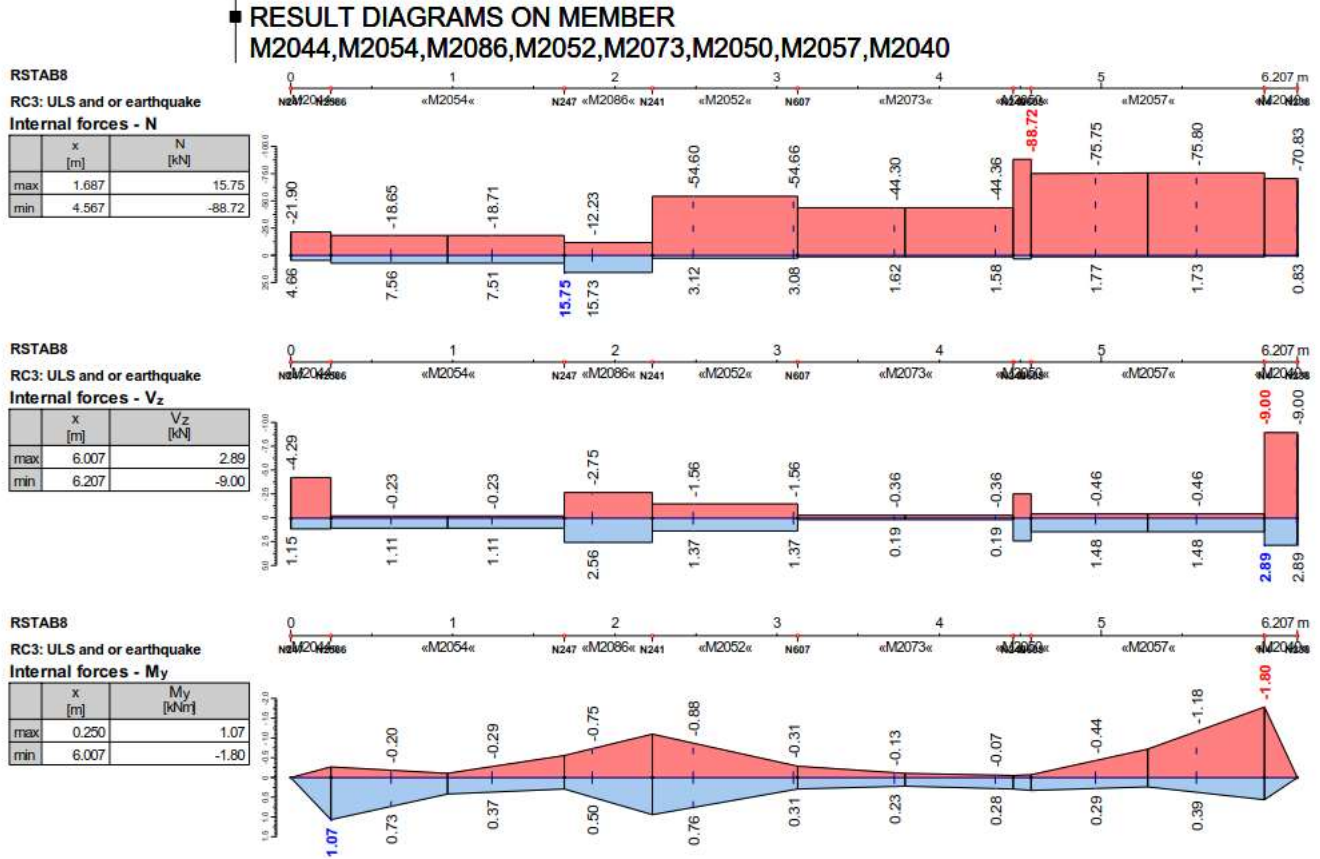
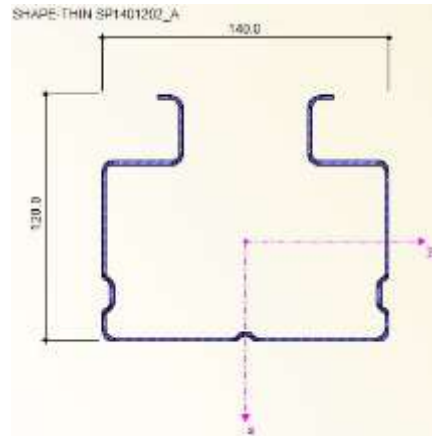


Figura 83: Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).

Sección Transversal.

SP 140/120/2.0 (S 350 GD).

3.29.13 Propiedades mecánicas puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).



CROSS-SECTION PROPERTIES

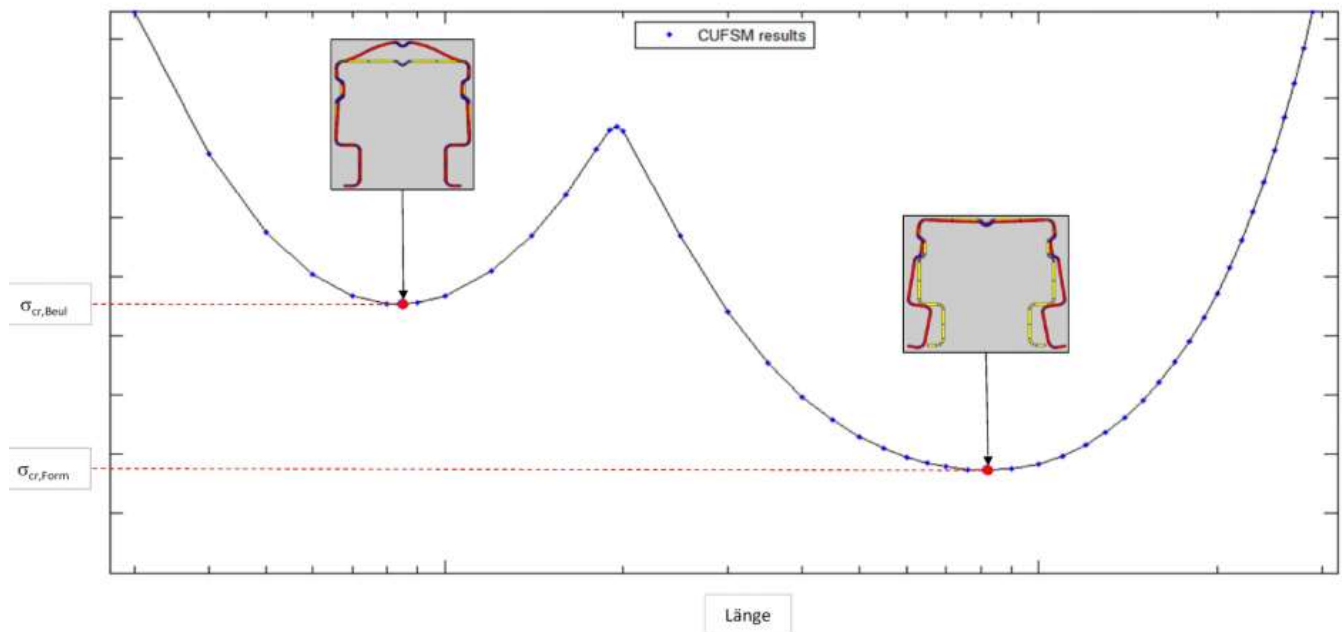
SHAPE-THIN SP1401202 A

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Cross-sectional area	A	928.9	mm ²
Shear area	A _u	146.1	mm ²
Shear area	A _v	302.0	mm ²
Location of the center of gravity	y _s	0.0	mm
Location of the center of gravity	z _s	-44.6	mm
Moment of inertia	I _y	1609790.0	mm ⁴
Moment of inertia	I _z	2599450.0	mm ⁴
Moment of inertia	I _{yz}	-0.1	mm ⁴
Angle of principal axis	α	0.00	°
Moment of inertia about the principal axis	I _u	1609790.0	mm ⁴
Moment of inertia about the principal axis	I _v	2599450.0	mm ⁴
Polar moment of inertia	I _p	4209240.0	mm ⁴
Polar moment of inertia	I _{p,M}	1.605E+07	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	41.6	mm
Governing radius of gyration	r _z	52.9	mm
Governing radius of gyration	r _{yz}	0.0	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _u	41.6	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _v	52.9	mm
Polar radius of gyration	r _o	67.3	mm
Polar radius of gyration	r _{p,M}	131.5	mm
Warping radius of gyration	r _{w,M}	30.5	mm
Weight	wt	7.3	kg/m
Surface	A _{surf}	1.043	m ² /m
Torsional constant	J	1235.1	mm ⁴
Torsional constant, St. Venant portion	J _{StVen}	1235.1	mm ⁴
Torsional constant, Bredt portion	J _{Bredt}	0.0	mm ⁴
Torsional section modulus	S _t	0.0	mm ³
Distance from the shear center to the center of gravity	y _M	0.0	mm
Distance from the shear center to the center of gravity	z _M	112.9	mm
Warping constant referring to M	C _w	1.494E+10	mm ⁶
Fade factor	λ	0.000178	1/mm
Elastic section modulus	S _{y,max}	33112.8	mm ³
Elastic section modulus	S _{y,min}	-22550.9	mm ³
Elastic section modulus	S _{z,max}	37135.0	mm ³
Elastic section modulus	S _{z,min}	-37135.0	mm ³
Warping section modulus	W _{w,max}	1913400.0	mm ⁴
Warping section modulus	W _{w,min}	-1.91E+06	mm ⁴
Statical moment of area	Q _{u,max}	8857.0	mm ³
Statical moment of area	Q _{v,max}	22802.1	mm ³
Normalized warping constant	W _{no}	7806.5	mm ²
Warping statical moment	Q _w	895208.0	mm ⁴
Stability parameter according to Kindem	r _{y,Kindem}	-5.0	mm
Stability parameter	r _{M,y}	0.0	mm
Stability parameter according to Kindem	r _{z,Kindem}	0.0	mm
Stability parameter	r _{M,z}	0.0	mm
Plastic section modulus	Z _{y,max}	35406.6	mm ³
Plastic section modulus	Z _{z,max}	45604.2	mm ³
Plastic shape factor	Z _{u,max} /S _u	1.570	
Plastic shape factor	Z _{v,max} /S _v	1.228	

3.29.14 Comprobación matemática puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).

Analysis of flexural and torsional buckling

Profil	=	SP1401202_A
Stahl	=	S350GD
Knicklinie	=	b
γ_{M0}	=	1,10
γ_{M1}	=	1,10
f_y	=	35,0 kN/cm ²
E	=	21000 kN/cm ²
G	=	8100 kN/cm ²
α	=	0,34
t	=	2,00 mm



$\sigma_{cr,Beul}$	=	40,32 kN/cm ²
$\sigma_{cr,Form}$	=	41,91 kN/cm ²

max. stress at section member:

$\sigma_{com,Ed}$	=	14,14 kN/cm ²
-------------------	---	--------------------------

1. Section reduction due to stiffened web

$$\lambda_{p,red} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Beul}}} * \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed} * \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,621$$

$$\text{Spannungsverhältnis } \psi = 1,00$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 * \psi} = 0,67$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = \frac{\lambda_{p,red} - 0,055 * (3 + \psi)}{(\lambda_{p,red})^2} = 1,04$$

$$\text{Reduktionfaktor } \rho = \text{WENN} (\lambda_{p,red} > X_1; X_2; 1,0) = 1,00$$

Reduction of thickness due to web

$$t_{eff,1} = t * \rho = \underline{\underline{2,00 \text{ mm}}}$$

2. Section reduction due to unstiffened flange:

$$\lambda_{quer,Form} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,914$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{quer,Form} = 0,72$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{quer,Form} = 0,81$$

$$\text{Abschätzung } v = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} > 1,38; X_1; X_2) = 0,81$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d0} = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} < 0,65; 1; v) = 0,81$$

1. Iteration with real stress:

$$\sigma_{com,Ed,1} = \chi_{d0} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 25,77$$

$$\lambda_{p,red1} = \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed,1}}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,784$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,red1} = 0,84$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,red1} = 0,90$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} < 1,38; X_2; X_1) = 0,90$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d1} = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} > 0,65; X_3; 1) = 0,90$$

2. Iteration with real stress:

$$\sigma_{\text{com,Ed},2} = \chi_{d1} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 28,64$$

$$\lambda_{p,\text{red}2} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},2}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,827$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}2} = 0,80$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,\text{red}2} = 0,87$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}2} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 0,87$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_{d2} = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}2} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 0,87$$

3. Iteration with real stress:

$$\sigma_{\text{com,Ed},3} = \chi_{d2} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 27,68$$

$$\lambda_{p,\text{red}3} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},3}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,813$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}3} = 0,81$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,\text{red}3} = 0,88$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}3} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 0,88$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_{d3} = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}3} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 0,88$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_d = \text{MAX}(\chi_{d1}; \chi_{d2}; \chi_{d3}) = 0,90$$

Reduction of thickness due to flange

$$t_{\text{eff},2} = \text{MIN} \left(\chi_d * t * \frac{f_y}{\sigma_{\text{com,Ed}} * \gamma_{M0}} ; t \right) = 2,00 \text{ mm}$$

Full cross section

A	=	9,29 cm ²
W _y	=	22,55 cm ³
W _z	=	37,13 cm ³
I _y	=	160,98 cm ⁴
I _z	=	259,94 cm ⁴
i _y	=	4,16 cm
i _z	=	5,29 cm
Z ₀	=	11,29 cm
Y ₀	=	0,00 cm
r _y	=	-0,50 cm
r _z	=	0,00 cm
I _{w,M}	=	14937,00 cm ⁶
I _t	=	0,124 cm ⁴
Z _{s,0}	=	4,46 cm
Y _{s,0}	=	0,00 cm

Effective section properties

A _{eff,E}	=	0,00 cm ²
A _{eff}	=	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;A;A _{eff,E});A _{eff,E}) = 9,29 cm ²
W _{y,eff,E}	=	0,00 cm ³
W _{y,eff}	=	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _y ;W _{y,eff,E});W _{y,eff,E}) = 22,55 cm ³
W _{z,eff,E}	=	0,00 cm ³
W _{z,eff}	=	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _z ;W _{z,eff,E});W _{z,eff,E}) = 37,13 cm ³
Z _{s,0,eff,E}	=	4,44 cm
Z _{s,0,eff}	=	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;Z _{s,0} ;Z _{s,0,eff,E});Z _{s,0,eff,E}) = 4,46 cm
Y _{s,0,eff,E}	=	0,00 cm
Y _{s,0,eff}	=	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;Y _{s,0} ;Y _{s,0,eff,E});Y _{s,0,eff,E}) = 0,00 cm
Moving of section central line		
e _{Ny}	=	ABS(Z _{s,0} -Z _{s,0,eff}) = 0,00 cm
e _{Nz}	=	ABS(Y _{s,0} -Y _{s,0,eff}) = 0,00 cm

First level

Geometry

$$\begin{aligned} s_{k,z} &= 223,0 \text{ cm} \\ s_{k,y} &= 144,0 \text{ cm} \\ s_{k,T} &= 0,70 * s_{k,y} = 101 \text{ cm} \end{aligned}$$

Max. forces of section member

$$\begin{aligned} N_d &= 88,72 \text{ kN} \\ M_{y,d} &= 203,00 \text{ kNcm} \\ M_{z,d} &= 0,00 \text{ kNcm} \end{aligned}$$

Flexural buckling at weak axis

$$\begin{aligned} N_{cr,y} &= \frac{E * I_y * \pi^2}{2} = 1609,03 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,y} &= \sqrt{\frac{s_{k,y}}{A_{eff} * f_y} * N_{cr,y}} = 0,450 \\ \Phi &= 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{quer,y} - 0,2) + \lambda_{quer,y}^2) = 0,644 \\ \chi_y &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,y}^2}}; 1,0\right) = 0,905 \\ N_{y,b,Rd} &= \frac{\chi_y * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{267,51 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Flexural buckling at strong axis

$$\begin{aligned} N_{cr,z} &= \frac{E * I_z * \pi^2}{2} = 1083,38 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,z} &= \sqrt{\frac{s_{k,z}}{A_{eff} * f_y} * N_{cr,z}} = 0,548 \\ \Phi &= 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{quer,z} - 0,2) + \lambda_{quer,z}^2) = 0,709 \\ \chi_z &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,863 \\ N_{z,b,Rd} &= \frac{\chi_z * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{255,09 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Torsional buckling

$$i_{0,quad} = i_y^2 + i_z^2 + z_0^2 + y_0^2 = 172,75 \text{ cm}^2$$

$$i_0 = \sqrt{i_{0,quad}} = 13,14 \text{ cm}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_{0,quad}} * \left(G * I_t + \frac{\pi^2 * E * I_{w,M}}{s_{k,T}^2} \right) = 1762,61 \text{ kN}$$

$$\beta_z = 1 - (z_0 / i_0)^2 = 0,262$$

$$N_{cr,FT,z} = \frac{N_{cr,z}}{2 * \beta_z} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} \right)^2 + 4 * \frac{z_0^2}{i_{0,quad}} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}}} \right) = 718,93 \text{ kN}$$

$$\beta_y = 1 - (y_0 / i_0)^2 = 1,000$$

$$N_{cr,FT,y} = \frac{N_{cr,y}}{2 * \beta_y} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 * \frac{y_0^2}{i_{0,quad}} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right) = 1609,03 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \text{MIN}(N_{cr,T}; N_{cr,FT,z}; N_{cr,FT,y}) = 718,93 \text{ kN}$$

$$\lambda_{T,quer} = \sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr}}} = 0,673$$

$$\Phi_T = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{T,quer} - 0,2) + \lambda_{T,quer}^2) = 0,807$$

$$\chi_T = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \lambda_{T,quer}^2}}; 1,0\right) = 0,799$$

$$N_{LT,b,Rd} = \frac{\chi_T * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 236,18 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \text{MIN}(N_{y,b,Rd}; N_{z,b,Rd}; N_{LT,b,Rd}) = 236,18 \text{ kN}$$

Nachweis der Gesamtstabilität

$$M_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_z} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} + \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right)^2} - \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right) \right) = 133097 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,y} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} * f_y}{M_{cr,y}}} = 0,077$$

$$\Phi_{LT,y} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,y} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,y}^2) = 0,482$$

$$\chi_{LT,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,y} + \sqrt{\Phi_{LT,y}^2 - \lambda_{LT,quer,y}^2}}; 1,0\right) = 1,000$$

$$M_{y,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,y} * W_{y,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 717,50 \text{ kNcm}$$

$$M_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_y} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_y} + \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right)^2} - \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right) \right) = 31558 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,z} = \sqrt{\frac{W_{z,eff} * f_y}{M_{cr,z}}} = 0,203$$

$$\Phi_{LT,z} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,z} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,z}^2) = 0,521$$

$$\chi_{LT,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,z} + \sqrt{\Phi_{LT,z}^2 - \lambda_{LT,quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,999$$

$$M_{z,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,z} * W_{z,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 1180,23 \text{ kNcm}$$

Äquiv. Momentenbeiwert C_{my} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mz} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mLT} =	1,00

$$k_{yy1} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,y} * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 0,981$$

$$k_{yy2} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,079$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; k_{yy2}) = \mathbf{0,981}$$

$$k_{zz1} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,z} * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,003$$

$$k_{zz2} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,088$$

$$k_{zz} = \text{MIN}(k_{zz1}; k_{zz2}) = \mathbf{1,003}$$

$$k_{yz} = k_{zz} = \mathbf{1,003}$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,05 * \lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,987$$

$$k_{zy2} = 1 - \frac{\lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,746$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; k_{zy2}) = \mathbf{0,987}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = \mathbf{0,65 \leq 1}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{zy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = \mathbf{0,65 \leq 1}$$

Connection of the 4th Upright part to the bottom chord of the roof structure:

max. uplift $N_{d,z} =$ 37,17 kN

max. horiz. $V_{d,z} =$ 4,79 kN

Placa de conexión puntales SP 140/120/2.5 (S 350 GD) sección inferior.

Placa de conexión $t=10.0$ [mm] (S 355).

Soldadura $a_w= 3.0$ [mm]

Tornillo 4xM10 (8.8).

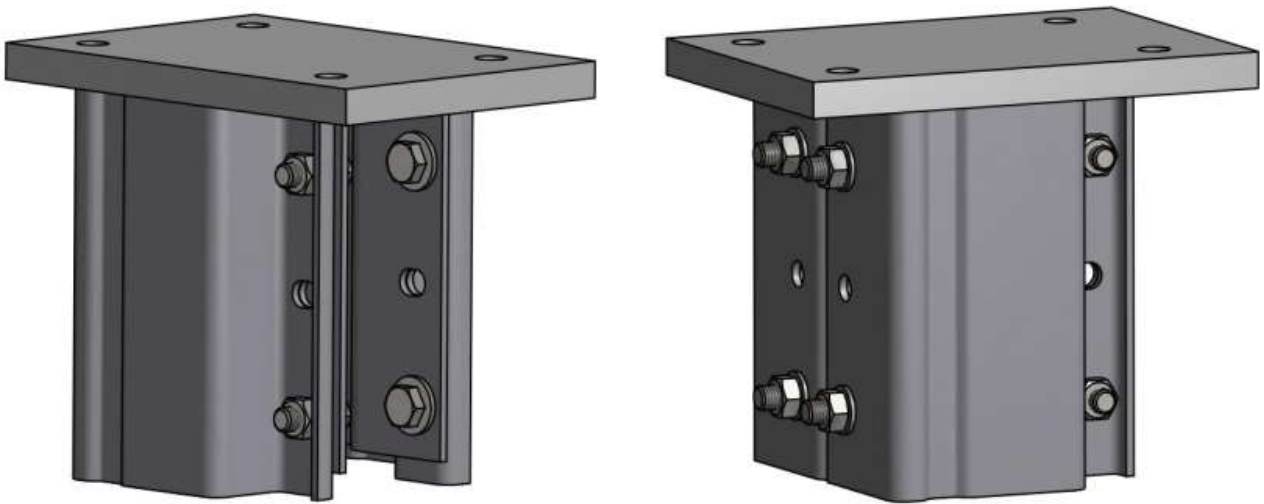


Figura 84: Diseño de la conexión para puntales con multi panel de techo.

3.29.15 Revisión de la conexión para puntales con multi panel de techo.

Tensile-resistens

Safety factor:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Bolts:

$$\text{Schr} = \text{M 10}$$

$$\text{FK} = 8,8$$

$$\text{Anzahl } n = 4$$

$$\Delta d = 1,00 \text{ mm}$$

$$\text{Schafthd. } d = 10,00 \text{ mm}$$

$$\text{Lochd. } d_0 = d + \Delta d = 11,00 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Spannungsq. } A_s = 58,0 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_v = \text{WENN}(\text{FK}="10.9"; 0,5; 0,6) = 0,60$$

$$\text{Beiwert } k_{LS} = \text{WENN}(d/\Delta d < 8; 0,85; 1,0) = 1,00$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS} \cdot 10^{-3} = 89,09 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 133,63 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{d,z}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{d,z}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,25 < 1$$

Schr	=	M 10
FK	=	8.8
Anzahl n =		8
$\Delta d =$		0,50 mm
f_u	=	420,0 N/mm ²
f_{ub}	=	800,0 N/mm ²
Spannungsq. A_s	=	58,0 mm ²
Schaftd. d	=	10,00 mm
Lochd. $d_0 =$	$d + \Delta d$	= 10,50 mm
$\alpha_v =$	WENN(FK="10.9";0,5;0,6)	= 0,60
Beiwert $k_{LS1} =$	WENN(d/ $\Delta d < 8$;0,85;1,0)	= 1,00
Beiwert $k_{LS2} =$	WENN(d/ $\Delta d < 8$;0,8;1,0)	= 1,00
$F_{v,Rd} =$	$n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS1} \cdot 10^{-3}$	= 178,18 kN
$\frac{N_{d,z}}{F_{v,Rd}}$		= 0,21 < 1
Randabstand $e_1 =$		32,00 mm
Randabstand $e_2 =$		20,00 mm
Schraubenabstand $p_1 =$		100,00 mm
Schraubenabstand $p_2 =$		50,00 mm
Anwendungsgrenzen:		
e_1/d_0		= 3,05 \geq 1,2
e_2/d_0		= 1,90 \geq 1,2
p_1/d_0		= 9,52 \geq 2,2
p_2/d_0		= 4,76 \geq 2,4
$\alpha_b =$	$\text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right)$	= 1,00
$k_1 =$	$\text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$	= 2,50
$F_{b,Rd} =$	$n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS2} \cdot 10^{-3}$	= 134,40 kN
$\frac{N_{d,z}}{F_{b,Rd}}$		= 0,28 < 1

3.29.16 Puntales para fachada.

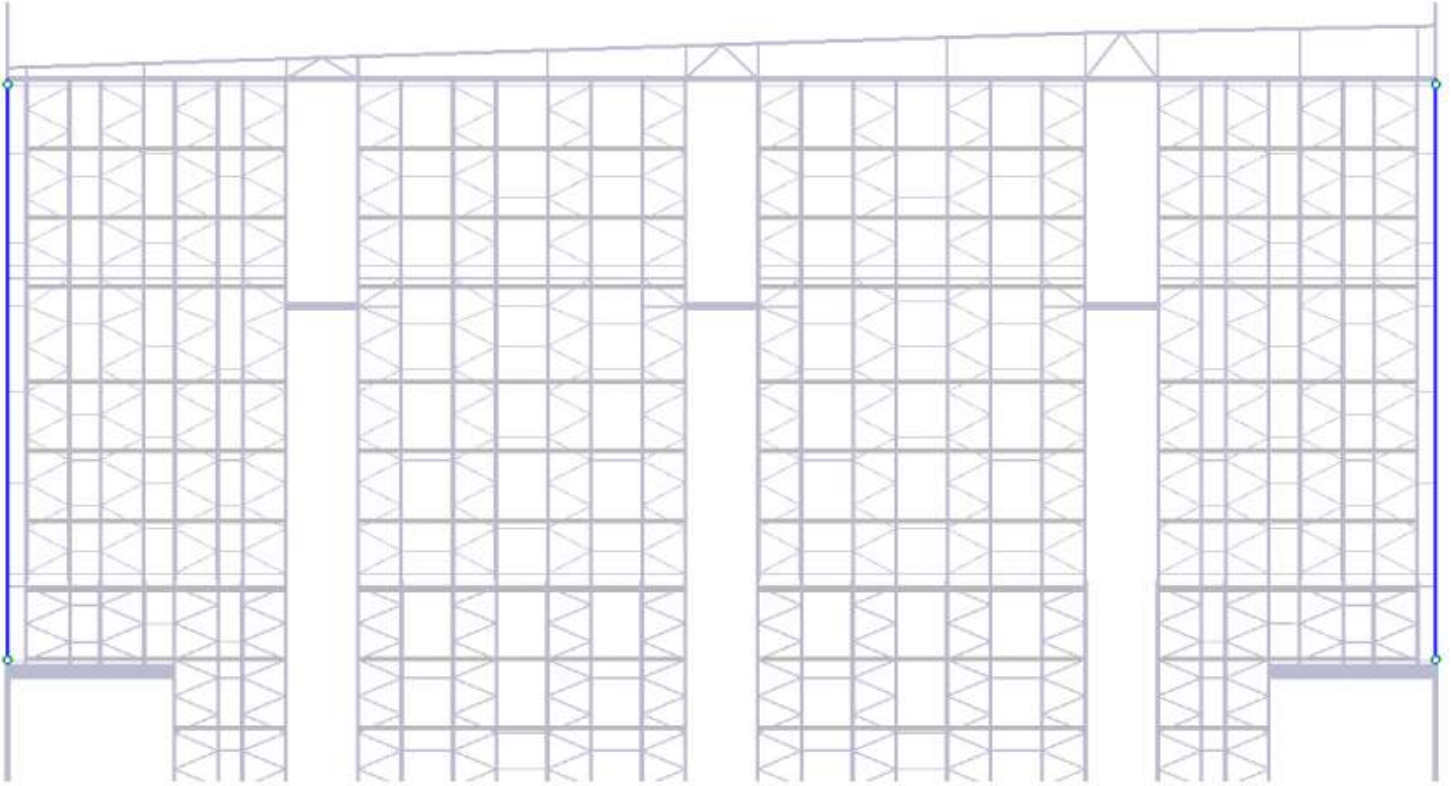


Figura 85: Revisión de puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD) para fachada.

3.29.17 Diagramas de resultados Puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).

Sectional Forces RC3:

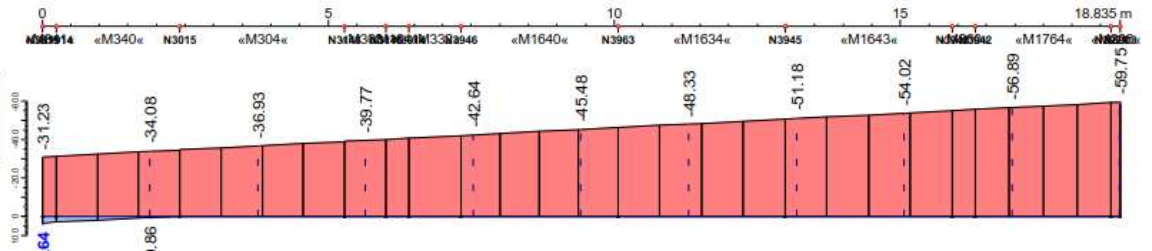
RESULT DIAGRAMS ON MEMBER M341,M340,M304,M303,M1641,M332,M1640,M1634,M1643,M260,M1764,M206

RSTAB8

RC3: ULS and or earthquake

Internal forces - N

	x [m]	N [kN]
max	0.000	3.64
min	18.835	-59.75

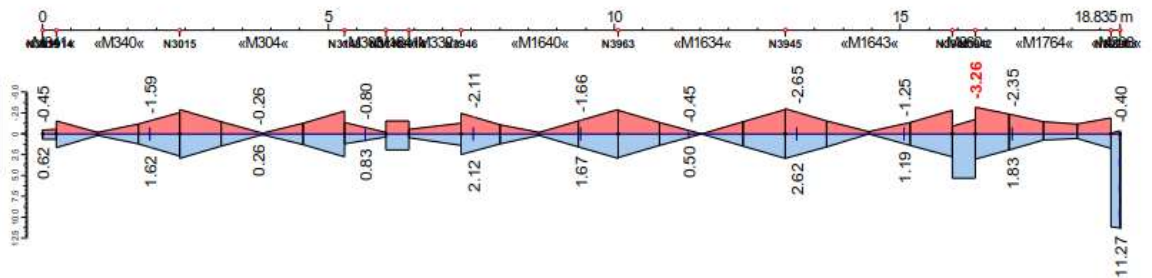


RSTAB8

RC3: ULS and or earthquake

Internal forces - Vz

	x [m]	Vz [kN]
max	18.835	11.27
min	16.902	-3.26

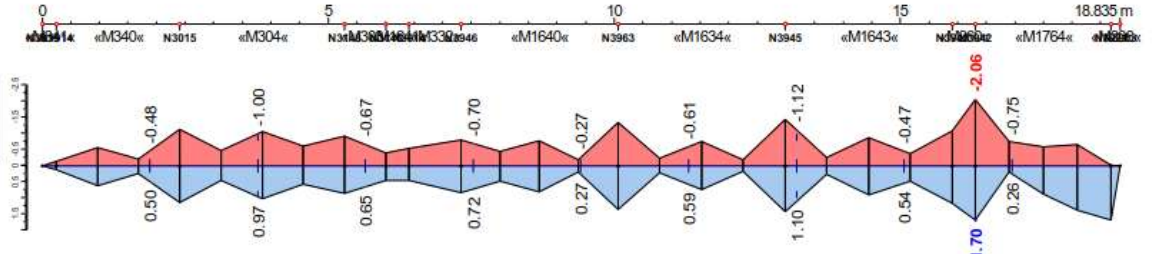


RSTAB8

RC3: ULS and or earthquake

Internal forces - My

	x [m]	My [kNm]
max	16.307	1.70
min	16.307	-2.06



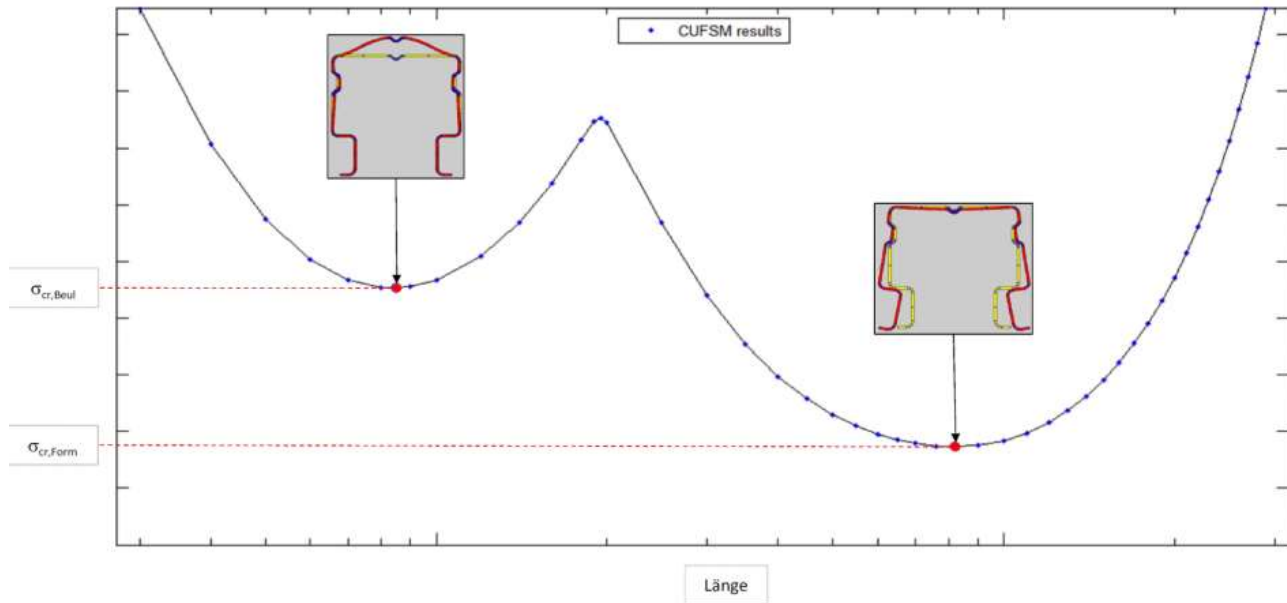
Sección Transversal.

SP 140/120/2.0 (S 350 GD).

3.29.18 Comprobación matemática puntales SP 140/120/2.0 (S 350 GD).

Analysis of flexural and torsional buckling

Profil	=	SP1401202_A
Stahl	=	S350GD
Knicklinie	=	b
γ_{M0}	=	1,10
γ_{M1}	=	1,10
f_y	=	35,0 kN/cm ²
E	=	21000 kN/cm ²
G	=	8100 kN/cm ²
α	=	0,34
t	=	2,00 mm



$\sigma_{cr,Beul}$	=	40,32 kN/cm ²
$\sigma_{cr,Form}$	=	41,91 kN/cm ²

max. stress at section member:

$\sigma_{com,Ed}$	=	13,81 kN/cm ²
-------------------	---	--------------------------

1. Section reduction due to stiffened web

$$\lambda_{p,red} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Beul}}} * \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed} * \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,614$$

$$\text{Spannungsverhältnis } \psi = 1,00$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 * \psi} = 0,67$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = \frac{\lambda_{p,red} - 0,055 * (3 + \psi)}{(\lambda_{p,red})^2} = 1,05$$

$$\text{Reduktionfaktor } \rho = \text{WENN} (\lambda_{p,red} > X_1; X_2; 1,0) = 1,00$$

Reduction of thickness due to web

$$t_{eff,1} = t * \rho = \underline{\underline{2,00 \text{ mm}}}$$

2. Section reduction due to unstiffened flange:

$$\lambda_{quer,Form} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,914$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{quer,Form} = 0,72$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{quer,Form} = 0,81$$

$$\text{Abschätzung } v = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} > 1,38; X_1; X_2) = 0,81$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d0} = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} < 0,65; 1; v) = 0,81$$

1. Iteration with real stress:

$$\sigma_{com,Ed,1} = \chi_{d0} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 25,77$$

$$\lambda_{p,red1} = \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed,1}}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,784$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,red1} = 0,84$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,red1} = 0,90$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} < 1,38; X_2; X_1) = 0,90$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d1} = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} > 0,65; X_3; 1) = 0,90$$

2. Iteration with real stress:

$$\sigma_{\text{com,Ed,2}} = \chi_{d1} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 28,64$$

$$\lambda_{p,\text{red2}} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed,2}}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,827$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red2}} = 0,80$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,\text{red2}} = 0,87$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red2}} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 0,87$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d2} = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red2}} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 0,87$$

3. Iteration with real stress:

$$\sigma_{\text{com,Ed,3}} = \chi_{d2} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 27,68$$

$$\lambda_{p,\text{red3}} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed,3}}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,813$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red3}} = 0,81$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,\text{red3}} = 0,88$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red3}} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 0,88$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d3} = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red3}} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 0,88$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_d = \text{MAX}(\chi_{d1}; \chi_{d2}; \chi_{d3}) = 0,90$$

Reduction of thickness due to flange

$$t_{\text{eff,2}} = \text{MIN} \left(\chi_d * t * \frac{f_y}{\sigma_{\text{com,Ed}} * \gamma_{M0}} ; t \right) = 2,00 \text{ mm}$$

Full cross section

A	=	9,29 cm ²
W _y	=	22,55 cm ³
W _z	=	37,13 cm ³
I _y	=	160,98 cm ⁴
I _z	=	259,94 cm ⁴
i _y	=	4,16 cm
i _z	=	5,29 cm
z ₀	=	11,29 cm
y ₀	=	0,00 cm
r _y	=	-0,50 cm
r _z	=	0,00 cm
I _{w,M}	=	14937,00 cm ⁶
I _t	=	0,124 cm ⁴
z _{s,0}	=	4,46 cm
y _{s,0}	=	0,00 cm

Effective section properties

A _{eff,E} =		=	0,00 cm ²
A _{eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;A;A _{eff,E});A _{eff,E})	=	9,29 cm ²
W _{y,eff,E} =		=	0,00 cm ³
W _{y,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _y ;W _{y,eff,E});W _{y,eff,E})	=	22,55 cm ³
W _{z,eff,E} =		=	0,00 cm ³
W _{z,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _z ;W _{z,eff,E});W _{z,eff,E})	=	37,13 cm ³
z _{s,0,eff,E} =		=	4,44 cm
z _{s,0,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;z _{s,0} ;z _{s,0,eff,E});z _{s,0,eff,E})	=	4,46 cm
y _{s,0,eff,E} =		=	0,00 cm
y _{s,0,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;y _{s,0} ;y _{s,0,eff,E});y _{s,0,eff,E})	=	0,00 cm
Moving of section central line			
e _{Ny} =	ABS(z _{s,0} -z _{s,0,eff})	=	0,00 cm
e _{Nz} =	ABS(y _{s,0} -y _{s,0,eff})	=	0,00 cm

First level

Geometry

$$\begin{aligned} S_{k,z} &= 290,0 \text{ cm} \\ S_{k,y} &= 290,0 \text{ cm} \\ S_{k,T} &= 1,00 \cdot S_{k,y} = 290 \text{ cm} \end{aligned}$$

Max. forces of section member

$$\begin{aligned} N_d &= 59,75 \text{ kN} \\ M_{y,d} &= 290,00 \text{ kNcm} \\ M_{z,d} &= 0,00 \text{ kNcm} \end{aligned}$$

Flexural buckling at weak axis

$$\begin{aligned} N_{cr,y} &= \frac{E \cdot I_y \cdot \pi^2}{2} = 396,73 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,y} &= \sqrt{\frac{S_{k,y}}{A_{eff} \cdot f_y}} = 0,905 \\ \Phi &= 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,y} - 0,2) + \lambda_{quer,y}^2) = 1,029 \\ \chi_y &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,y}^2}}; 1,0\right) = 0,658 \\ N_{y,b,Rd} &= \frac{\chi_y \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{194,50 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Flexural buckling at strong axis

$$\begin{aligned} N_{cr,z} &= \frac{E \cdot I_z \cdot \pi^2}{2} = 640,61 \text{ kN} \\ \lambda_{quer,z} &= \sqrt{\frac{S_{k,z}}{A_{eff} \cdot f_y}} = 0,712 \\ \Phi &= 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,z} - 0,2) + \lambda_{quer,z}^2) = 0,841 \\ \chi_z &= \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,776 \\ N_{z,b,Rd} &= \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{229,38 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Torsional buckling

$$i_{0,quad} = \sqrt{i_y^2 + i_z^2 + z_0^2 + y_0^2} = 172,75 \text{ cm}^2$$

$$i_0 = \sqrt{i_{0,quad}} = 13,14 \text{ cm}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_{0,quad}} * \left(G * I_t + \frac{\pi^2 * E * I_{w,M}}{s_{k,T}^2} \right) = 218,91 \text{ kN}$$

$$\beta_z = 1 - (z_0 / i_0)^2 = 0,262$$

$$N_{cr,FT,z} = \frac{N_{cr,z}}{2 * \beta_z} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} \right)^2 + 4 * \frac{z_0^2}{i_{0,quad}^2} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}}} \right) = 172,30 \text{ kN}$$

$$\beta_y = 1 - (y_0 / i_0)^2 = 1,000$$

$$N_{cr,FT,y} = \frac{N_{cr,y}}{2 * \beta_y} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 * \frac{y_0^2}{i_{0,quad}^2} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right) = 218,91 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \text{MIN}(N_{cr,T}; N_{cr,FT,z}; N_{cr,FT,y}) = 172,30 \text{ kN}$$

$$\lambda_{T,quer} = \sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr}}} = 1,374$$

$$\Phi_T = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{T,quer} - 0,2) + \lambda_{T,quer}^2) = 1,644$$

$$\chi_T = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \lambda_{T,quer}^2}}; 1,0\right) = 0,393$$

$$N_{LT,b,Rd} = \frac{\chi_T * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 116,17 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \text{MIN}(N_{y,b,Rd}; N_{z,b,Rd}; N_{LT,b,Rd}) = 116,17 \text{ kN}$$

Nachweis der Gesamtstabilität

$$M_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_z} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} + \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right)^2} - \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right) \right) = 16176 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,y} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} * f_y}{M_{cr,y}}} = 0,221$$

$$\Phi_{LT,y} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,y} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,y}^2) = 0,528$$

$$\chi_{LT,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,y} + \sqrt{\Phi_{LT,y}^2 - \lambda_{LT,quer,y}^2}}; 1,0\right) = 0,993$$

$$M_{y,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,y} * W_{y,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 712,48 \text{ kNcm}$$

$$M_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_y} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_y} + \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right)^2} - \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right) \right) = 3873 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,z} = \sqrt{\frac{W_{z,eff} * f_y}{M_{cr,z}}} = 0,579$$

$$\Phi_{LT,z} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,z} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,z}^2) = 0,732$$

$$\chi_{LT,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,z} + \sqrt{\Phi_{LT,z}^2 - \lambda_{LT,quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,848$$

$$M_{z,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,z} * W_{z,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 1001,83 \text{ kNcm}$$

Äquiv. Momentenbeiwert C_{my} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mz} =	0,90
Äquiv. Momentenbeiwert C_{mLT} =	1,00

$$k_{yy1} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,y} * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,050$$

$$k_{yy2} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,066$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; k_{yy2}) = \mathbf{1,050}$$

$$k_{zz1} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,z} * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,000$$

$$k_{zz2} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,041$$

$$k_{zz} = \text{MIN}(k_{zz1}; k_{zz2}) = \mathbf{1,000}$$

$$k_{yz} = k_{zz} = \mathbf{1,000}$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,05 * \lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,988$$

$$k_{zy2} = 1 - \frac{\lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,753$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; k_{zy2}) = \mathbf{0,988}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = \mathbf{0,82 \leq 1}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{zy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = \mathbf{0,80 \leq 1}$$

3.30 Diagonales marcos interiores primero y segundo nivel.

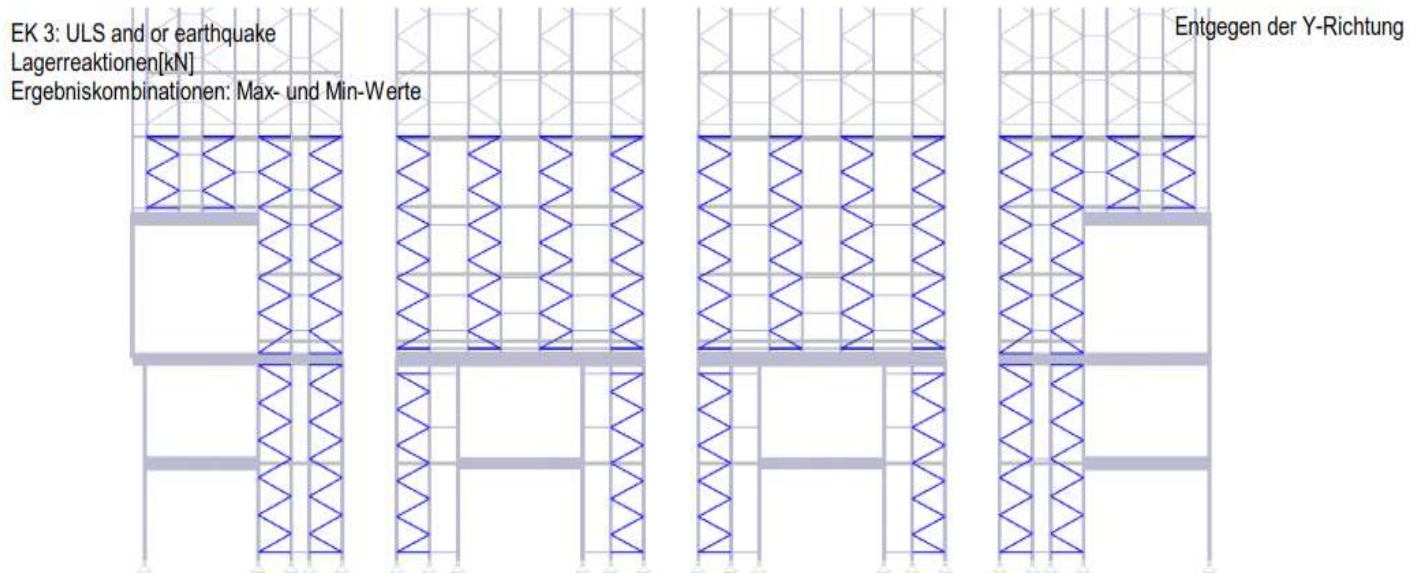


Figura 86: Diagonales marcos interiores primero y segundo nivel.

Sectional Forces RC3:

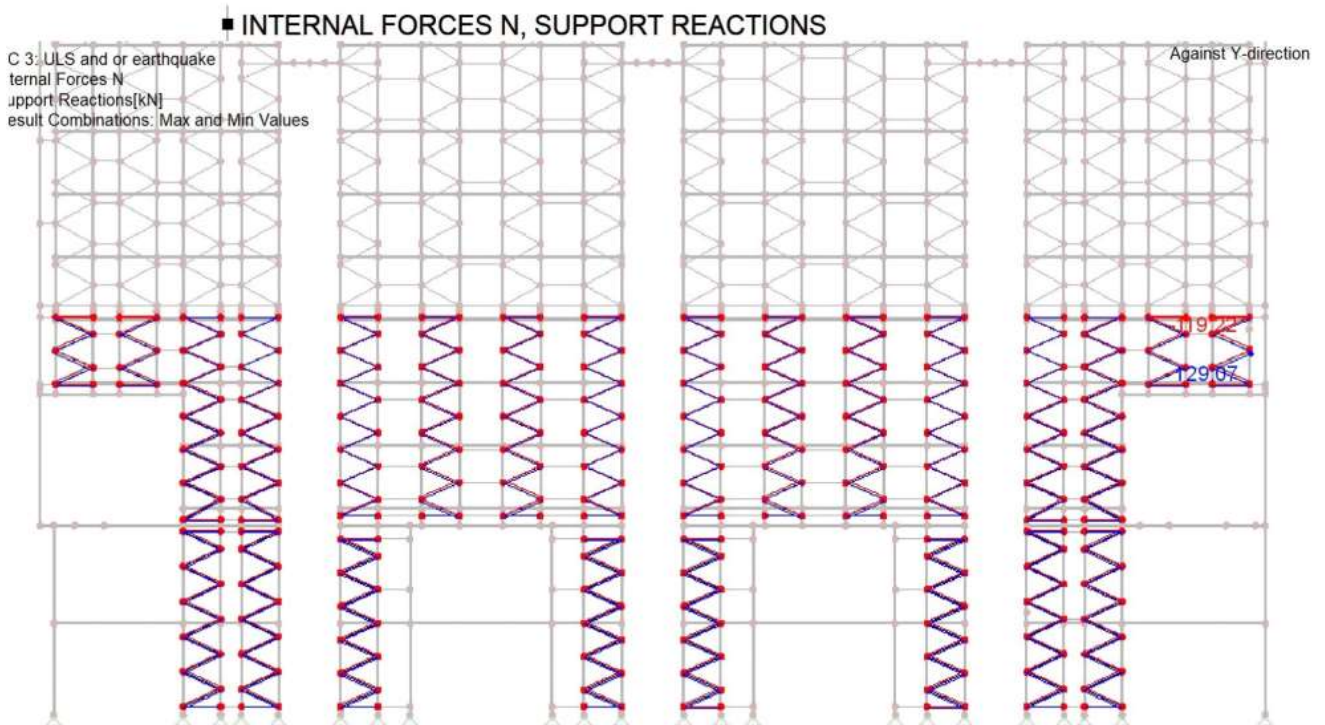
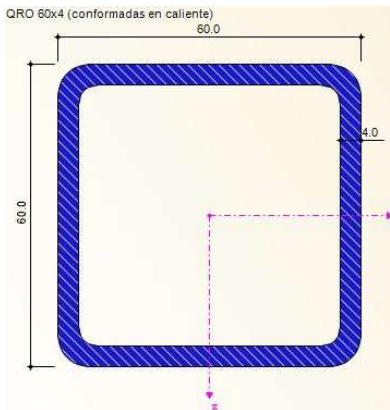


Figura 87: Fuerza axial actuante en las diagonales primero y segundo nivel.

3.30.1 Propiedades mecánicas sección transversal QRO 60x4 (S 355).



CROSS-SECTION PROPERTIES

QRO 60x4 (Hot Formed)

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Outer edge length, nominal length	b	60.0	mm
Wall thickness	t	4.0	mm
Outer edge rounding	r	6.0	mm
Cross-sectional area	A	879.0	mm ²
Shear area	A _y	378.9	mm ²
Shear area according to EC 3	A _{v,y}	439.5	mm ²
Core area	A _c	3114.5	mm ²
Plastic shear area	A _{pl,y}	448.0	mm ²
Moment of inertia	I _y	454000.0	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	22.7	mm
Polar radius of gyration	r _o	32.1	mm
Volume	V	879.0	mm ³ /mm
Weight	wt	6.9	kg/m
Surface	A _{surf}	0.230	m ² /m
Section factor	A _{mf} /V	261.661	1/m
Torsional constant	J	725000.0	mm ⁴
Warping constant	C _w	104037.0	mm ⁶
Section modulus for torsion	S _t	22000.0	mm ³
Elastic section modulus	S _y	15100.0	mm ³
Statical moment of area	Q _{y,max}	4512.5	mm ³
Plastic section modulus	Z _y	18300.0	mm ³
Plastic shape factor	Z _y /S _y	1.212	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN}	a	
Buckling curve for steel with f _y >= 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN,S460}	a ₀	
Buckling curve acc. to EN	BC _{y,EN}	a	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{y,EN,S460}	a ₀	
Full-plastic axial force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	191.798	kN
Full-plastic shear force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,d}	55.367	kN
Full-plastic bending moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,d}	3.993	kNm
Full-plastic torsional moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,x,d}	2.772	kNm

Figura 88: Propiedades mecánicas sección transversal QRO 60X4 (S 355).

Sección Transversal.

QRO 60X4.0 (S 355).
Soldadura a_w = 5.0 [mm]

3.30.2 Comprobación matemática diagonales QRO 60x4 (S 355).

Connection

$$\max. N_{d,z} = 129,07 \text{ kN}$$

Proof of the welding

Safety factor:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Upright:

$$\text{Typ} = \text{QR}$$

$$\text{Bezeichnung Bez} = \text{QR 60x4.0}$$

$$\text{Stahl} = \text{S355}$$

$$b = 60,0 \text{ mm}$$

$$t_1 = 4,0 \text{ mm}$$

$$r = 2 \cdot t_1 = 8,0 \text{ mm}$$

$$f_{u,1} = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{w,1} = 0,90$$

Plate:

$$\text{Stahl} = \text{S355}$$

$$t_2 = 22,0 \text{ mm}$$

$$f_{u,2} = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{w,2} = 0,90$$

Welding thickness:

$$a_w = 5,0 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \text{MAX}(t_1; t_2) = 22,0 \text{ mm}$$

$$a_{w,\min} = \text{MAX}(\sqrt{t_{\max}} - 0,5; 3,0) = 4,2 \text{ mm}$$

$$\frac{a_{w,\min}}{a_w} = 0,84 < 1$$

Welding length:

$$l_w = 4 \cdot b - (4 \cdot r) = 208,0 \text{ mm}$$

$$l_{w,\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_w; 30) = 30,0 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{w,\min}}{l_w} = 0,14 < 1$$

$$f_u = \text{MIN}(f_{u,1}; f_{u,2}) = 490,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_w = \text{WENN}(f_u = f_{u,1}; \beta_{w,1}; \beta_{w,2}) = 0,90$$

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u \cdot a_w \cdot l_w}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot 10^{-3} = 261,53 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{d,z}}{F_{w,Rd}} = 0,49 < 1$$

3.30.3 Diagonales marcos interiores tercer nivel.

EK 3: ULS and or earthquake
Lagerreaktionen[kN]
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Entgegen der Y-Richtung

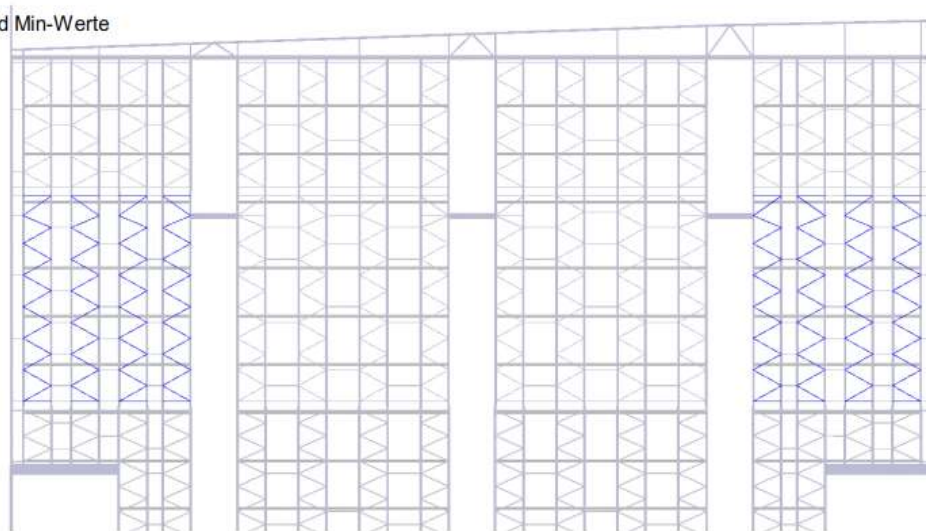


Figura 89: Diagonales marcos interiores tercer nivel.

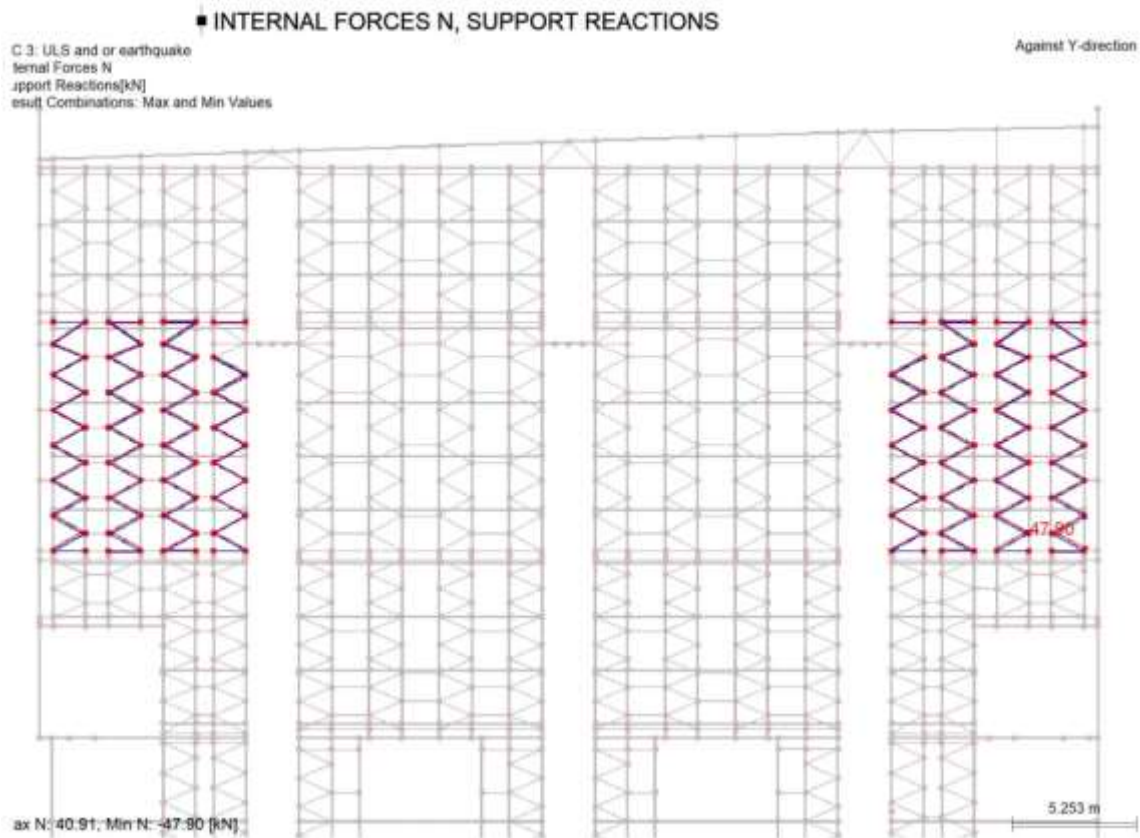
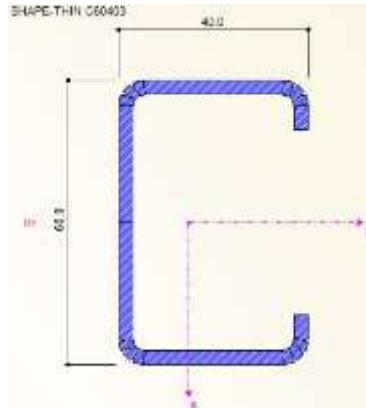


Figura 90: Fuerza axial actuante en las diagonales tercer nivel.

3.30.4 Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/3.0 (S 350 GD).



■ CROSS-SECTION PROPERTIES

SHAPE-THIN C60403

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Cross-sectional area	A	419.4	mm ²
Shear area	A _u	173.2	mm ²
Shear area	A _v	123.1	mm ²
Location of the center of gravity	y _S	13.3	mm
Location of the center of gravity	z _S	0.0	mm
Moment of inertia	I _y	235791.0	mm ⁴
Moment of inertia	I _z	81867.1	mm ⁴
Moment of inertia	I _{yz}	-14.2	mm ⁴
Angle of principal axis	α	0.00	°
Moment of inertia about the principal axis	I _u	235791.0	mm ⁴
Moment of inertia about the principal axis	I _v	81867.1	mm ⁴
Polar moment of inertia	I _p	317658.0	mm ⁴
Polar moment of inertia	I _{p,M}	773579.0	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	23.7	mm
Governing radius of gyration	r _z	14.0	mm
Governing radius of gyration	r _{yz}	0.2	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _u	23.7	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _v	14.0	mm
Polar radius of gyration	r _o	27.5	mm
Polar radius of gyration	r _{p,M}	42.9	mm
Warping radius of gyration	r _{w,M}	9.0	mm
Weight	wt	3.3	kg/m
Surface	A _{surf}	0.329	m ² /m
Torsional constant	J	1263.4	mm ⁴
Torsional constant, St. Venant portion	J _{SVen}	1263.4	mm ⁴
Torsional constant, Bredt portion	J _{Bredt}	0.0	mm ⁴
Torsional section modulus	S _t	0.0	mm ³
Distance from the shear center to the center of gravity	y _M	-32.9	mm
Distance from the shear center to the center of gravity	z _M	0.0	mm
Warping constant referring to M	C _w	6.334E+07	mm ⁶
Slenderness factor	λ	0.002770	1/mm
Elastic section modulus	S _{y,max}	7858.0	mm ³
Elastic section modulus	S _{y,min}	-7861.4	mm ³
Elastic section modulus	S _{z,max}	3253.7	mm ³
Elastic section modulus	S _{z,min}	-5517.1	mm ³
Warping section modulus	W _{w,max}	63847.4	mm ⁴
Warping section modulus	W _{w,min}	-63830.0	mm ⁴
Statical moment of area	Q _{u,max}	4636.2	mm ³
Statical moment of area	Q _{v,max}	1315.1	mm ³
Normalized warping constant	W _{no}	992.3	mm ²
Warping statical moment	Q _w	30154.3	mm ⁴
Stability parameter according to Kindem	r _{y,Kindem}	0.0	mm
Stability parameter	r _{M,y}	0.0	mm
Stability parameter according to Kindem	r _{z,Kindem}	19.3	mm
Stability parameter	r _{M,z}	0.0	mm
Plastic section modulus	Z _{y,max}	9277.6	mm ³
Plastic section modulus	Z _{z,max}	5138.2	mm ³
Plastic shape factor	Z _{u,max} /S _u	1.181	
Plastic shape factor	Z _{v,max} /S _v	1.579	

Figura 91: Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/3.0 (S 350 GD).

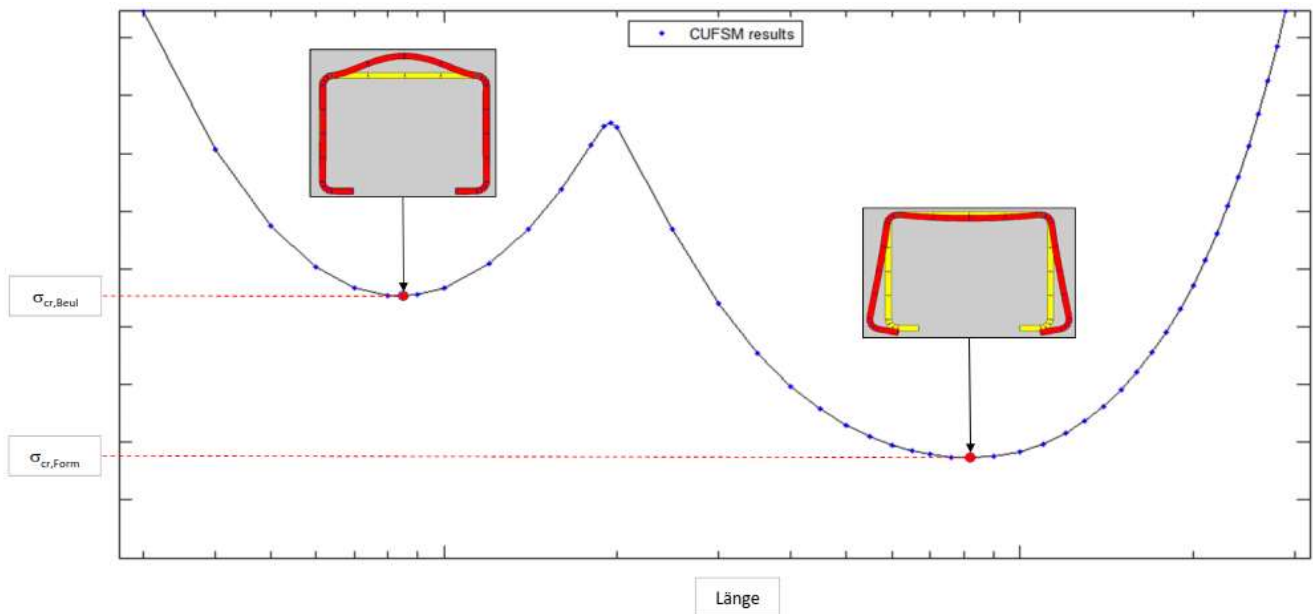
3.30.5 Comprobación matemática diagonales C 60/40/3.0 (S 355).

Sección Transversal.

C 60/40/8/3 (S 350 GD).

Analysis of flexural and torsional buckling

Profil	=	C60403
Stahl	=	S350GD
Knicklinie	=	b
γ_{M0}	=	1,10
γ_{M1}	=	1,10
f_y	=	35,0 kN/cm ²
E	=	21000 kN/cm ²
G	=	8100 kN/cm ²
α	=	0,34
t	=	3,00 mm



$\sigma_{cr,Beul} = 296,28 \text{ kN/cm}^2$

$\sigma_{cr,Form} = 161,45 \text{ kN/cm}^2$

max. stress:

$\sigma_{com,Ed} = 11,86 \text{ kN/cm}^2$

1. Local buckling

$$\lambda_{p,red} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Beul}}} * \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed} * \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,210$$

$$\text{Spannungsverhältnis } \psi = 1,00$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 * \psi} = 0,67$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = \frac{\lambda_{p,red} - 0,055 * (3 + \psi)}{(\lambda_{p,red})^2} = -0,23$$

$$\text{Reduktionfaktor } \rho = \text{WENN} (\lambda_{p,red} > X_1; X_2; 1,0) = 1,00$$

Reduction of the affected section parts

$$t_{eff,1} = t * \rho = 3,00 \text{ mm}$$

2. Distorsional buckling

$$\lambda_{quer,Form} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,466$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{quer,Form} = 1,42$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{quer,Form} = 1,13$$

$$\text{Abschätzung } v = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} > 1,38 ; X_1; X_2) = 1,13$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d0} = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} < 0,65 ; 1; v) = 1,00$$

1. Iteration mit abgeminderter Spannung:

$$\sigma_{com,Ed,1} = \chi_{d0} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,red1} = \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed,1}}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,444$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,red1} = 1,49$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,red1} = 1,15$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} < 1,38 ; X_2; X_1) = 1,15$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d1} = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} > 0,65; X_3; 1) = 1,00$$

2. Iteration mit abgeminderter Spannung:

$$\sigma_{\text{com,Ed},2} = \chi_{d1} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,\text{red}2} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},2}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,444$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}2} = 1,49$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 \cdot \lambda_{p,\text{red}2} = 1,15$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN}(\lambda_{p,\text{red}2} < 1,38; X_2; X_1) = 1,15$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_{d2} = \text{WENN}(\lambda_{p,\text{red}2} > 0,65; X_3; 1) = 1,00$$

3. Iteration mit abgeminderter Spannung:

$$\sigma_{\text{com,Ed},3} = \chi_{d2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,\text{red}3} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},3}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,444$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}3} = 1,49$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 \cdot \lambda_{p,\text{red}3} = 1,15$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN}(\lambda_{p,\text{red}3} < 1,38; X_2; X_1) = 1,15$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_{d3} = \text{WENN}(\lambda_{p,\text{red}3} > 0,65; X_3; 1) = 1,00$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_d = \text{MAX}(\chi_{d1}; \chi_{d2}; \chi_{d3}) = 1,00$$

Reduction of the affected section parts

$$t_{\text{eff},2} = \text{MIN}\left(\chi_d \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sigma_{\text{com,Ed}} \cdot \gamma_{M0}}; t\right) = 3,00 \text{ mm}$$

Section properties

A	=	4,04 cm ²
W _y	=	7,64 cm ³
W _z	=	5,24 cm ³
I _y	=	22,93 cm ⁴
I _z	=	7,91 cm ⁴
i _y	=	2,38 cm
i _z	=	1,34 cm
z ₀	=	0,00 cm
y ₀	=	-3,07 cm
r _y	=	0,00 cm
r _z	=	2,24 cm
I _{w,M}	=	49,81 cm ⁶
I _t	=	0,120 cm ⁴
z _{s,0}	=	0,00 cm
y _{s,0}	=	1,25 cm

Effective section properties

A _{eff,E}	=	0,00 cm ²
A _{eff}	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;A;A _{eff,E});A _{eff,E})	= 4,04 cm ²
W _{y,eff,E}	=	0,00 cm ³
W _{y,eff}	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _y ;W _{y,eff,E});W _{y,eff,E})	= 7,64 cm ³
W _{z,eff,E}	=	0,00 cm ³
W _{z,eff}	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _z ;W _{z,eff,E});W _{z,eff,E})	= 5,24 cm ³
z _{s,0,eff,E}	=	0,00 cm
z _{s,0,eff}	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;z _{s,0} ;z _{s,0,eff,E});z _{s,0,eff,E})	= 0,00 cm
y _{s,0,eff,E}	=	0,00 cm
y _{s,0,eff}	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;y _{s,0} ;y _{s,0,eff,E});y _{s,0,eff,E})	= 1,25 cm
Displacement of center of gravity		
e _{Ny}	ABS(z _{s,0} -z _{s,0,eff})	= 0,00 cm
e _{Nz}	ABS(y _{s,0} -y _{s,0,eff})	= 0,00 cm

Buckling Lengths

$$s_{k,z} = 154 \text{ cm}$$

$$s_{k,y} = 154 \text{ cm}$$

$$s_{k,T} = 0,90 \cdot s_{k,y} = 139 \text{ cm}$$

Internal forces EK1

$$N_d = 47,90 \text{ kN}$$

$$M_{y,d,1} = 0,00 \text{ kNcm}$$

$$M_{z,d,1} = 0,00 \text{ kNcm}$$

1 or 2 shear areas? --> one shear area (with extra moment)

$$A_{D,S} = \text{nein}$$

$$e_y = \text{WENN}(A_{D,S}="ja" \text{ ODER } A_{D,S}="JA"; z_{s,0}; 0) = 0,00 \text{ cm}$$

$$e_z = \text{WENN}(A_{D,S}="ja" \text{ ODER } A_{D,S}="JA"; y_{s,0}; 0) = 0,00 \text{ cm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{y,d,N} = N_d \cdot e_y = 0,00 \text{ kNcm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{z,d,N} = N_d \cdot e_z = 0,00 \text{ kNcm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{y,d} = M_{y,d,1} + M_{y,d,N} = 0,00 \text{ kNcm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{z,d} = M_{z,d,1} + M_{z,d,N} = 0,00 \text{ kNcm}$$

Flexural buckling

$$N_{cr,y} = \frac{E \cdot I_y \cdot \pi^2}{2 \cdot s_{k,y}^2} = 200,39 \text{ kN}$$

$$\lambda_{quer,y} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 0,840$$

$$\Phi = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,y} - 0,2) + \lambda_{quer,y}^2) = 0,962$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,y}^2}}; 1,0 = 0,699$$

$$N_{y,b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 89,85 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{E \cdot I_z \cdot \pi^2}{2} = 69,13 \text{ kN}$$

$$\lambda_{quer,z} = \sqrt{\frac{S_{k,z} \cdot A_{eff} \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1,430$$

$$\Phi = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,z} - 0,2) + \lambda_{quer,z}^2) = 1,732$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,z}^2}}; 1,0 = 0,369$$

$$N_{z,b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 47,43 \text{ kN}$$

Torsional and flexural-torsional buckling

$$i_{0,quad} = i_y^2 + i_z^2 + z_0^2 + y_0^2 = 16,88 \text{ cm}^2$$

$$i_0 = \sqrt{i_{0,quad}} = 4,11 \text{ cm}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_{0,quad}} \cdot \left(G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{w,M}}{2} \right) = 89,24 \text{ kN}$$

$$\beta_z = 1 - (z_0 / i_0)^2 = 1,000$$

$$N_{cr,FT,z} = \frac{N_{cr,z}}{2 \cdot \beta_z} \cdot \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} \right)^2 + 4 \cdot \frac{z_0^2}{i_{0,quad}} \cdot \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}}} \right) = 69,13 \text{ kN}$$

$$\beta_y = 1 - (y_0 / i_0)^2 = 0,442$$

$$N_{cr,FT,y} = \frac{N_{cr,y}}{2 \cdot \beta_y} \cdot \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 \cdot \frac{y_0^2}{i_{0,quad}} \cdot \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right) = 68,95 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \text{MIN}(N_{cr,T}; N_{cr,FT,z}; N_{cr,FT,y}) = 68,95 \text{ kN}$$

$$\lambda_{T,quer} = \sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr}}} = 1,432$$

$$\Phi_T = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{T,quer} - 0,2) + \lambda_{T,quer}^2) = 1,735$$

$$\chi_T = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \lambda_{T,quer}^2}}; 1,0\right) = 0,368$$

$$N_{LT,b,Rd} = \frac{\chi_T * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 47,30 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \text{MIN}(N_{y,b,Rd}; N_{z,b,Rd}; N_{LT,b,Rd}) = 47,30 \text{ kN}$$

Bending and axial compression with lateral torsional buckling

$$M_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_z} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} + \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right)^2} - \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right) \right) = 358 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,y} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} * f_y}{M_{cr,y}}} = 0,864$$

$$\Phi_{LT,y} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,y} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,y}^2) = 0,986$$

$$\chi_{LT,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,y} + \sqrt{\Phi_{LT,y}^2 - \lambda_{LT,quer,y}^2}}; 1,0\right) = 0,684$$

$$M_{y,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,y} * W_{y,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 166,27 \text{ kNcm}$$

$$M_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_y} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_y} + \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right)^2} - \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right) \right) = 180 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,z} = \sqrt{\frac{W_{z,eff} * f_y}{M_{cr,z}}} = 1,009$$

$$\Phi_{LT,z} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,z} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,z}^2) = 1,147$$

$$\chi_{LT,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,z} + \sqrt{\Phi_{LT,z}^2 - \lambda_{LT,quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,591$$

$$M_{z,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,z} * W_{z,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 98,54 \text{ kNcm}$$

Äquiv. Momentenbeiwert $C_{my} = 0,90$

Äquiv. Momentenbeiwert $C_{mz} = 0,90$

Äquiv. Momentenbeiwert $C_{mLT} = 1,00$

$$k_{yy1} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,y} * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,142$$

$$k_{yy2} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}} \right) = 1,188$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; k_{yy2}) = 1,142$$

$$k_{zz1} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,z} * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,680$$

$$k_{zz2} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}} \right) = 1,445$$

$$k_{zz} = \text{MIN}(k_{zz1}; k_{zz2}) = 1,445$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1,445$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,05 * \lambda_{\text{quer},z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,904$$

$$k_{zy2} = 1 - \frac{\lambda_{\text{quer},z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = -0,926$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; k_{zy2}) = 0,904$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = 1,01 \leq 1$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{zy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = 1,01 \leq 1$$

3.30.6 Revisión de la conexión diagonal-puntal C60/40/8/3.0.

Connection to the uprights:

max. tension $N_{d,z}$ =			40,91 kN
max. pressure $N_{d,d}$ =			47,90 kN
F_{Ed} =	$\text{MAX}(N_{d,z}; N_{d,d})$	=	47,90 kN

Tipo de tornillo.

Tornillo: 1xM10 (10.9) $e_1=30$ [mm]

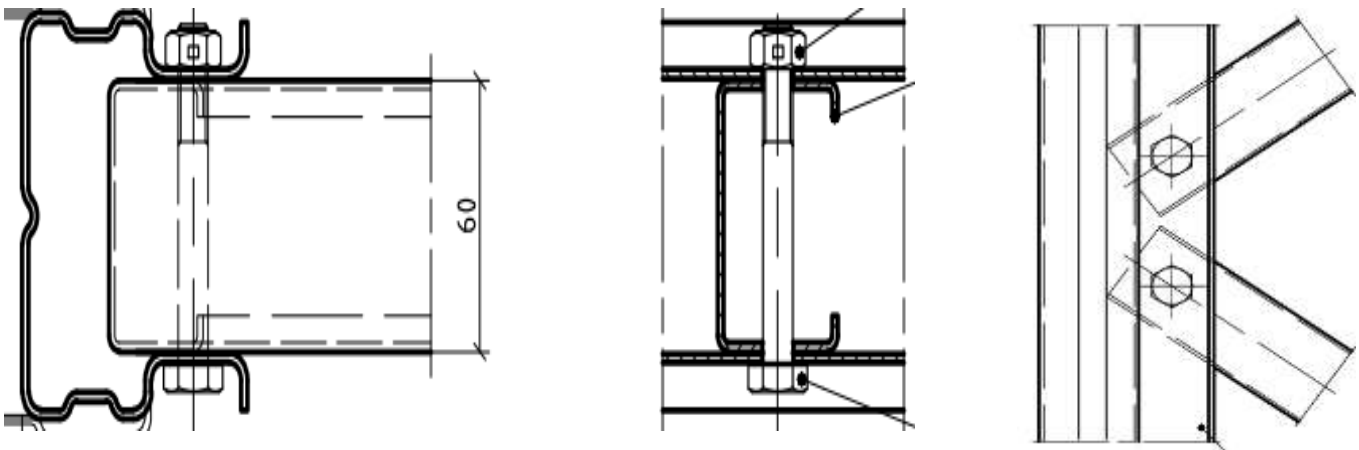


Figura 92: Diagrama de la conexión diagonal-puntal.

γ_{M2}	=	1,25
Schr	=	M 10
FK	=	10.9
Anzahl n	=	2
Δd	=	0,50 mm
f_u	=	420,0 N/mm ²
f_{ub}	=	1000,0 N/mm ²
Spannungsq. A_s	=	58,0 mm ²
Schaftd. d	=	10,00 mm
Lochd. d_0	=	10,50 mm
α_v	=	WENN(FK="10.9";0,5;0,6) = 0,50
Beiwert k_{LS1}	=	WENN(d/ Δd <8;0,85;1,0) = 1,00
Beiwert k_{LS2}	=	WENN(d/ Δd <8;0,8;1,0) = 1,00
$F_{v,Rd}$	=	$n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS1} \cdot 10^{-3}$ = 46,40 kN
$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}}$	=	1,03 ≤ 1
Randabstand e_1	=	30,00 mm
Randabstand e_2	=	20,00 mm
Schraubenabstand p_1	=	40,00 mm
Schraubenabstand p_2	=	40,00 mm
Anwendungsgrenzen:		
e_1/d_0	=	2,86 ≥ 1,2
e_2/d_0	=	1,90 ≥ 1,2
p_1/d_0	=	3,81 ≥ 2,2
p_2/d_0	=	3,81 ≥ 2,4
α_b	=	$\text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right)$ = 0,95
k_1	=	$\text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$ = 2,50
$F_{b,Rd}$	=	$n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS2} \cdot 10^{-3}$ = 47,88 kN
$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}}$	=	1,00 ≤ 1

3.30.7 Diagonales marcos interiores tercer nivel bloque central.

B-1.14 Bracing bars, inner block, 3rd part

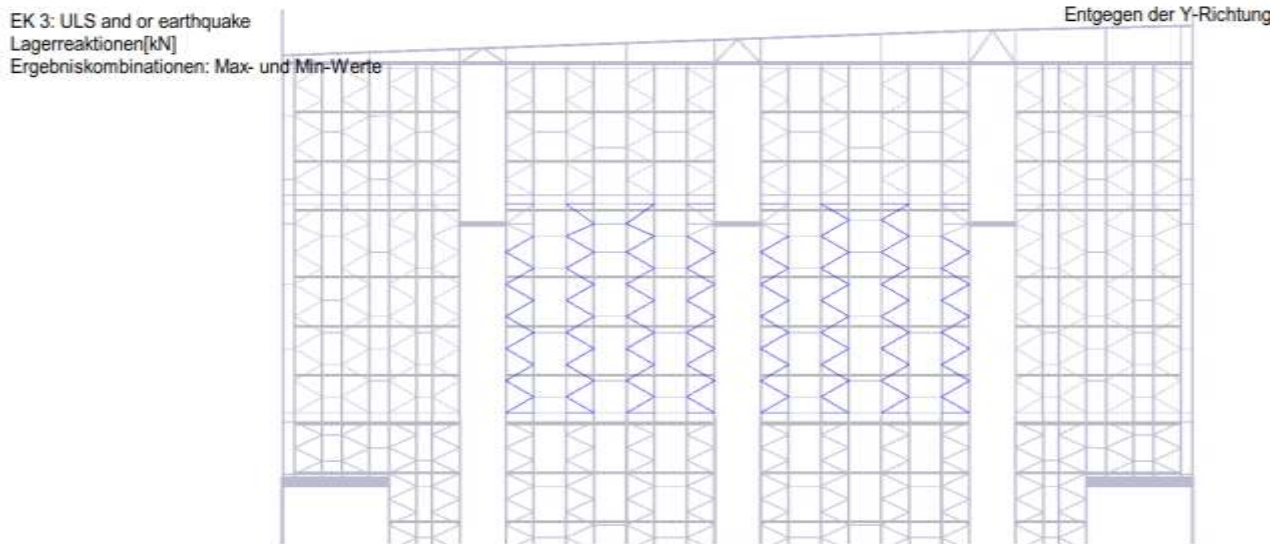


Figura 93: Diagonales marcos interiores tercer nivel bloque central.

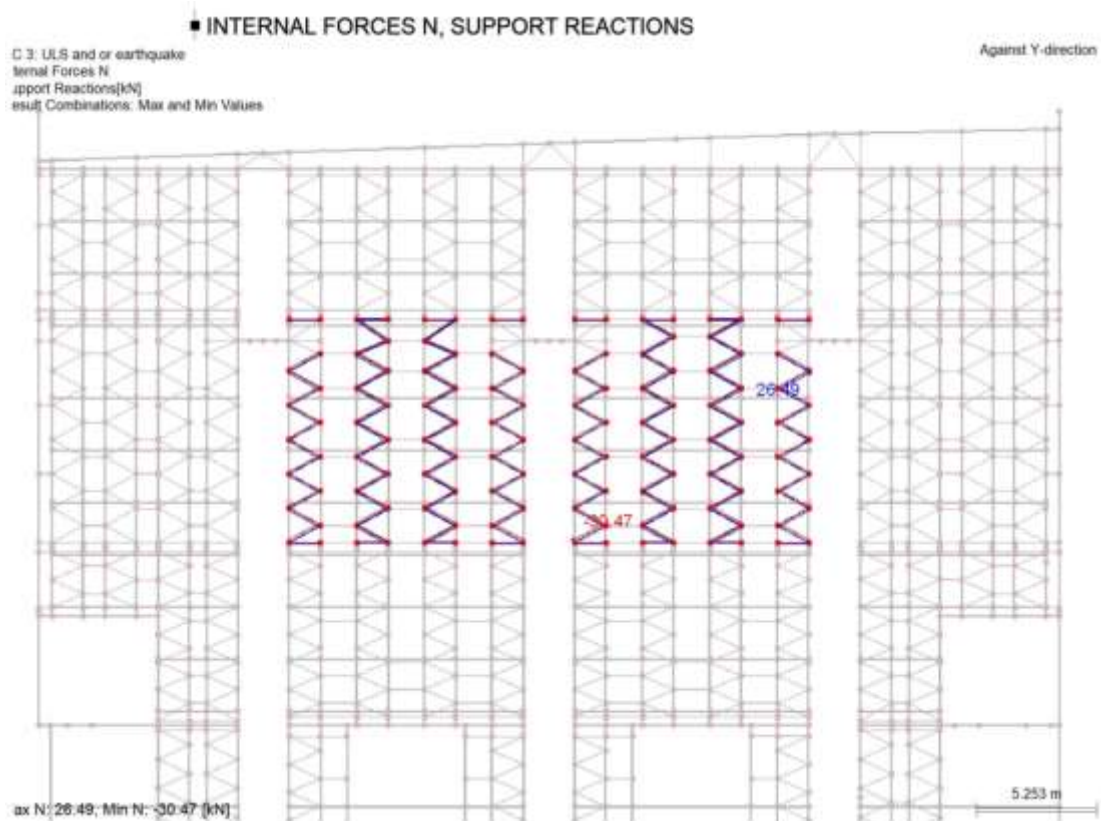
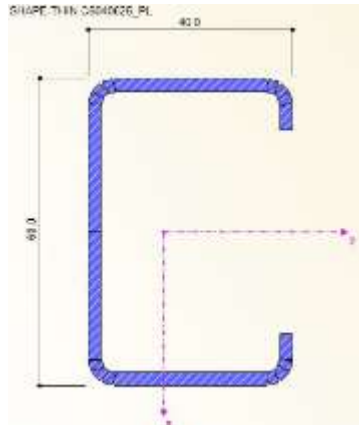


Figura 94: Fuerza axial actuante en las diagonales de los marcos interiores tercer nivel bloque central.

3.30.8 Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/2.5 (S 350 GD).



CROSS-SECTION PROPERTIES

SHAPE-THIN C6040825 PL

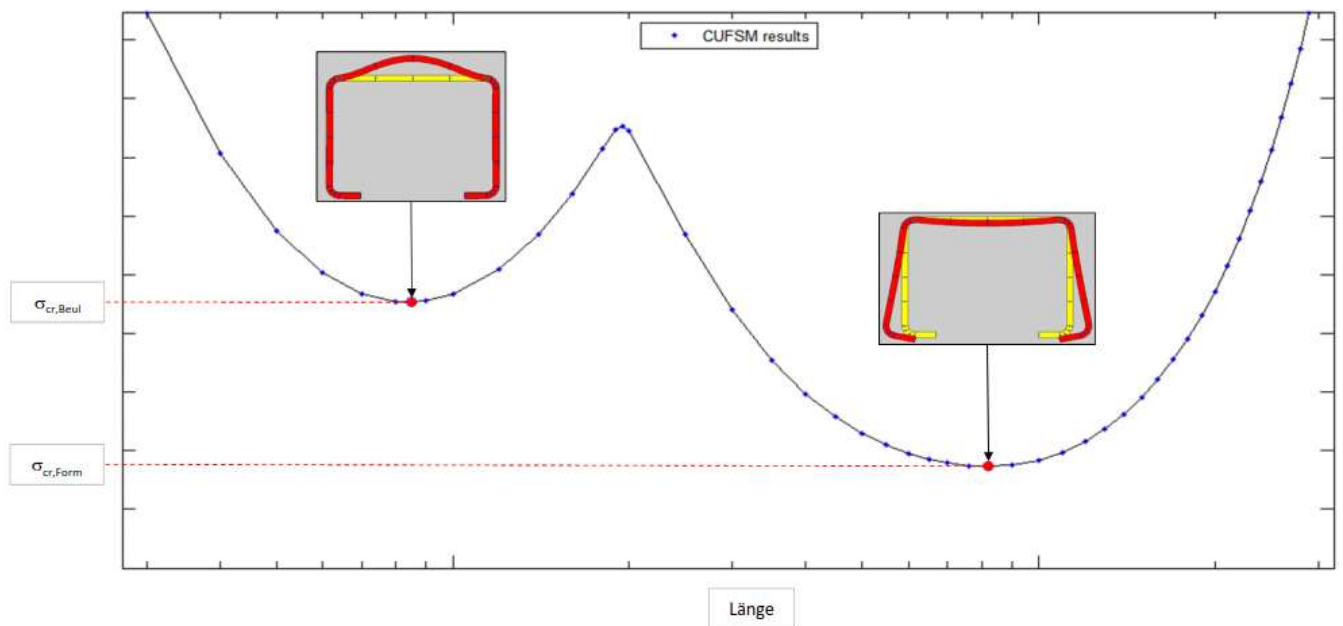
Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Cross-sectional area	A	3.53	cm ²
Shear area	A _u	1.46	cm ²
Shear area	A _v	1.04	cm ²
Location of the center of gravity	y _S	-130.6	mm
Location of the center of gravity	z _S	0.0	mm
Moment of inertia	I _y	20.26	cm ⁴
Moment of inertia	I _z	7.02	cm ⁴
Moment of inertia	I _{yz}	0.00	cm ⁴
Angle of principal axis	α	0.00	°
Moment of inertia about the principal axis	I _u	20.26	cm ⁴
Moment of inertia about the principal axis	I _v	7.02	cm ⁴
Polar moment of inertia	I _p	27.28	cm ⁴
Polar moment of inertia	I _{p,M}	65.83	cm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	24.0	mm
Governing radius of gyration	r _z	14.1	mm
Governing radius of gyration	r _{yz}	0.2	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _u	24.0	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _v	14.1	mm
Polar radius of gyration	r _o	27.8	mm
Polar radius of gyration	r _{p,M}	43.2	mm
Warping radius of gyration	r _{w,M}	9.1	mm
Weight	wt	2.8	kg/m
Surface	A _{surf}	0.324	m ² /m
Torsional constant	J	0.07	cm ⁴
Torsional constant, St. Venant portion	J _{StVen}	0.07	cm ⁴
Torsional constant, Bredt portion	J _{Bredt}	0.00	cm ⁴
Torsional section modulus	S _t	0.00	cm ³
Distance from the shear center to the center of gravity	y _M	-33.0	mm
Distance from the shear center to the center of gravity	z _M	0.0	mm
Warping constant referring to M	C _w	54.07	cm ⁶
Flare factor	λ	0.002291	1/mm
Elastic section modulus	S _{y,max}	6.75	cm ³
Elastic section modulus	S _{y,min}	-6.76	cm ³
Elastic section modulus	S _{z,max}	2.77	cm ³
Elastic section modulus	S _{z,min}	-4.78	cm ³
Warping section modulus	W _{w,max}	5.40	cm ⁴
Warping section modulus	W _{w,min}	-5.40	cm ⁴
Statical moment of area	Q _{u,max}	3.94	cm ³
Statical moment of area	Q _{v,max}	1.12	cm ³
Normalized warping constant	W _{no}	10.02	cm ²
Warping statical moment	Q _w	2.57	cm ⁴
Stability parameter according to Kindem	r _{y,Kindem}	0.0	mm
Stability parameter	r _{M,y}	0.0	mm
Stability parameter according to Kindem	r _{z,Kindem}	19.7	mm
Stability parameter	r _{M,z}	0.0	mm
Plastic section modulus	Z _{y,max}	7.89	cm ³
Plastic section modulus	Z _{z,max}	4.36	cm ³
Plastic shape factor	Z _{u,max} /S _u	1.169	
Plastic shape factor	Z _{v,max} /S _v	1.572	

Figura 95: Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/2.5 (S 350 GD).

3.30.9 Comprobación matemática diagonales C 60/40/2.5 (S 355).

Analysis of flexural and torsional buckling

Profil	=	C604025
Stahl	=	S350GD
Knicklinie	=	b
γ_{M0}	=	1,10
γ_{M1}	=	1,10
f_y	=	35,0 kN/cm ²
E	=	21000 kN/cm ²
G	=	8100 kN/cm ²
α	=	0,34
t	=	2,50 mm



$$\sigma_{cr,Beul} = 296,28 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{cr,Form} = 161,45 \text{ kN/cm}^2$$

max. stress:

$$\sigma_{com,Ed} = 8,51 \text{ kN/cm}^2$$

1. Local buckling

$$\lambda_{p,red} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Beul}}} * \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed} * \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,178$$

$$\text{Spannungsverhältnis } \psi = 1,00$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 * \psi} = 0,67$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = \frac{\lambda_{p,red} - 0,055 * (3 + \psi)}{(\lambda_{p,red})^2} = -1,33$$

$$\text{Reduktionfaktor } \rho = \text{WENN} (\lambda_{p,red} > X_1; X_2; 1,0) = 1,00$$

Reduction of the affected section parts

$$t_{eff,1} = t * \rho = 2,50 \text{ mm}$$

2. Distorsional buckling

$$\lambda_{quer,Form} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,466$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{quer,Form} = 1,42$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{quer,Form} = 1,13$$

$$\text{Abschätzung } v = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} > 1,38; X_1; X_2) = 1,13$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d0} = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} < 0,65; 1; v) = 1,00$$

1. Iteration mit abgeminderter Spannung:

$$\sigma_{com,Ed,1} = \chi_{d0} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,red1} = \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed,1}}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,444$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,red1} = 1,49$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,red1} = 1,15$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} < 1,38; X_2; X_1) = 1,15$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d1} = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} > 0,65; X_3; 1) = 1,00$$

2. Iteration mit abgeminderter Spannung:

$$\sigma_{\text{com,Ed},2} = \chi_{d1} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,\text{red}2} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},2}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,444$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}2} = 1,49$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 \cdot \lambda_{p,\text{red}2} = 1,15$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN}(\lambda_{p,\text{red}2} < 1,38; X_2; X_1) = 1,15$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_{d2} = \text{WENN}(\lambda_{p,\text{red}2} > 0,65; X_3; 1) = 1,00$$

3. Iteration mit abgeminderter Spannung:

$$\sigma_{\text{com,Ed},3} = \chi_{d2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,\text{red}3} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},3}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,444$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}3} = 1,49$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 \cdot \lambda_{p,\text{red}3} = 1,15$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN}(\lambda_{p,\text{red}3} < 1,38; X_2; X_1) = 1,15$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_{d3} = \text{WENN}(\lambda_{p,\text{red}3} > 0,65; X_3; 1) = 1,00$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_d = \text{MAX}(\chi_{d1}; \chi_{d2}; \chi_{d3}) = 1,00$$

Reduction of the affected section parts

$$t_{\text{eff},2} = \text{MIN}\left(\chi_d \cdot t \cdot \frac{f_y}{\sigma_{\text{com,Ed}} \cdot \gamma_{M0}}; t\right) = 2,50 \text{ mm}$$

Section properties

A	=	3,58 cm ²
W _y	=	6,88 cm ³
W _z	=	4,86 cm ³
I _y	=	20,63 cm ⁴
I _z	=	7,18 cm ⁴
i _y	=	2,40 cm
i _z	=	1,42 cm
Z ₀	=	0,00 cm
Y ₀	=	-3,25 cm
r _y	=	0,00 cm
r _z	=	1,88 cm
I _{w,M}	=	54,00 cm ⁶
I _t	=	0,075 cm ⁴
Z _{s,0}	=	0,00 cm
Y _{s,0}	=	1,35 cm

Effective section properties

A _{eff,E} =		=	0,00 cm ²
A _{eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;A;A _{eff,E});A _{eff,E})	=	3,58 cm ²
W _{y,eff,E} =		=	0,00 cm ³
W _{y,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _y ;W _{y,eff,E});W _{y,eff,E})	=	6,88 cm ³
W _{z,eff,E} =		=	0,00 cm ³
W _{z,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _z ;W _{z,eff,E});W _{z,eff,E})	=	4,86 cm ³
Z _{s,0,eff,E} =		=	0,00 cm
Z _{s,0,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;Z _{s,0} ;Z _{s,0,eff,E});Z _{s,0,eff,E})	=	0,00 cm
Y _{s,0,eff,E} =		=	0,00 cm
Y _{s,0,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;Y _{s,0} ;Y _{s,0,eff,E});Y _{s,0,eff,E})	=	1,35 cm
Displacement of center of gravity			
e _{Ny} =	ABS(Z _{s,0} -Z _{s,0,eff})	=	0,00 cm
e _{Nz} =	ABS(Y _{s,0} -Y _{s,0,eff})	=	0,00 cm

Buckling Lengths

$$\begin{aligned}
 s_{k,z} &= && 154 \text{ cm} \\
 s_{k,y} &= && 154 \text{ cm} \\
 s_{k,T} &= & 0,90 \cdot s_{k,y} &= & 139 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Internal forces EK1

$$\begin{aligned}
 N_d &= && 30,47 \text{ kN} \\
 M_{y,d,1} &= && 0,00 \text{ kNcm} \\
 M_{z,d,1} &= && 0,00 \text{ kNcm}
 \end{aligned}$$

1 or 2 shear areas? --> one shear area (with extra moment)

$$A_{D,S} = \text{nein}$$

$$e_y = \text{WENN}(A_{D,S}="ja" \text{ ODER } A_{D,S}="JA"; z_{s,0}; 0) = 0,00 \text{ cm}$$

$$e_z = \text{WENN}(A_{D,S}="ja" \text{ ODER } A_{D,S}="JA"; y_{s,0}; 0) = 0,00 \text{ cm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{y,d,N} = N_d \cdot e_y = 0,00 \text{ kNcm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{z,d,N} = N_d \cdot e_z = 0,00 \text{ kNcm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{y,d} = M_{y,d,1} + M_{y,d,N} = 0,00 \text{ kNcm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{z,d} = M_{z,d,1} + M_{z,d,N} = 0,00 \text{ kNcm}$$

Flexural buckling

$$N_{cr,y} = \frac{E \cdot I_y \cdot \pi^2}{s_{k,y}^2} = 180,29 \text{ kN}$$

$$\lambda_{\text{quer},y} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 0,834$$

$$\Phi = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{\text{quer},y} - 0,2) + \lambda_{\text{quer},y}^2) = 0,956$$

$$\chi_y = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{\text{quer},y}^2}}; 1,0\right) = 0,703$$

$$N_{y,b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A_{\text{eff}} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{80,08 \text{ kN}}$$

$$N_{cr,z} = \frac{E \cdot I_z \cdot \pi^2}{2} = 62,75 \text{ kN}$$

$$\lambda_{quer,z} = \sqrt{\frac{s_{k,z} \cdot A_{eff} \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1,413$$

$$\Phi = \frac{0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,z} - 0,2) + \lambda_{quer,z}^2)}{1} = 1,704$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,z}^2}}; 1,0 = 0,376$$

$$N_{z,b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 42,83 \text{ kN}$$

Torsional and flexural-torsional buckling

$$i_{0,quad} = \sqrt{i_y^2 + i_z^2 + z_0^2 + y_0^2} = 18,34 \text{ cm}^2$$

$$i_0 = \sqrt{i_{0,quad}} = 4,28 \text{ cm}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_{0,quad}} \cdot \left(G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{w,M}}{s_{k,T}^2} \right) = 64,71 \text{ kN}$$

$$\beta_z = 1 - (z_0 / i_0)^2 = 1,000$$

$$N_{cr,FT,z} = \frac{N_{cr,z}}{2 \cdot \beta_z} \cdot \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} \right)^2 + 4 \cdot \frac{z_0^2}{i_{0,quad}^2} \cdot \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}}} \right) = 62,75 \text{ kN}$$

$$\beta_y = 1 - (y_0 / i_0)^2 = 0,423$$

$$N_{cr,FT,y} = \frac{N_{cr,y}}{2 \cdot \beta_y} \cdot \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 \cdot \frac{y_0^2}{i_{0,quad}^2} \cdot \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right) = 52,50 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \text{MIN}(N_{cr,T}; N_{cr,FT,z}; N_{cr,FT,y}) = 52,50 \text{ kN}$$

$$\lambda_{T,quer} = \sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr}}} = 1,545$$

$$\Phi_T = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{T,quer} - 0,2) + \lambda_{T,quer}^2) = 1,922$$

$$\chi_T = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \lambda_{T,quer}^2}}; 1,0\right) = 0,326$$

$$N_{LT,b,Rd} = \frac{\chi_T * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 37,13 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \text{MIN}(N_{y,b,Rd}; N_{z,b,Rd}; N_{LT,b,Rd}) = 37,13 \text{ kN}$$

Bending and axial compression with lateral torsional buckling

$$M_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_z} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} + \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right)^2} - \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right) \right) = 302 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,y} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} * f_y}{M_{cr,y}}} = 0,893$$

$$\Phi_{LT,y} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,y} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,y}^2) = 1,017$$

$$\chi_{LT,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,y} + \sqrt{\Phi_{LT,y}^2 - \lambda_{LT,quer,y}^2}}; 1,0\right) = 0,665$$

$$M_{y,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,y} * W_{y,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 145,57 \text{ kNcm}$$

$$M_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_y} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_y} + \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right)^2} - \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right) \right) = 141 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,z} = \sqrt{\frac{W_{z,eff} * f_y}{M_{cr,z}}} = 1,098$$

$$\Phi_{LT,z} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,z} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,z}^2) = 1,255$$

$$\chi_{LT,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,z} + \sqrt{\Phi_{LT,z}^2 - \lambda_{LT,quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,537$$

$$M_{z,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,z} * W_{z,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 83,04 \text{ kNcm}$$

$$\text{Äquiv. Momentenbeiwert } C_{my} = 0,90$$

$$\text{Äquiv. Momentenbeiwert } C_{mz} = 0,90$$

$$\text{Äquiv. Momentenbeiwert } C_{mLT} = 1,00$$

$$k_{yy1} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,y} * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}}\right) = 1,071$$

$$k_{yy2} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}}\right) = 1,105$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; k_{yy2}) = 1,071$$

$$k_{zz1} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,z} * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}}\right) = 1,443$$

$$k_{zz2} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}}\right) = 1,284$$

$$k_{zz} = \text{MIN}(k_{zz1}; k_{zz2}) = 1,284$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1,284$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,05 * \lambda_{\text{quer},z} * N_d}{(C_{\text{mLT}} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,933$$

$$k_{zy2} = 1 - \frac{\lambda_{\text{quer},z} * N_d}{(C_{\text{mLT}} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = -0,340$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; k_{zy2}) = 0,933$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = 0,82 \leq 1$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{zy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = 0,82 \leq 1$$

3.30.10 Revisión de la conexión diagonal-puntal C60/40/8/2.5 (S 350 GD).

Connection to the uprights:

max. tension $N_{d,z}$	=	26,49 kN
max. pressure $N_{d,d} = N_d$	=	30,47 kN
$F_{Ed} = \text{MAX}(N_{d,z}; N_{d,d})$	=	30,47 kN

Tipo de tornillo.

Tornillo: 1xM10 (8.8) $e_1=25$ [mm]

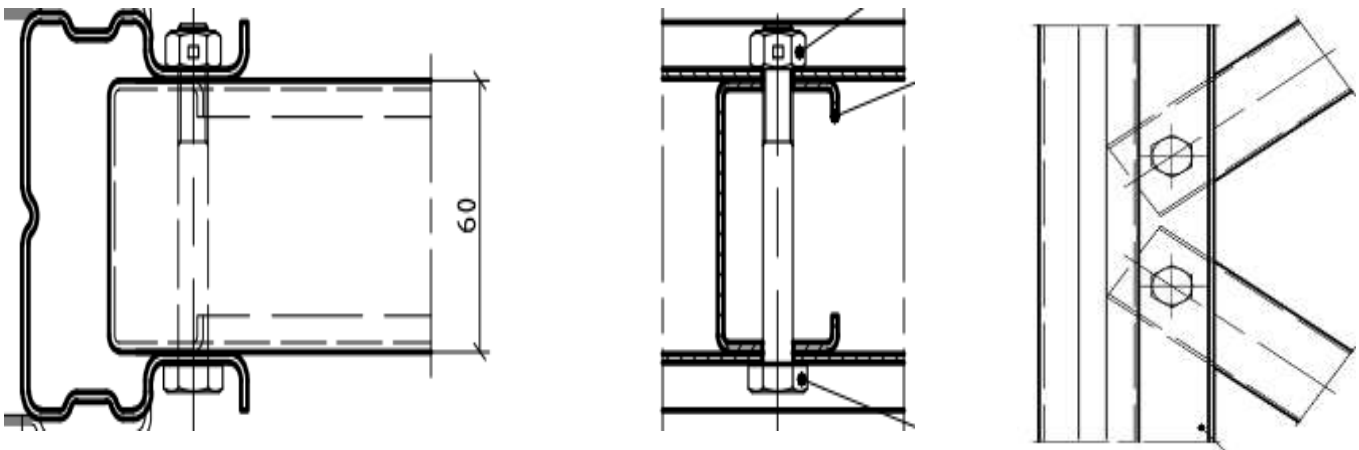


Figura 96: Diagrama de la conexión diagonal-puntal.

$\gamma_{M2} =$			1,25
Schr		=	M 10
FK		=	8,8
Anzahl n =			2
$\Delta d =$			0,50 mm
f_u		=	420,0 N/mm ²
f_{ub}		=	800,0 N/mm ²
Spannungsq. A_s		=	58,0 mm ²
Schaftd. d		=	10,00 mm
Lochd. $d_0 =$	$d + \Delta d$	=	10,50 mm
$\alpha_v =$	WENN(FK="10.9";0,5;0,6)	=	0,60
Beiwert $k_{LS1} =$	WENN(d/ $\Delta d < 8$;0,85;1,0)	=	1,00
Beiwert $k_{LS2} =$	WENN(d/ $\Delta d < 8$;0,8;1,0)	=	1,00
$F_{v,Rd} =$	$n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS1} \cdot 10^{-3}$	=	44,54 kN
$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}}$		=	0,68 < 1
Randabstand $e_1 =$			25,00 mm
Randabstand $e_2 =$			20,00 mm
Schraubenabstand $p_1 =$			40,00 mm
Schraubenabstand $p_2 =$			40,00 mm
Anwendungsgrenzen:			
e_1/d_0		=	2,38 \geq 1,2
e_2/d_0		=	1,90 \geq 1,2
p_1/d_0		=	3,81 \geq 2,2
p_2/d_0		=	3,81 \geq 2,4
$\alpha_b =$	$\text{MIN}(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1)$	=	0,79
$k_1 =$	$\text{MIN}(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5)$	=	2,50
$F_{b,Rd} =$	$n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS2} \cdot 10^{-3}$	=	33,18 kN
$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}}$		=	0,92 < 1

3.31 Barras de refuerzo, bloque interior, tercer nivel conexión con pasillo de picking.

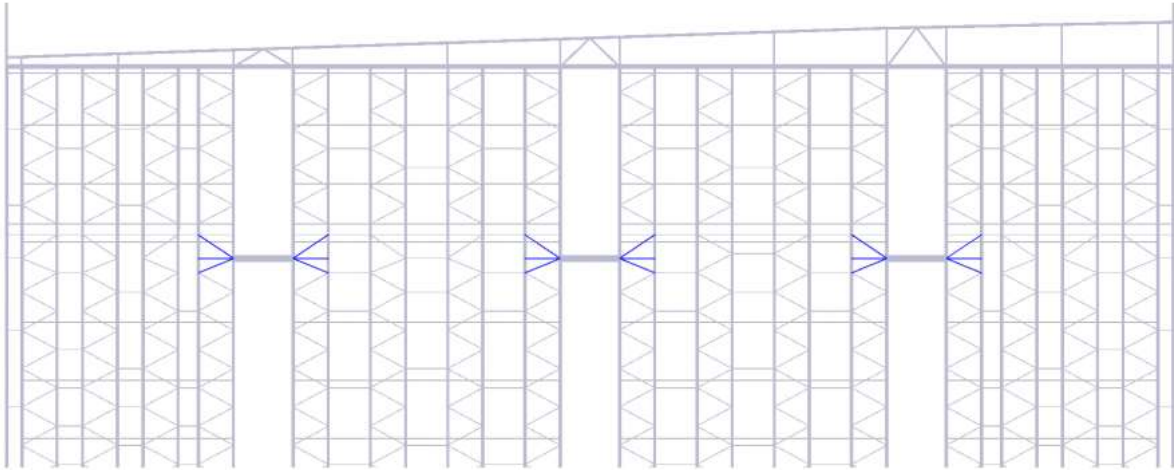


Figura 97: Barras de refuerzo, bloque interior, tercer nivel conexión con pasillo de picking.

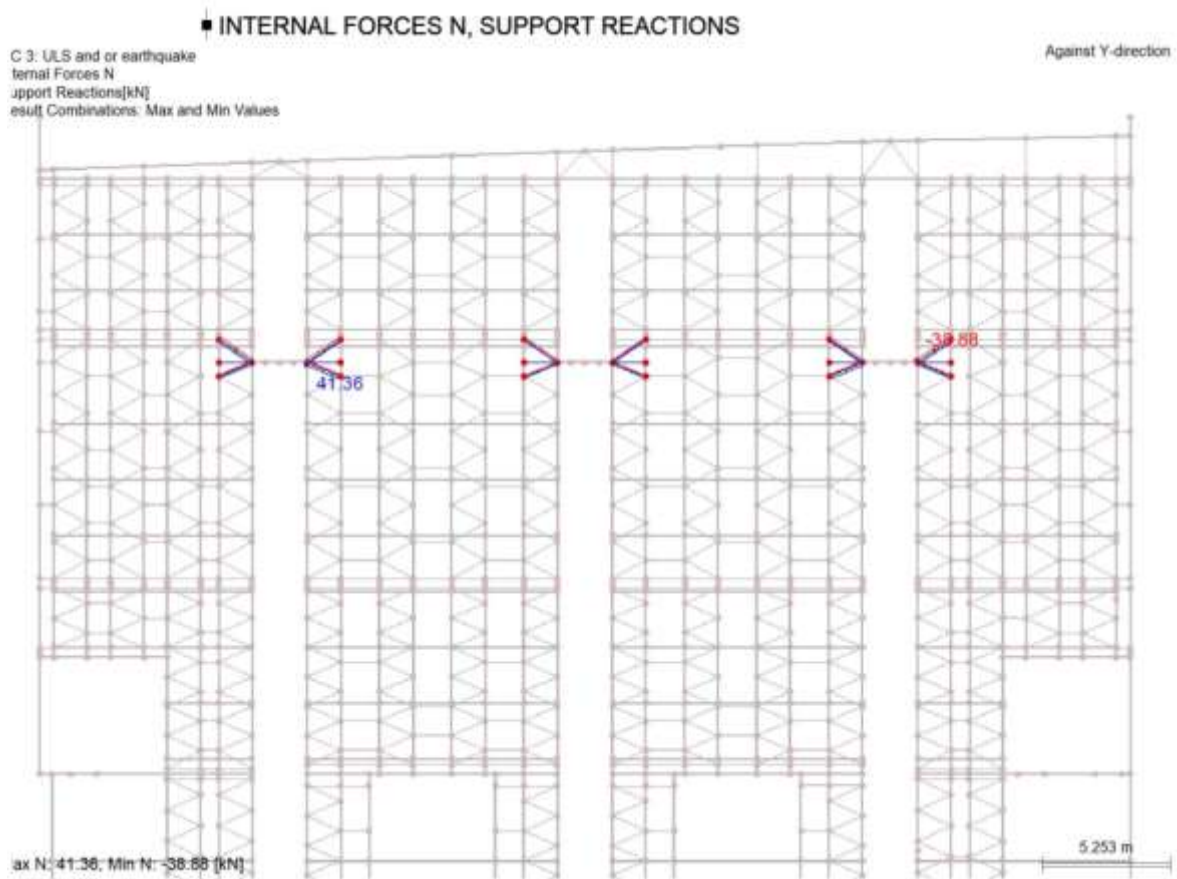
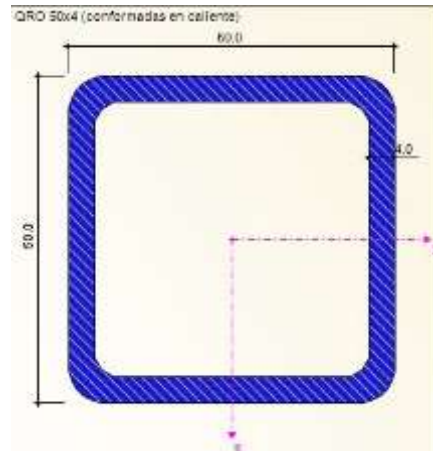


Figura 98: Fuerza actuante en las barras de refuerzo, bloque interior, tercer nivel conexión con pasillo de picking.

3.31.1 Propiedades mecánicas barras de refuerzo QRO 50x4.0 (S 355) bloque interior, tercer nivel conexión con pasillo de picking.



CROSS-SECTION PROPERTIES

QRO 50x4 (warmgefertigt)

Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Outer edge length, nominal length	b	50.0	mm
Wall thickness	t	4.0	mm
Outer edge rounding	r	6.0	mm
Cross-sectional area	A	719.0	mm ²
Shear area	A _y	312.0	mm ²
Shear area according to EC 3	A _{v,y}	359.5	mm ²
Core area	A _c	2094.5	mm ²
Plastic shear area	A _{ply}	368.0	mm ²
Moment of inertia	I _y	250000.0	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	18.6	mm
Polar radius of gyration	r _o	26.3	mm
Volume	V	719.0	mm ³ /mm
Weight	wt	5.6	kg/m
Surface	A _{surf}	0.190	m ² /m
Section factor	A _m /V	264.256	1/m
Torsional constant	J	404000.0	mm ⁴
Warping constant	C _w	50970.3	mm ⁶
Section modulus for torsion	S _t	14500.0	mm ³
Elastic section modulus	S _y	9990.0	mm ³
Statical moment of area	Q _{y,max}	3016.9	mm ³
Plastic section modulus	Z _y	12300.0	mm ³
Plastic shape factor	Z _y /S _y	1.231	
Buckling curve (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN}	a	
Buckling curve for steel with f _y >=460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	BC _{y,DIN,S460}	a ₀	
Buckling curve acc. to EN	BC _{y,EN}	a	
Buckling curve acc. to EN for steel S 460	BC _{y,EN,S460}	a ₀	
Full-plastic axial force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	156.886	kN
Full-plastic shear force acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,d}	45.289	kN
Full-plastic bending moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,d}	2.684	kNm
Full-plastic torsional moment acc. to DIN 18800-1 for f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,x,d}	1.827	kNm

Figura 99: Propiedades mecánicas barras de refuerzo QRO 50x4.0 (S 355)

Sección Transversal.

QRO 50X4.0 (S 355).
Tornillo 1xM10 (10.9).

3.31.2 Comprobación matemática barras de refuerzo QRO 50x4.0 (S 355) bloque interior, tercer nivel conexión con pasillo de picking.

Connection to the uprights:

max. tension $N_{d,z} = 38,88 \text{ kN}$

max. pressure $N_{d,d} = 41,36 \text{ kN}$

$F_{Ed} = \text{MAX}(N_{d,z}; N_{d,d}) = 41,36 \text{ kN}$

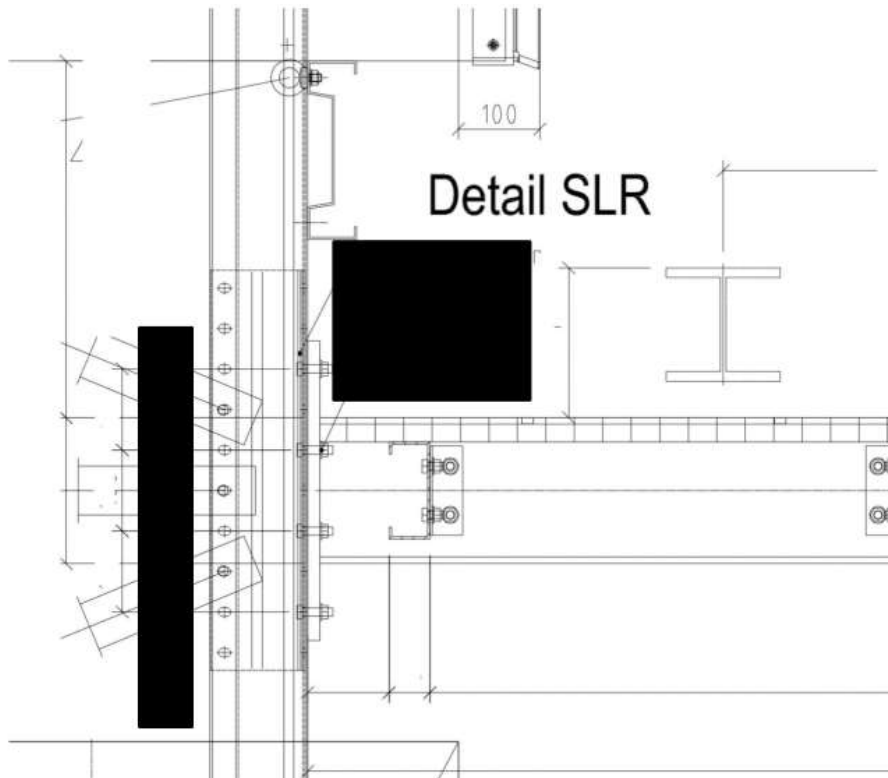


Figura 100: Detalle del refuerzo en la unión del arriostramiento.

γ_{M2}	=	1,25
Schr	=	M 10
FK	=	8.8
Anzahl n	=	2
Δd	=	0,50 mm
f_u	=	420,0 N/mm ²
f_{ub}	=	800,0 N/mm ²
Spannungsq. A_s	=	58,0 mm ²
Schaftd. d	=	10,00 mm
Lochd. d_0	=	d + Δd = 10,50 mm
α_v	=	WENN(FK="10.9";0,5;0,6) = 0,60
Beiwert k_{LS1}	=	WENN(d/ Δd <8;0,85;1,0) = 1,00
Beiwert k_{LS2}	=	WENN(d/ Δd <8;0,8;1,0) = 1,00
$F_{v,Rd}$	=	$n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS1} \cdot 10^{-3}$ = 44,54 kN
$F_{Ed} / F_{v,Rd}$	=	0,93 < 1
t	=	4,00 mm
Randabstand e_1	=	25,00 mm
Randabstand e_2	=	20,00 mm
Schraubenabstand p_1	=	40,00 mm
Schraubenabstand p_2	=	40,00 mm
Anwendungsgrenzen:		
e_1/d_0	=	2,38 \geq 1,2
e_2/d_0	=	1,90 \geq 1,2
p_1/d_0	=	3,81 \geq 2,2
p_2/d_0	=	3,81 \geq 2,4
α_b	=	$\text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right)$ = 0,79
k_1	=	$\text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$ = 2,50
$F_{b,Rd}$	=	$n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \cdot k_{LS2} \cdot 10^{-3}$ = 53,09 kN
$F_{Ed} / F_{b,Rd}$	=	0,78 < 1

Tornillo.

Tornillo 1xM10 (8.8); $e_1 = 25$ [mm]

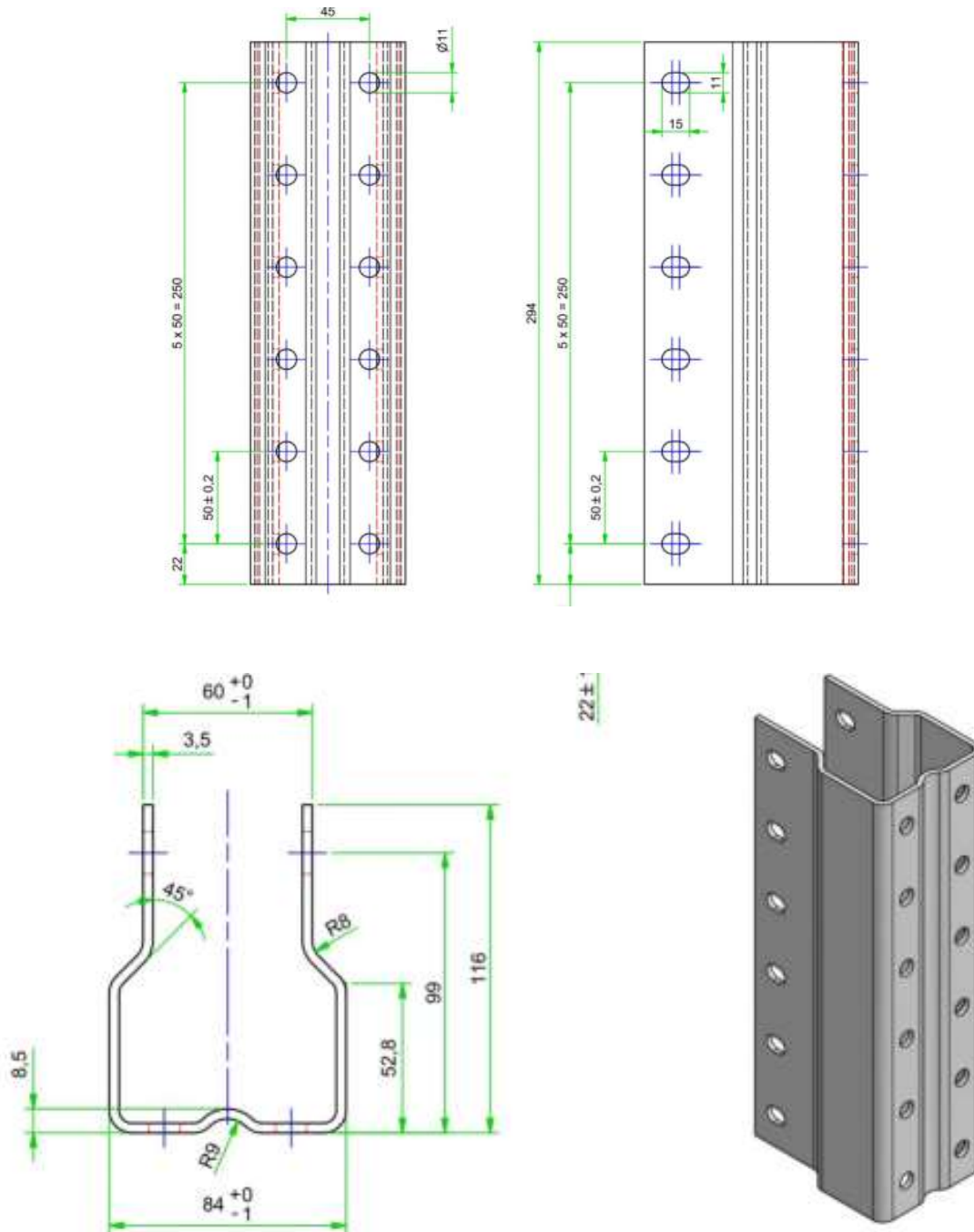


Figura 101: Detalle del reforzamiento del puntal para la conexión en la unión del arriostramiento.

3.32 Diagonales marcos interiores cuarto nivel.

EK 3: ULS and or earthquake

Lagerreaktionen[kN]

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Entgegen der

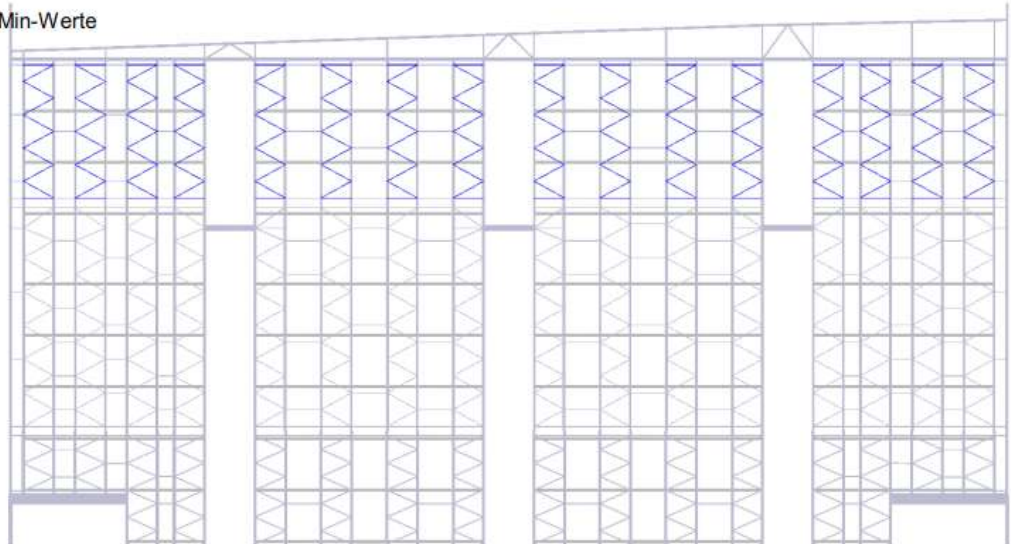


Figura 102: Diagonales marcos interiores cuarto nivel.

INTERNAL FORCES N, SUPPORT REACTIONS

C 3: ULS and or earthquake

Internal Forces N

Support Reactions[kN]

Result Combinations: Max and Min Values

Against Y-direction

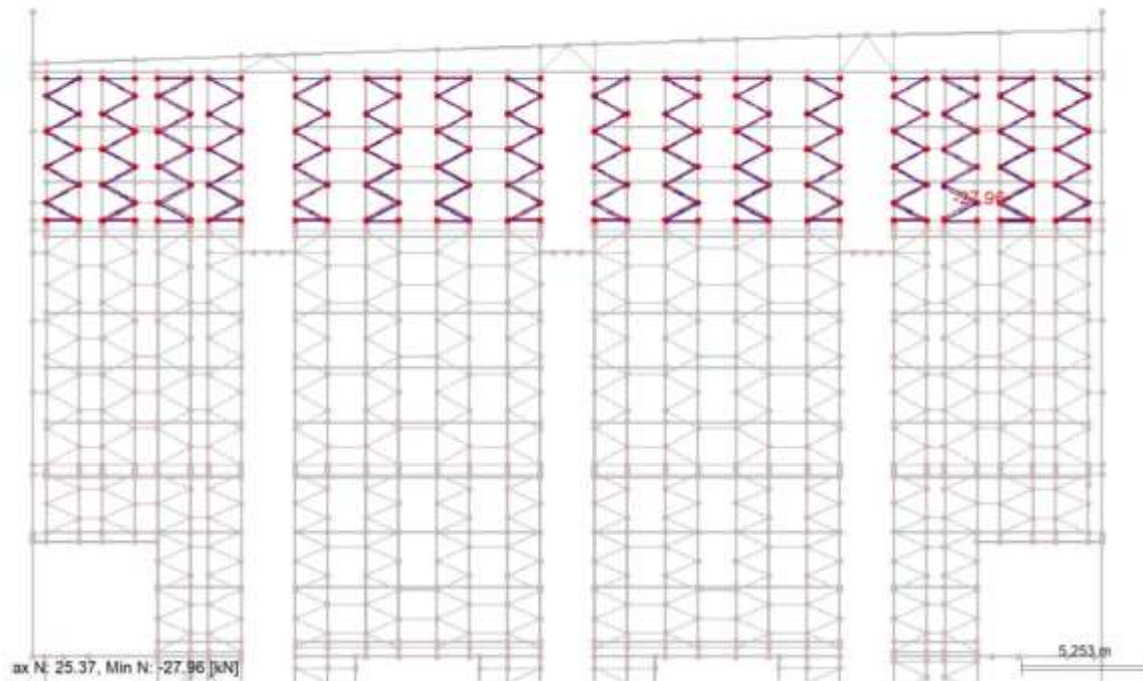
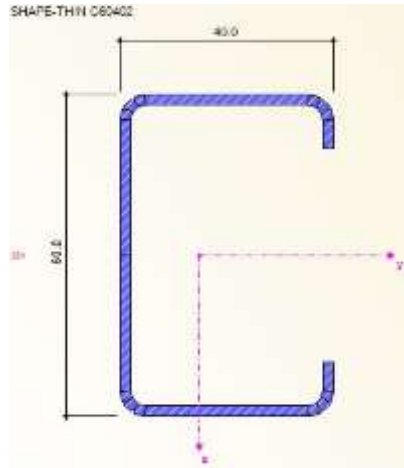


Figura 103: Fuerza actuante en las diagonales marcos interiores cuarto nivel.

3.32.1 Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/2.0 (S 350 GD).



CROSS-SECTION PROPERTIES		SHAPE-THIN C60402	
Cross-Section Property	Symbol	Value	Unit
Cross-sectional area	A	290.5	mm ²
Shear area	A _U	119.3	mm ²
Shear area	A _V	83.4	mm ²
Location of the center of gravity	y _S	13.8	mm
Location of the center of gravity	z _S	0.0	mm
Moment of inertia	I _y	170331.0	mm ⁴
Moment of inertia	I _z	60026.3	mm ⁴
Moment of inertia	I _{yz}	0.0	mm ⁴
Angle of principal axis	α	0.00	°
Moment of inertia about the principal axis	I _u	170331.0	mm ⁴
Moment of inertia about the principal axis	I _v	60026.3	mm ⁴
Polar moment of inertia	I _p	230357.0	mm ⁴
Polar moment of inertia	I _{p,M}	547714.0	mm ⁴
Governing radius of gyration	r _y	24.2	mm
Governing radius of gyration	r _z	14.4	mm
Governing radius of gyration	r _{yz}	0.0	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _u	24.2	mm
Radius of gyration (principal axis)	r _v	14.4	mm
Polar radius of gyration	r _o	28.2	mm
Polar radius of gyration	r _{p,M}	43.4	mm
Warping radius of gyration	r _{w,M}	9.2	mm
Weight	wt	2.3	kg/m
Surface	A _{surf}	0.295	m ² /m
Torsional constant	J	387.3	mm ⁴
Torsional constant, St. Venant portion	J _{StVen}	387.3	mm ⁴
Torsional constant, Bredt portion	J _{Bredt}	0.0	mm ⁴
Torsional section modulus	S _t	0.0	mm ³
Distance from the shear center to the center of gravity	y _M	-33.1	mm
Distance from the shear center to the center of gravity	z _M	0.0	mm
Warping constant referring to M	C _w	4.640E+07	mm ⁶
Flade factor	λ	0.001792	1/mm
Elastic section modulus	S _{y,max}	5677.7	mm ³
Elastic section modulus	S _{y,min}	-5677.7	mm ³
Elastic section modulus	S _{z,max}	2378.9	mm ³
Elastic section modulus	S _{z,min}	-4064.7	mm ³
Warping section modulus	W _{w,max}	44442.1	mm ⁴
Warping section modulus	W _{w,min}	-44442.1	mm ⁴
Statical moment of area	Q _{u,max}	3285.3	mm ³
Statical moment of area	Q _{v,max}	939.2	mm ³
Normalized warping constant	W _{no}	1044.1	mm ²
Warping statical moment	Q _w	0.0	mm ⁴
Stability parameter according to Kindem	r _{y,Kindem}	0.0	mm
Stability parameter	r _{M,y}	0.0	mm
Stability parameter according to Kindem	r _{z,Kindem}	18.7	mm
Stability parameter	r _{M,z}	0.0	mm
Plastic section modulus	Z _{y,max}	6570.5	mm ³
Plastic section modulus	Z _{z,max}	4065.8	mm ³
Plastic shape factor	Z _{u,max} /S _u	1.157	
Plastic shape factor	Z _{v,max} /S _v	1.709	

Figura 104: Propiedades mecánicas diagonales C 60/40/2.0 (S 350 GD).

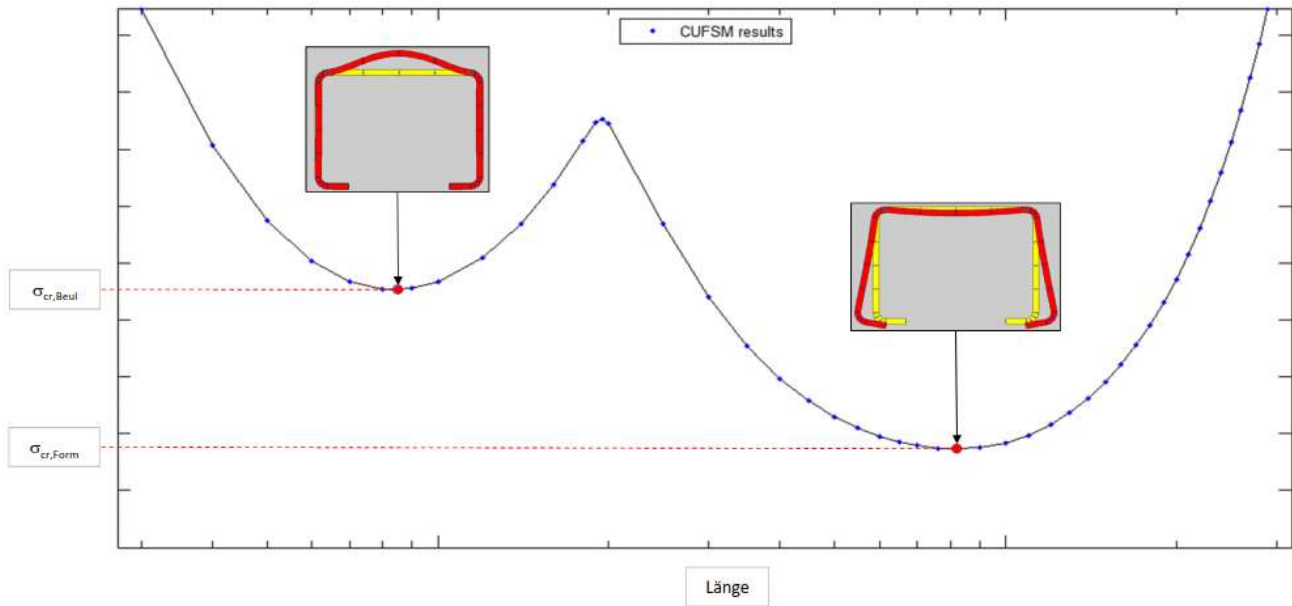
3.32.2 Comprobación matemática diagonales C 60/40/2.0 (S 350).

Sección Transversal.

C 60/40/8/2.0 (S 350 GD).

Analysis of flexural and torsional buckling

Profil	=	C60402
Stahl	=	S350GD
Knicklinie	=	b
γ_{M0}	=	1,10
γ_{M1}	=	1,10
f_y	=	35,0 kN/cm ²
E	=	21000 kN/cm ²
G	=	8100 kN/cm ²
α	=	0,34
t	=	2,00 mm



$\sigma_{cr,Beul}$	=	296,28 kN/cm ²
$\sigma_{cr,Form}$	=	161,45 kN/cm ²
max. stress:		
$\sigma_{com,Ed}$	=	9,64 kN/cm ²

1. Local buckling

$$\lambda_{p,red} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Beul}}} * \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed} * \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,189$$

$$\text{Spannungsverhältnis } \psi = 1,00$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 * \psi} = 0,67$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = \frac{\lambda_{p,red} - 0,055 * (3 + \psi)}{(\lambda_{p,red})^2} = -0,87$$

$$\text{Reduktionfaktor } \rho = \text{WENN} (\lambda_{p,red} > X_1; X_2; 1,0) = 1,00$$

Reduction of the affected section parts

$$t_{eff,1} = t * \rho = 2,00 \text{ mm}$$

2. Distorsional buckling

$$\lambda_{quer,Form} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,466$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{quer,Form} = 1,42$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{quer,Form} = 1,13$$

$$\text{Abschätzung } v = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} > 1,38 ; X_1 ; X_2) = 1,13$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d0} = \text{WENN} (\lambda_{quer,Form} < 0,65 ; 1 ; v) = 1,00$$

1. Iteration mit abgeminderter Spannung:

$$\sigma_{com,Ed,1} = \chi_{d0} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,red1} = \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed,1}}{\sigma_{cr,Form}}} = 0,444$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,red1} = 1,49$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,red1} = 1,15$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 1,15$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d1} = \text{WENN} (\lambda_{p,red1} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 1,00$$

2. Iteration mit abgeminderter Spannung:

$$\sigma_{\text{com,Ed},2} = \chi_{d1} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,\text{red}2} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},2}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,444$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}2} = 1,49$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,\text{red}2} = 1,15$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}2} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 1,15$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d2} = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}2} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 1,00$$

3. Iteration mit abgeminderter Spannung:

$$\sigma_{\text{com,Ed},3} = \chi_{d2} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 31,82$$

$$\lambda_{p,\text{red}3} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com,Ed},3}}{\sigma_{\text{cr,Form}}}} = 0,444$$

$$\text{Hilfswert } X_1 = 0,66 / \lambda_{p,\text{red}3} = 1,49$$

$$\text{Hilfswert } X_2 = 1,47 - 0,723 * \lambda_{p,\text{red}3} = 1,15$$

$$\text{Hilfswert } X_3 = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}3} < 1,38 ; X_2 ; X_1) = 1,15$$

$$\text{Reduktionfaktor } \chi_{d3} = \text{WENN} (\lambda_{p,\text{red}3} > 0,65 ; X_3 ; 1) = 1,00$$

$$\text{Reduktionsfaktor } \chi_d = \text{MAX}(\chi_{d1}; \chi_{d2}; \chi_{d3}) = 1,00$$

Reduction of the affected section parts

$$t_{\text{eff},2} = \text{MIN} \left(\chi_d * t * \frac{f_y}{\sigma_{\text{com,Ed}} * \gamma_{M0}} ; t \right) = 2,00 \text{ mm}$$

Section properties

A	=	2,90 cm ²
W _y	=	5,68 cm ³
W _z	=	4,07 cm ³
I _y	=	17,03 cm ⁴
I _z	=	6,00 cm ⁴
i _y	=	2,42 cm
i _z	=	1,44 cm
z ₀	=	0,00 cm
y ₀	=	-3,31 cm
r _y	=	0,00 cm
r _z	=	1,87 cm
I _{w,M}	=	46,40 cm ⁶
I _t	=	0,039 cm ⁴
z _{s,0}	=	0,00 cm
y _{s,0}	=	1,38 cm

Effective section properties

A _{eff,E} =		0,00 cm ²
A _{eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;A;A _{eff,E});A _{eff,E})	= 2,90 cm ²
W _{y,eff,E} =		0,00 cm ³
W _{y,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _y ;W _{y,eff,E});W _{y,eff,E})	= 5,68 cm ³
W _{z,eff,E} =		0,00 cm ³
W _{z,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;W _z ;W _{z,eff,E});W _{z,eff,E})	= 4,07 cm ³
z _{s,0,eff,E} =		0,00 cm
z _{s,0,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;z _{s,0} ;z _{s,0,eff,E});z _{s,0,eff,E})	= 0,00 cm
y _{s,0,eff,E} =		0,00 cm
y _{s,0,eff} =	WENN(t=t _{eff,1} ;WENN(t=t _{eff,2} ;y _{s,0} ;y _{s,0,eff,E});y _{s,0,eff,E})	= 1,38 cm
Displacement of center of gravity		
e _{Ny} =	ABS(z _{s,0} -z _{s,0,eff})	= 0,00 cm
e _{Nz} =	ABS(y _{s,0} -y _{s,0,eff})	= 0,00 cm

Buckling Lengths

$$\begin{aligned}
 s_{k,z} &= 154 \text{ cm} \\
 s_{k,y} &= 154 \text{ cm} \\
 s_{k,T} &= 0,80 \cdot s_{k,y} = 123 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Internal forces EK1

$$\begin{aligned}
 N_d &= 27,96 \text{ kN} \\
 M_{y,d,1} &= 0,00 \text{ kNcm} \\
 M_{z,d,1} &= 0,00 \text{ kNcm}
 \end{aligned}$$

1 or 2 shear areas? --> one shear area (with extra moment)

$$A_{D,S} = \text{nein}$$

$$e_y = \text{WENN}(A_{D,S}="ja" \text{ ODER } A_{D,S}="JA"; z_{s,0}; 0) = 0,00 \text{ cm}$$

$$e_z = \text{WENN}(A_{D,S}="ja" \text{ ODER } A_{D,S}="JA"; y_{s,0}; 0) = 0,00 \text{ cm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{y,d,N} = N_d \cdot e_y = 0,00 \text{ kNcm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{z,d,N} = N_d \cdot e_z = 0,00 \text{ kNcm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{y,d} = M_{y,d,1} + M_{y,d,N} = 0,00 \text{ kNcm}$$

$$\text{Biegemoment } M_{z,d} = M_{z,d,1} + M_{z,d,N} = 0,00 \text{ kNcm}$$

Flexural buckling

$$N_{cr,y} = \frac{E \cdot I_y \cdot \pi^2}{2} = 148,83 \text{ kN}$$

$$\lambda_{quer,y} = \sqrt{\frac{s_{k,y}}{A_{eff} \cdot f_y}} = 0,826$$

$$\Phi = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,y} - 0,2) + \lambda_{quer,y}^2) = 0,948$$

$$\chi_y = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,y}^2}}; 1,0\right) = 0,708$$

$$N_{y,b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 65,33 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{E * I_z * \pi^2}{2} = 52,44 \text{ kN}$$

$$\lambda_{quer,z} = \sqrt{\frac{S_{k,z} * A_{eff} * f_y}{N_{cr,z}}} = 1,391$$

$$\Phi = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{quer,z} - 0,2) + \lambda_{quer,z}^2) = 1,670$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,z}^2}}; 1,0 = 0,385$$

$$N_{z,b,Rd} = \frac{\chi_z * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 35,52 \text{ kN}$$

Torsional and flexural-torsional buckling

$$i_{0,quad} = i_y^2 + i_z^2 + z_0^2 + y_0^2 = 18,89 \text{ cm}^2$$

$$i_0 = \sqrt{i_{0,quad}} = 4,35 \text{ cm}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_{0,quad}} * \left(G * I_t + \frac{\pi^2 * E * I_{w,M}}{S_{k,T}^2} \right) = 50,37 \text{ kN}$$

$$\beta_z = 1 - (z_0 / i_0)^2 = 1,000$$

$$N_{cr,FT,z} = \frac{N_{cr,z}}{2 * \beta_z} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}} \right)^2 + 4 * \frac{z_0^2}{i_{0,quad}} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,z}}} \right) = 50,37 \text{ kN}$$

$$\beta_y = 1 - (y_0 / i_0)^2 = 0,421$$

$$N_{cr,FT,y} = \frac{N_{cr,y}}{2 * \beta_y} * \left(1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 * \frac{y_0^2}{i_{0,quad}} * \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right) = 41,12 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \text{MIN}(N_{cr,T}; N_{cr,FT,z}; N_{cr,FT,y}) = 41,12 \text{ kN}$$

$$\lambda_{T,quer} = \sqrt{\frac{A_{eff} * f_y}{N_{cr}}} = 1,571$$

$$\Phi_T = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{T,quer} - 0,2) + \lambda_{T,quer}^2) = 1,967$$

$$\chi_T = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \lambda_{T,quer}}}; 1,0\right) = 0,317$$

$$N_{LT,b,Rd} = \frac{\chi_T * A_{eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 29,25 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \text{MIN}(N_{v,b,Rd}; N_{z,b,Rd}; N_{LT,b,Rd}) = 29,25 \text{ kN}$$

Bending and axial compression with lateral torsional buckling

$$M_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_z} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} + \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right)^2} - \left(\frac{r_y}{3} - z_0\right) \right) = 280 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,y} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} * f_y}{M_{cr,y}}} = 0,843$$

$$\Phi_{LT,y} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,y} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,y}^2) = 0,965$$

$$\chi_{LT,y} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,y} + \sqrt{\Phi_{LT,y}^2 - \lambda_{LT,quer,y}}}; 1,0\right) = 0,697$$

$$M_{y,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,y} * W_{y,eff} * f_y}{\gamma_{M1}} = 125,97 \text{ kNcm}$$

$$M_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{(s_{k,T})^2} * \left(\sqrt{\frac{I_{w,M}}{I_y} + \frac{(s_{k,T})^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_y} + \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right)^2} - \left(\frac{r_z}{3} - y_0\right) \right) = 114 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT,quer,z} = \sqrt{\frac{W_{z,eff} * f_y}{M_{cr,z}}} = 1,118$$

$$\Phi_{LT,z} = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{LT,quer,z} - 0,2) + \lambda_{LT,quer,z}^2) = 1,281$$

$$\chi_{LT,z} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT,z} + \sqrt{\Phi_{LT,z}^2 - \lambda_{LT,quer,z}^2}}; 1,0\right) = 0,525$$

$$M_{z,b,Rd} = \frac{\chi_{LT,z} * W_{z,eff} * f_y}{1} = 67,99 \text{ kNcm}$$

$$\text{Äquiv. Momentenbeiwert } C_{my} = 0,90$$

$$\text{Äquiv. Momentenbeiwert } C_{mz} = 0,90$$

$$\text{Äquiv. Momentenbeiwert } C_{mLT} = 1,00$$

$$k_{yy1} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,y} * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}}\right) = 1,091$$

$$k_{yy2} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{y,b,Rd}}\right) = 1,131$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; k_{yy2}) = 1,091$$

$$k_{zz1} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \lambda_{quer,z} * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}}\right) = 1,491$$

$$k_{zz2} = C_{mz} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_d}{N_{z,b,Rd}}\right) = 1,325$$

$$k_{zz} = \text{MIN}(k_{zz1}; k_{zz2}) = 1,325$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1,325$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,05 * \lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = 0,927$$

$$k_{zy2} = 1 - \frac{\lambda_{quer,z} * N_d}{(C_{mLT} - 0,25) * N_{z,b,Rd}} = -0,460$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; k_{zy2}) = 0,927$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = 0,96 \leq 1$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd}} + k_{zy} * \frac{M_{y,d} + (N_d * e_{Ny})}{M_{y,b,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,d} + (N_d * e_{Nz})}{M_{z,b,Rd}} = 0,96 \leq 1$$

3.32.3 Revisión de la conexión diagonal-puntal C60/40/8/2.0 (S 350 GD).

Connection to the uprights:

$$\text{max. tension } N_{d,z} = 25,37 \text{ kN}$$

$$\text{max. pressure } N_{d,d} = N_d = 27,96 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = \text{MAX}(N_{d,z}; N_{d,d}) = 27,96 \text{ kN}$$

Tornillo.

Tornillo 1xM10 (8.8); e₁= 30 [mm]

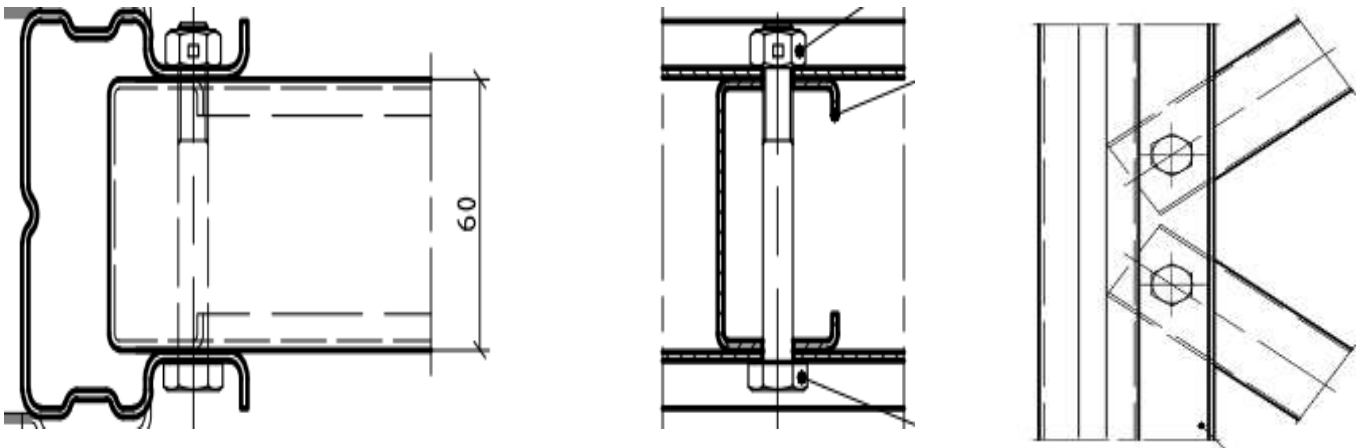


Figura 105: Diagrama de la conexión diagonal-puntal.

$\gamma_{M2} =$			1,25
Schr		=	M 10
FK		=	8.8
Anzahl n =			2
$\Delta d =$			0,50 mm
f_u		=	420,0 N/mm ²
f_{ub}		=	800,0 N/mm ²
Spannungsq. A_s		=	58,0 mm ²
Schaftd. d		=	10,00 mm
Lochd. $d_0 =$	$d + \Delta d$	=	10,50 mm
$\alpha_v =$	WENN(FK="10.9";0,5;0,6)	=	0,60
Beiwert $k_{LS1} =$	WENN($d/\Delta d < 8$;0,85;1,0)	=	1,00
Beiwert $k_{LS2} =$	WENN($d/\Delta d < 8$;0,8;1,0)	=	1,00
$F_{v,Rd} =$	$n * \frac{\alpha_v * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} * k_{LS1} * 10^{-3}$	=	44,54 kN
$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}}$		=	0,63 < 1
Randabstand $e_1 =$			30,00 mm
Randabstand $e_2 =$			20,00 mm
Schraubenabstand $p_1 =$			40,00 mm
Schraubenabstand $p_2 =$			40,00 mm
Anwendungsgrenzen:			
e_1/d_0		=	2,86 \geq 1,2
e_2/d_0		=	1,90 \geq 1,2
p_1/d_0		=	3,81 \geq 2,2
p_2/d_0		=	3,81 \geq 2,4
$\alpha_b =$	$\text{MIN}(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1)$	=	0,95
$k_1 =$	$\text{MIN}(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5)$	=	2,50
$F_{b,Rd} =$	$n * \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{M2}} * k_{LS2} * 10^{-3}$	=	31,92 kN
$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}}$		=	0,88 < 1

3.33 Comprobación matemática de anclaje HAS-E-55 1 1/4"




Hilti PROFIS Engineering 3.0.70

www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	1
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martinez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

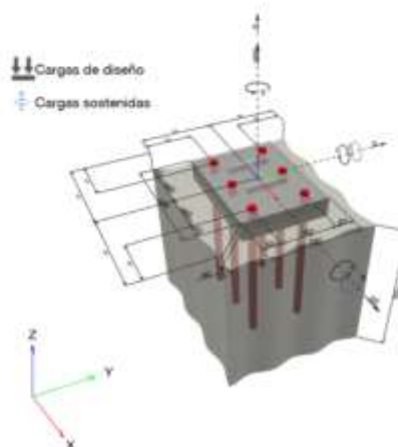
Specifier's comments:

1 Datos de entrada

Tipo de anclaje y diámetro:	HIT-RE 500 V3 + HAS-E-55 (ASTM F1554 Gr.55) 1 1/4	
Número de artículo:	no disponible (elemento) / 2123401 HIT-RE 500 V3 (adhesivo)	
Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act} = 520.0 \text{ mm}$ ($h_{ef,lim} = - \text{ mm}$)	
Material:	ASTM A 1554 Grade 55	
Informe de Evaluación:	ESR-3814	
Publicado Válido:	01/03/2021 01/01/2023	
Prueba:	Método de diseño ACI 318-08 / Chem	
Instalación mediante fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restricción (placa de anclaje): 2.00; $e_p = 40.0 \text{ mm}$; $t = 40.0 \text{ mm}$	
Placa base ^R :	Grout Hilti: , precisión, $f_{c,Grout} = 30.00 \text{ N/mm}^2$ $l_x \times l_y \times t = 430.0 \text{ mm} \times 330.0 \text{ mm} \times 40.0 \text{ mm}$; (Espesor de placa recomendado: no calculado)	
Perfil:	IPBi/HEA, IPBi 160 / HE 160 A; (L x W x T x FT) = 152.0 mm x 160.0 mm x 6.0 mm x 9.0 mm	
Material base:	no fisurado concreto, 6000, $f'_c = 6,000 \text{ psi}$; $h = 600.0 \text{ mm}$, Temp. corto/largo: 40/20 °C	
Instalación:	taladro a percusión, Condición de instalación: Seco	
Refuerzo:	tracción: condición B, cortante: condición B; no se presenta refuerzo adicional para desprendimiento refuerzo de borde: Ninguno o < varillas N° 4	
Cargas sísmicas (cat. C, D, E o F)	no	

^R - El cálculo del anclaje se basa en un supuesto de placa base rígida.

Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



¡La introducción de datos y resultados deben verificarse, asegurando su correspondencia con las condiciones existentes y asegurando su verosimilitud!
PROFIS Engineering (c) 2003-2021 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is a registered Trademark of Hilti AG, Schaan

www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	2
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

1.1 Resultados de cálculo

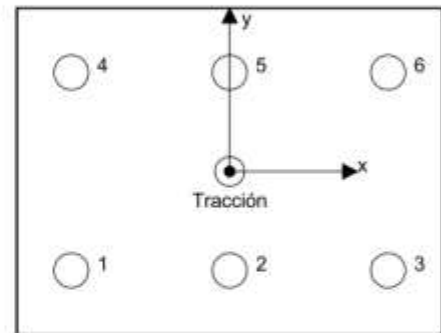
Caso	Descripción	Fuerzas [kN] / Momentos [kNm]	Sismico	Útil. máx. anclaje [%]
1	Combinación 1	N = 305.000; V _x = 92.000; V _y = 0.000; M _x = 0.000; M _y = 0.000; M _z = 0.000; N _{util} = 0.000; M _{x,util} = 0.000; M _{y,util} = 0.000;	no	100

2 Caso de carga/Resultante de cargas en los anclajes

Reacciones en el anclaje [kN]

Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Fuerza de cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	50.833	15.333	15.333	0.000
2	50.833	15.333	15.333	0.000
3	50.833	15.333	15.333	0.000
4	50.833	15.333	15.333	0.000
5	50.833	15.333	15.333	0.000
6	50.833	15.333	15.333	0.000



máx. deformación a compresión del concreto: - [%]
 máx. tensión de compresión del concreto: - [N/mm²]
 tracción resultante en (x/y)=(0.0/0.0): 305.000 [kN]
 compresión resultante en (x/y)=(0.0/0.0): 0.000 [kN]

Las fuerzas de anclaje se calculan basándose en un supuesto de placa base rígida.

3 Carga a tracción

	Carga N _{util} [kN]	Capacidad ϕ N _n [kN]	Utilización β _n = N _{util} /ϕ N _n	Resultado
Resistencia del acero*	50.833	242.489	21	OK
Fallo por adherencia**	305.000	858.186	36	OK
Resistencia de adherencia sostenida*	N/A	N/A	N/A	N/A
Falla al arrancamiento del concreto**	305.000	676.959	46	OK

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)



www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	3
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

3.1 Resistencia del acero

N_{sa} = ESR value ver ICC-ES ESR-3814
 $\phi N_{sa} \geq N_{ur}$ ACI 318-08 Ec. (D-1)

Variables

$A_{sa,N}$ [mm ²]	f_{sa} [N/mm ²]
625	517.11

Cálculos

N_{sa} [kN]
323.319

Resultados

N_{sa} [kN]	ϕ_{absol}	ϕN_{sa} [kN]	N_{ur} [kN]
323.319	0.750	242.489	50.833

www.hilti.com.mx

Empresa: SSI Schäfer
 Dirección: Av. Lope de Vega 125 Piso 9
 Teléfono | Fax: 5544547109 |
 Diseño: Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)
 Punto de fijación:

Página: 4
 Especificador: Emmanuel Martínez Colexcua
 Correo electrónico: emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
 Fecha: 12/06/2021

3.2 Fallo por adherencia

$$N_{ag} = \left(\frac{A_{Nb}}{A_{Nb0}} \right) \psi_{ec1,Nb} \psi_{ec2,Nb} \psi_{ed,Nb} \psi_{cp,Nb} N_{ba} \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-19)}$$

$$\phi N_{ag} \geq N_{ub} \quad \text{ACI 318-11 Tabla D.4.1.1}$$

$$A_{Nb} = \text{ver ACI 318-11, Parte D.5.5.1, Fig. RD.5.5.1(b)}$$

$$A_{Nb0} = (2 c_{Nb})^2 \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-20)}$$

$$c_{Nb} = 10 d_a \sqrt{\frac{\tau_{k,c,uncr}}{1100}} \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-21)}$$

$$\psi_{ec,Nb} = \left(\frac{1}{1 + \frac{e_N}{c_{Nb}}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-23)}$$

$$\psi_{ed,Nb} = 0.7 + 0.3 \left(\frac{c_{a,min}}{c_{Nb}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-25)}$$

$$\psi_{cp,Nb} = \text{MAX} \left(\frac{c_{a,min}}{c_{gc}}, \frac{c_{Nb}}{c_{gc}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-27)}$$

$$N_{ba} = \lambda_a \cdot \tau_{k,c} \cdot \pi \cdot d_a \cdot h_{ef} \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-22)}$$

Variables

$\tau_{k,c,uncr}$ [N/mm ²]	d_a [mm]	h_{ef} [mm]	$c_{a,min}$ [mm]	$\alpha_{overhead}$	$\tau_{k,c}$ [N/mm ²]
15.36	31.8	520.0	∞	1.000	15.36
$e_{c1,N}$ [mm]	$e_{c2,N}$ [mm]	c_{gc} [mm]	λ_a		
0.0	0.0	1,523.4	1.000		

Cálculos

c_{Nb} [mm]	A_{Nb} [mm ²]	A_{Nb0} [mm ²]	$\psi_{ed,Nb}$
449.8	1,341,149	809,340	1.000
$\psi_{ec1,Nb}$	$\psi_{ec2,Nb}$	$\psi_{cp,Nb}$	N_{ba} [kN]
1.000	1.000	1.000	796.749

Resultados

N_{ag} [kN]	ϕ_{bond}	ϕN_{ag} [kN]	N_{ub} [kN]
1,320.286	0.650	858.186	305.000



www.hilti.com.mx

Empresa: SSI Schäfer
 Dirección: Av. Lope de Vega 125 Piso 9
 Teléfono | Fax: 5544547109 |
 Diseño: Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)
 Punto de fijación:

Página: 5
 Especificador: Emmanuel Martínez Colexua
 Correo electrónico: emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
 Fecha: 12/06/2021

3.3 Falla al arrancamiento del concreto

$$N_{cbg} = \left(\frac{A_{Nc}}{A_{Ncd}} \right) \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-5)}$$

$$\phi N_{cbg} \geq N_{ud} \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-1)}$$

A_{Nc} ver ACI 318-08, Parte D.5.2.1, Fig. RD.5.2.1(b)

$$A_{Ncd} = 9 h_{ef}^2 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-6)}$$

$$\psi_{ec,N} = \left(\frac{1}{1 + \frac{2 e_N}{3 h_{ef}}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-9)}$$

$$\psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \left(\frac{c_{a,min}}{1.5 h_{ef}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-11)}$$

$$\psi_{cp,N} = \text{MAX} \left(\frac{c_{a,min}}{c_{ac}}, \frac{1.5 h_{ef}}{c_{ac}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-13)}$$

$$N_b = k_c \lambda \sqrt{f'_c} h_{ef}^{1.5} \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-7)}$$

Variables

h_{ef} [mm]	$e_{c1,N}$ [mm]	$e_{c2,N}$ [mm]	$c_{a,min}$ [mm]	$\psi_{c,N}$
520.0	0.0	0.0	=	1.000
c_{ac} [mm]	k_c	λ	f'_c [psi]	
1,523.4	24	1	6,000	

Cálculos

A_{Nc} [mm ²]	A_{Ncd} [mm ²]	$\psi_{ec1,N}$	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{ed,N}$	$\psi_{cp,N}$	N_b [kN]
3,308,800	2,433,600	1.000	1.000	1.000	1.000	765.998

Resultados

N_{cbg} [kN]	$\phi_{concreto}$	ϕN_{cbg} [kN]	N_{ud} [kN]
1,041.475	0.650	676.959	305.000



www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	6
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

4 Cortante

	Carga V_{sa} [kN]	Capacidad ϕV_n [kN]	Utilización $\beta_V = V_{sa} / \phi V_n$	Resultado
Resistencia del acero*	15.333	100.873	16	OK
Falla de acero (con brazo de palanca)*	15.333	18.529	83	OK
Falla por desprendimiento (control de resistencia al arrancamiento del concreto)**	92.000	1,458.065	7	OK
Fallo por borde de concreto en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

4.1 Resistencia del acero

V_{sa} = ESR value ver ICC-ES ESR-3814
 $\phi V_{steel} \geq V_{sa}$ ACI 318-08 Ec. (D-2)

Variables

$A_{se,v}$ [mm ²]	f_{ub} [N/mm ²]	$\alpha_{v,seis}$
625	517.11	1.000

Cálculos

V_{sa} [kN]
193.987

Resultados

V_{sa} [kN]	ϕ_{steel}	ϕ_{cb}	ϕV_{sa} [kN]	V_{sa} [kN]
193.987	0.650	0.800	100.873	15.333

www.hilti.com.mx

Empresa: SSI Schäfer
 Dirección: Av. Lope de Vega 125 Piso 9
 Teléfono | Fax: 5544547109 |
 Diseño: Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)
 Punto de fijación:

Página: 7
 Especificador: Emmanuel Martínez Colexcua
 Correo electrónico: emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
 Fecha: 12/06/2021

4.2 Falla de acero (con brazo de palanca)

V_s^M	$= \frac{\alpha_M \cdot M_s}{L_b}$	Ecuación de flexión para fijaciones a distancia
M_s	$= M_{cs}^0 \left(1 - \frac{N_{ub}}{\phi N_{cs}} \right)$	resistencia resultante a flexión del anclaje
M_{cs}^0	$= (1.2) (S) (f_{u,min})$	resistencia característica a flexión del anclaje
$\left(1 - \frac{N_{ub}}{\phi N_{cs}} \right)$		reducción para carga de tracción actuando simultáneamente con una carga de cortante en el anclaje
S	$= \frac{\pi(d)^3}{32}$	módulo elástico de la sección del perno en la superficie del concreto
L_b	$= z + (n)(d_0)$	Brazo de palanca ajustado para desprendimiento de la superficie de hormigón
ϕV_s^M	$\geq V_{ub}$	ACI 318-08 Ec. (D-2)

Variables

α_M	$f_{u,min} [N/mm^2]$	$N_{ub} [kN]$	$\phi N_{cs} [kN]$	$z [mm]$	n	$d_0 [mm]$
2.00	517.11	50.833	242.489	60.0	0.500	31.8

Cálculos

$M_{cs}^0 [kNm]$	$\left(1 - \frac{N_{ub}}{\phi N_{cs}} \right)$	$M_s [kNm]$	$L_b [mm]$
1.368	0.790	1.081	75.9

Resultados

$V_s^M [kN]$	ϕ_{steel}	$\phi V_s^M [kN]$	$V_{ub} [kN]$
28.506	0.650	18.529	15.333

www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	8
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

4.3 Falla por desprendimiento (control de resistencia al arrancamiento del concreto)

$$V_{cpg} = k_{cp} \left[\left(\frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} \right) \Psi_{ec,N} \Psi_{ed,N} \Psi_{c,N} \Psi_{cp,N} N_b \right] \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-31)}$$

$$\phi V_{cpg} \geq V_{um} \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-2)}$$

A_{Nc} ver ACI 318-08, Parte D.5.2.1, Fig. RD.5.2.1(b)

$$A_{Nc0} = 9 h_{ef}^2 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-6)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \left(\frac{1}{1 + \frac{2 e_{c1,N}}{3 h_{ef}}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-9)}$$

$$\Psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \left(\frac{c_{a,min}}{1.5 h_{ef}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-11)}$$

$$\Psi_{cp,N} = \text{MAX} \left(\frac{c_{a,min}}{c_{ac}}, \frac{1.5 h_{ef}}{c_{ac}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-13)}$$

$$N_b = k_c \lambda \sqrt{f_c} h_{ef}^{1.5} \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-7)}$$

Variables

k_{cp}	h_{ef} [mm]	$e_{c1,N}$ [mm]	$e_{c2,N}$ [mm]	$c_{a,min}$ [mm]
2	520.0	0.0	0.0	∞
$\Psi_{c,N}$	c_{ac} [mm]	k_c	λ	f_c [psi]
1.000	1,523.4	24	1	6,000

Cálculos

A_{Nc} [mm ²]	A_{Nc0} [mm ²]	$\Psi_{ec1,N}$	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{ed,N}$	$\Psi_{cp,N}$	N_b [kN]
3,308,800	2,433,600	1.000	1.000	1.000	1.000	765.998

Resultados

V_{cpg} [kN]	$\phi_{concrete}$	ϕV_{cpg} [kN]	V_{um} [kN]
2,082.950	0.700	1,458.065	92.000

5 Cargas combinadas de tracción y corte

β_N	β_V	ζ	Utilización $\beta_{N,V}$ [%]	Resultado
0.451	0.828	5/3	100	OK

$$\beta_{N,V} = \beta_N^{\zeta} + \beta_V^{\zeta} \leq 1$$



www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	9
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

6 Avisos

- Los métodos de diseño de anclaje en PROFIS Engineering requieren placas base rígidas según la normativa vigente (AS 5216:2018, ETAG 001 / Anexo C, EOTA TR029, etc.). Esto significa que no se considera la redistribución de la carga en los anclajes debido a las deformaciones elásticas de la placa base; se supone que la placa base es suficientemente rígida para no deformarse cuando se somete a la carga de diseño. PROFIS Engineering calcula el espesor mínimo requerido de la placa base con FEM para limitar la tensión de la placa en base a las suposiciones explicadas anteriormente. La prueba de si la suposición de la placa rígida es válida no es realizada por PROFIS Engineering. ¡Los datos de entrada y los resultados deben verificarse para ver si están de acuerdo con las condiciones existentes y por plausibilidad!
- La condición A se aplica cuando se emplea refuerzo suplementario. El factor Φ se incrementa por ñas resistencias de diseño que no sean del acero, excepto resistencia de Pullout y Pryout. La condición B se aplica cuando no se emplea refuerzo suplementario y para resistencia a Pullout y Pryout. Refer to ACI 318, Part D.4.4(c).
- ACI 318- no tiene en cuenta la flexión en el anclaje cuando existe fijación a distancia. ¡PROFIS Engineering calcula la carga de cortante correspondiente a un anclaje sometido a flexión cuando existe fijación a distancia e incluye los resultados como un diseño de resistencia!
- La resistencia de diseño de los anclajes químicos se ven influenciados por el método de limpieza seguido. Referencias a las INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN se dan en el informe de evaluación del servicio para la limpieza e instrucciones de instalación.
- La presente versión del software no tiene en cuenta las provisiones especiales para aplicaciones a techo. Ver homologación relativa (p. ej. sección 4.1.1 del ICC-ESR 2322) para más detalles.
- Para obtener información adicional acerca de disposiciones de diseño de resistencia de ACI 318, por favor ver el Manual técnico de Anclajes.

¡La fijación cumple los criterios de diseño!

www.hilti.com.mx

Empresa: SSI Schäfer
 Dirección: Av. Lope de Vega 125 Piso 9
 Teléfono / Fax: 5544547109 |
 Diseño: Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)
 Punto de fijación:

Página: 10
 Especificador: Emmanuel Martínez Colexcua
 Correo electrónico: emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
 Fecha: 12/06/2021

7 Datos de instalación

Perfil: IPBI/HEA, IPBI 160 / HE 160 A; (L x W x T x FT) = 152.0 mm x 160.0 mm x 6.0 mm x 9.0 mm

Diámetro de taladro en chapa: $d_t = 34.9$ mm

Espesor de la placa (entrada): 40.0 mm

Espesor de placa recomendado: no calculado

Método de perforación: Taladro a percusión

Limpieza: Se requiere limpieza con aire comprimido del taladro según a las instrucciones de instalación

Tipo de anclaje y diámetro: HIT-RE 500 V3 + HAS-E-55 (ASTM F1554 Gr.55) 1 1/4

Número de artículo: no disponible (elemento) / 2123401 HIT-RE 500 V3 (adhesivo)

Maximum installation torque: 271 Nm

Diámetro de taladro en material base: 34.9 mm

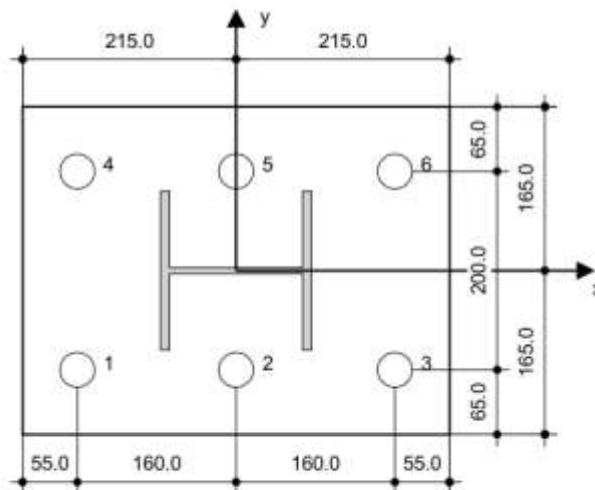
Profundidad de taladro en material base: 520.0 mm

Espesor mínimo del material base: 589.9 mm

Hilti HAS varilla roscada with HIT-RE 500 V3 resina de inyección with 520 mm embedment h_{ef} , 1 1/4, Acero galvanizado, Taladro a percusión installation per ESR-3814

7.1 Accesorios recomendados

Perforación	Limpieza	Instalación
<ul style="list-style-type: none"> Taladro a rotoperación adecuado Tamaño adecuado de broca. 	<ul style="list-style-type: none"> Aire comprimido con los accesorios requeridos para soplar desde el fondo del taladro. Diámetro adecuado de cepillo de alambre 	<ul style="list-style-type: none"> El sistema de inyección incluye el mezclador y porta-cartuchos Llave dinamométrica



Coordenadas del anclaje [mm]

Anclaje	x	y	c_x	c_{rx}	c_y	c_{ry}	Anclaje	x	y	c_x	c_{rx}	c_y	c_{ry}
1	-160.0	-100.0	-	-	-	-	4	-160.0	100.0	-	-	-	-
2	0.0	-100.0	-	-	-	-	5	0.0	100.0	-	-	-	-
3	160.0	-100.0	-	-	-	-	6	160.0	100.0	-	-	-	-



www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	11
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

8 Observaciones; Sus deberes de cooperación

- Toda la información y todos los datos contenidos en el software sólo se refieren a la utilización de los productos Hilti y están fundados en principios, fórmulas y normativas de seguridad conformes a las consignas técnicas de Hilti y en instrucciones de operación, montaje, ensamblaje, etc., que el usuario debe seguir exhaustivamente. Todas las cifras que en ellos constan son medias; por lo tanto, se deben realizar pruebas específicas de utilización antes de la utilización del producto Hilti aplicable. Los resultados de los cálculos ejecutados mediante el software reposan básicamente en los datos que usted introduce en el mismo. Por lo tanto, es usted el único responsable de la inexistencia de errores, de la exhaustividad y la pertinencia de los datos introducidos por usted mismo. Asimismo, es usted el único responsable de la verificación de los resultados del cálculo y de la validación de los mismos por un experto, en especial en lo referente al cumplimiento de las normas y permisos aplicables previamente a su utilización, en particular para su aplicación. El software sólo sirve de ayuda para la interpretación de las normas y permisos sin ninguna garantía con respecto a la ausencia de errores, la exactitud y la pertinencia de los resultados o su adaptación a una determinada aplicación.
- Debe usted tomar todas las medidas necesarias y razonables para impedir o limitar los daños causados por el software. En especial, debe usted tomar sus disposiciones para efectuar regularmente una copia de seguridad de los programas y de los datos y, de ser aplicable, ejecutar las actualizaciones regularmente facilitadas por Hilti. Si no utiliza la función AutoUpdate del software, debe usted comprobar que en cada caso usted utiliza la versión actual y puesta al día del software, ejecutando actualizaciones manuales a través del Sitio Web Hilti. Hilti no será considerada como responsable por cualquier consecuencia, tal y como la necesidad de recuperar necesidades o programas perdidos o dañados, que se deriven de un incumplimiento, por su parte, de sus obligaciones.

3.34 Comprobación matemática de anclaje HAS-E-55 7/8"



Hilti PROFIS Engineering 3.0.70


www.hilti.com.mx

Empresa: SSI Schäfer
 Dirección: Av. Lope de Vega 125 Piso 9
 Teléfono | Fax: 5544547109 |
 Diseño: Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)
 Punto de fijación:

Página: 1
 Especificador: Emmanuel Martínez Colexcua
 Correo electrónico: emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
 Fecha: 12/06/2021

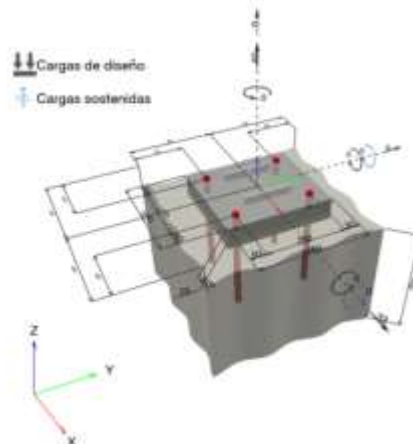
Specifier's comments:

1 Datos de entrada

Tipo de anclaje y diámetro:	HIT-RE 500 V3 + HAS-E-55 (ASTM F1554 Gr.55) 7/8	
Número de artículo:	no disponible (elemento) / 2123401 HIT-RE 500 V3 (adhesivo)	
Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act} = 280.0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)	
Material:	ASTM A 1554 Grade 55	
Informe de Evaluación:	ESR-3814	
Publicado Válido:	01/03/2021 01/01/2023	
Prueba:	Método de diseño ACI 318-08 / Chem	
Instalación mediante fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restricción (placa de anclaje): 2.00; $e_b = 25.0 \text{ mm}$; $t = 50.0 \text{ mm}$	
	Grout Hilti: . precisión, $f_{c,Grout} = 30.00 \text{ N/mm}^2$	
Placa base ^R :	$l_x \times l_y \times t = 320.0 \text{ mm} \times 350.0 \text{ mm} \times 50.0 \text{ mm}$; (Espesor de placa recomendado: no calculado)	
Perfil:	IPBI/HEA, IPBI 160 / HE 160 A; (L x W x T x FT) = 152.0 mm x 160.0 mm x 6.0 mm x 9.0 mm	
Material base:	no fisurado concreto, 6000, $f_c' = 6,000 \text{ psi}$; $h = 400.0 \text{ mm}$, Temp. corto/largo: 40/20 °C	
Instalación:	taladro a percusión, Condición de instalación: Seco	
Refuerzo:	tracción: condición B, cortante: condición B; no se presenta refuerzo adicional para desprendimiento	
	refuerzo de borde: Ninguno o < varillas N° 4	
Cargas sísmicas (cat. C, D, E o F)	no	

^R - El cálculo del anclaje se basa en un supuesto de placa base rígida.

Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



(La introducción de datos y resultados deben verificarse, asegurando su correspondencia con las condiciones existentes y asegurando su verosimilitud)
 PROFIS Engineering (c) 2003-2021 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is a registered Trademark of Hilti AG, Schaan

www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	2
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

1.1 Resultados de cálculo

Caso	Descripción	Fuerzas [kN] / Momentos [kNm]	Sísmico	Útil. máx. anclaje [%]
1	Combinación 1	$N = 60.000; V_x = 33.000; V_y = 0.000;$ $M_x = 0.000; M_y = 0.000; M_z = 0.000;$ $N_{s.us} = 0.000; M_{x,s.us} = 0.000; M_{y,s.us} = 0.000;$	no	100

2 Caso de carga/Resultante de cargas en los anclajes
Reacciones en el anclaje [kN]

Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

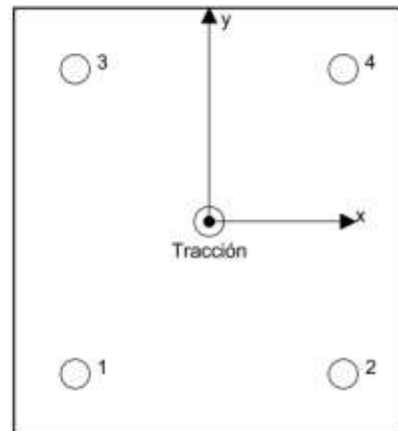
Anclaje	Carga a tracción	Fuerza de cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	15.000	8.250	8.250	0.000
2	15.000	8.250	8.250	0.000
3	15.000	8.250	8.250	0.000
4	15.000	8.250	8.250	0.000

máx. deformación a compresión del concreto: - [%]

 máx. tensión de compresión del concreto: - [N/mm²]

tracción resultante en (x/y)=(0.0/0.0): 60.000 [kN]

compresión resultante en (x/y)=(0.0/0.0): 0.000 [kN]



Las fuerzas de anclaje se calculan basándose en un supuesto de placa base rígida.

3 Carga a tracción

	Carga N_{us} [kN]	Capacidad ϕN_n [kN]	Utilización $\beta_N = N_{us}/\phi N_n$	Resultado
Resistencia del acero*	15.000	115.531	13	OK
Fallo por adherencia**	60.000	405.068	15	OK
Resistencia de adherencia sostenida*	N/A	N/A	N/A	N/A
Falla al arrancamiento del concreto**	60.000	322.142	19	OK

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)



www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	3
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

3.1 Resistencia del acero

N_{sa} = ESR value ver ICC-ES ESR-3814
 $\phi N_{sa} \geq N_{sa}$ ACI 318-08 Ec. (D-1)

Variables

$A_{sc,N}$ [mm ²]	f_{sa} [N/mm ²]
298	517.11

Cálculos

N_{sa} [kN]
154.042

Resultados

N_{sa} [kN]	ϕ_{steel}	ϕN_{sa} [kN]	N_{sa} [kN]
154.042	0.750	115.531	15.000

www.hilti.com.mx

Empresa: SSI Schäfer
 Dirección: Av. Lope de Vega 125 Piso 9
 Teléfono | Fax: 5544547109 |
 Diseño: Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)
 Punto de fijación:

Página: 4
 Especificador: Emmanuel Martínez Colexcua
 Correo electrónico: emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
 Fecha: 12/06/2021

3.2 Fallo por adherencia

$$N_{sg} = \left(\frac{A_{Nb}}{A_{Nbd}} \right) \psi_{ec1,Nb} \psi_{ec2,Nb} \psi_{ed,Nb} \psi_{cp,Nb} N_{ba} \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-19)}$$

$$\phi N_{sg} \geq N_{us} \quad \text{ACI 318-11 Tabla D.4.1.1}$$

$$A_{Nb} = \text{ver ACI 318-11, Parte D.5.5.1, Fig. RD.5.5.1(b)}$$

$$A_{Nbd} = (2 c_{Nb})^2 \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-20)}$$

$$c_{Nb} = 10 d_a \sqrt{\frac{\tau_{k,c,concr}}{1100}} \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-21)}$$

$$\psi_{ec,Nb} = \left(\frac{1}{1 + \frac{e_N}{c_{Nb}}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-23)}$$

$$\psi_{ed,Nb} = 0.7 + 0.3 \left(\frac{c_{g,min}}{c_{Nb}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-25)}$$

$$\psi_{cp,Nb} = \text{MAX} \left(\frac{c_{g,min}}{c_{ac}}, \frac{c_{Nb}}{c_{ac}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-27)}$$

$$N_{ba} = \lambda_a \cdot \tau_{k,c} \cdot \pi \cdot d_a \cdot h_{ef} \quad \text{ACI 318-11 Ec. (D-22)}$$

Variables

$\tau_{k,c,concr}$ [N/mm ²]	d_a [mm]	h_{ef} [mm]	$c_{g,min}$ [mm]	$\alpha_{overhead}$	$\tau_{k,c}$ [N/mm ²]
17.51	22.2	280.0	∞	1.000	17.51
$e_{c1,N}$ [mm]	$e_{c2,N}$ [mm]	c_{ac} [mm]	λ_a		
0.0	0.0	765.8	1.000		

Cálculos

c_{Nb} [mm]	A_{Nb} [mm ²]	A_{Nbd} [mm ²]	$\psi_{ed,Nb}$
336.1	822,937	451,964	1.000
$\psi_{ec1,Nb}$	$\psi_{ec2,Nb}$	$\psi_{cp,Nb}$	N_{ba} [kN]
1.000	1.000	1.000	342.256

Resultados

N_{sg} [kN]	ϕ_{bond}	ϕN_{sg} [kN]	N_{us} [kN]
623.181	0.650	405.068	60.000

www.hilti.com.mx

Empresa: SSI Schäfer
 Dirección: Av. Lope de Vega 125 Piso 9
 Teléfono | Fax: 5544547109 |
 Diseño: Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)
 Punto de fijación:

Página: 5
 Especificador: Emmanuel Martínez Colexcua
 Correo electrónico: emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
 Fecha: 12/06/2021

3.3 Falla al arrancamiento del concreto

$$N_{cbg} = \left(\frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} \right) \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-5)}$$

$$\phi N_{cbg} \geq N_{ub} \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-1)}$$

 A_{Nc} ver ACI 318-08, Parte D.5.2.1, Fig. RD.5.2.1(b)

$$A_{Nc0} = 9 h_{ef}^2 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-6)}$$

$$\psi_{ec,N} = \left(\frac{1}{1 + \frac{2 e_N}{3 h_{ef}}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-9)}$$

$$\psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \left(\frac{c_{a,min}}{1.5 h_{ef}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-11)}$$

$$\psi_{cp,N} = \text{MAX} \left(\frac{c_{a,min}}{c_{sc}}, \frac{1.5 h_{ef}}{c_{sc}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-13)}$$

$$N_b = k_c \lambda \sqrt{f'_c} h_{ef}^{1.5} \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-7)}$$

Variables

h_{ef} [mm]	$e_{c1,N}$ [mm]	$e_{c2,N}$ [mm]	$c_{a,min}$ [mm]	$\psi_{c,N}$
280.0	0.0	0.0	∞	1.000
c_{sc} [mm]	k_c	λ	f'_c [psi]	
765.8	24	1	6,000	

Cálculos

A_{Nc} [mm ²]	A_{Nc0} [mm ²]	$\psi_{ec1,N}$	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{ed,N}$	$\psi_{cp,N}$	N_b [kN]
1,155,400	705,600	1.000	1.000	1.000	1.000	302.663

Resultados

N_{cbg} [kN]	$\phi_{concrete}$	ϕN_{cbg} [kN]	N_{ub} [kN]
495.602	0.650	322.142	60.000



www.hilti.com.mx

Empresa: SSI Schäfer
 Dirección: Av. Lope de Vega 125 Piso 9
 Teléfono | Fax: 5544547109 |
 Diseño: Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)
 Punto de fijación:

Página: 6
 Especificador: Emmanuel Martínez Colexcua
 Correo electrónico: emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
 Fecha: 12/06/2021

4 Cortante

	Carga V_{ua} [kN]	Capacidad ϕV_n [kN]	Utilización $\beta_v = V_{ua}/\phi V_n$	Resultado
Resistencia del acero*	8.250	48.066	18	OK
Falla de acero (con brazo de palanca)*	8.250	8.329	100	OK
Falla por desprendimiento (control de resistencia al arrancamiento del concreto)**	33.000	693.843	5	OK
Fallo por borde de concreto en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

4.1 Resistencia del acero

V_{sa} = ESR value ver ICC-ES ESR-3814
 $\phi V_{steel} \geq V_{sa}$ ACI 318-08 Ec. (D-2)

Variables

$A_{se,V}$ [mm ²]	f_{ua} [N/mm ²]	$\alpha_{v,seis}$
298	517.11	1.000

Cálculos

V_{sa} [kN]
92.434

Resultados

V_{sa} [kN]	ϕ_{steel}	ϕ_{eb}	ϕV_{sa} [kN]	V_{ua} [kN]
92.434	0.650	0.800	48.066	8.250

www.hilti.com.mx

Empresa: SSI Schäfer
 Dirección: Av. Lope de Vega 125 Piso 9
 Teléfono | Fax: 5544547109 |
 Diseño: Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)
 Punto de fijación:

Página: 7
 Especificador: Emmanuel Martínez Colexcua
 Correo electrónico: emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
 Fecha: 12/06/2021

4.2 Falla de acero (con brazo de palanca)

V_s^M	$= \frac{\alpha_M \cdot M_s}{L_b}$	Ecuación de flexión para fijaciones a distancia
M_s	$= M_s^o \left(1 - \frac{N_{us}}{\phi N_{sa}} \right)$	resistencia resultante a flexión del anclaje
M_s^o	$= (1.2) (S) (f_{u,min})$	resistencia característica a flexión del anclaje
$\left(1 - \frac{N_{us}}{\phi N_{sa}} \right)$		reducción para carga de tracción actuando simultáneamente con una carga de cortante en el anclaje
S	$= \frac{\pi(d)^3}{32}$	módulo elástico de la sección del perno en la superficie del concreto
L_b	$= z + (n)(d_b)$	Brazo de palanca ajustado para desprendimiento de la superficie de hormigón
ϕV_s^M	$\geq V_{us}$	ACI 318-08 Ec. (D-2)

Variables

α_M	$f_{u,min}$ [N/mm ²]	N_{us} [kN]	ϕN_{sa} [kN]	z [mm]	n	d_b [mm]
2.00	517.11	15.000	115.531	50.0	0.500	22.2

Cálculos

M_s^o [kNm]	$\left(1 - \frac{N_{us}}{\phi N_{sa}} \right)$	M_s [kNm]	L_b [mm]
0.450	0.870	0.392	61.1

Resultados

V_s^M [kN]	ϕ_{steel}	ϕV_s^M [kN]	V_{us} [kN]
12.814	0.650	8.329	8.250

www.hilti.com.mx

 Empresa: SSI Schäfer
 Dirección: Av. Lope de Vega 125 Piso 9
 Teléfono | Fax: 5544547109 |
 Diseño: Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)
 Punto de fijación:

 Página: 8
 Especificador: Emmanuel Martínez Colexcua
 Correo electrónico: emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
 Fecha: 12/06/2021

4.3 Falla por desprendimiento (control de resistencia al arrancamiento del concreto)

$$V_{cpq} = k_{cp} \left[\left(\frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} \right) \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \right] \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-31)}$$

$$\phi V_{cpq} \geq V_{ub} \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-2)}$$

 A_{Nc} ver ACI 318-08, Parte D.5.2.1, Fig. RD.5.2.1(b)

$$A_{Nc0} = 9 h_{ef}^2 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-6)}$$

$$\psi_{ec,N} = \left(\frac{1}{1 + \frac{2 e_{c1,N}}{3 h_{ef}}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-9)}$$

$$\psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \left(\frac{c_{a,min}}{1.5 h_{ef}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-11)}$$

$$\psi_{cp,N} = \text{MAX} \left(\frac{c_{a,min}}{c_{ac}}, \frac{1.5 h_{ef}}{c_{ac}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-13)}$$

$$N_b = k_c \lambda \sqrt{f_c} h_{ef}^{1.5} \quad \text{ACI 318-08 Ec. (D-7)}$$

Variables

k_{cp}	h_{ef} [mm]	$e_{c1,N}$ [mm]	$e_{c2,N}$ [mm]	$c_{a,min}$ [mm]
2	280.0	0.0	0.0	∞
$\psi_{c,N}$	c_{ac} [mm]	k_c	λ	f_c [psi]
1.000	765.8	24	1	6.000

Cálculos

A_{Nc} [mm ²]	A_{Nc0} [mm ²]	$\psi_{ec1,N}$	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{ed,N}$	$\psi_{cp,N}$	N_b [kN]
1,155,400	705,600	1.000	1.000	1.000	1.000	302.663

Resultados

V_{cpq} [kN]	$\phi_{concrete}$	ϕV_{cpq} [kN]	V_{ub} [kN]
991.205	0.700	693.843	33.000

5 Cargas combinadas de tracción y corte

β_N	β_V	ζ	Utilización β_{NV} [%]	Resultado
0.186	0.991	1.000	99	OK

$$\beta_{NV} = (\beta_N + \beta_V) / 1.2 \leq 1$$



www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	9
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

6 Avisos

- Los métodos de diseño de anclaje en PROFIS Engineering requieren placas base rígidas según la normativa vigente (AS 5216:2018, ETAG 001 / Anexo C, EOTA TR029, etc.). Esto significa que no se considera la redistribución de la carga en los anclajes debido a las deformaciones elásticas de la placa base; se supone que la placa base es suficientemente rígida para no deformarse cuando se somete a la carga de diseño. PROFIS Engineering calcula el espesor mínimo requerido de la placa base con FEM para limitar la tensión de la placa en base a las suposiciones explicadas anteriormente. La prueba de si la suposición de la placa rígida es válida no es realizada por PROFIS Engineering. ¡Los datos de entrada y los resultados deben verificarse para ver si están de acuerdo con las condiciones existentes y por plausibilidad!
- La condición A se aplica cuando se emplea refuerzo suplementario. El factor Φ se incrementa por las resistencias de diseño que no sean del acero, excepto resistencia de Pullout y Pryout. La condición B se aplica cuando no se emplea refuerzo suplementario y para resistencia a Pullout y Pryout. Refer to ACI 318, Part D.4.4(c).
- ACI 318- no tiene en cuenta la flexión en el anclaje cuando existe fijación a distancia. ¡PROFIS Engineering calcula la carga de cortante correspondiente a un anclaje sometido a flexión cuando existe fijación a distancia e incluye los resultados como un diseño de resistencia!
- La resistencia de diseño de los anclajes químicos se ven influenciados por el método de limpieza seguido. Referencias a las INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN se dan en el informe de evaluación del servicio para la limpieza e instrucciones de instalación.
- La presente versión del software no tiene en cuenta las provisiones especiales para aplicaciones a techo. Ver homologación relativa (p. ej. sección 4.1.1 del ICC-ESR 2322) para más detalles.
- Para obtener información adicional acerca de disposiciones de diseño de resistencia de ACI 318, por favor ver el Manual técnico de Anclajes.

¡La fijación cumple los criterios de diseño!

www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	10
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

7 Datos de instalación

Perfil: IPBi/HEA, IPBi 160 / HE 160 A: (L x W x T x FT) = 152.0 mm x 160.0 mm x 6.0 mm x 9.0 mm

Diámetro de taladro en chapa: $d_t = 23.8$ mm

Espesor de la placa (entrada): 50.0 mm

Espesor de placa recomendado: no calculado

Método de perforación: Taladro a percusión

Limpieza: Se requiere limpieza con aire comprimido del taladro según a las instrucciones de instalación

Tipo de anclaje y diámetro: HIT-RE 500 V3 + HAS-E-55 (ASTM F1554 Gr.55) 7/8

Número de artículo: no disponible (elemento) / 2123401 HIT-RE 500 V3 (adhesivo)

Maximum installation torque: 169 Nm

Diámetro de taladro en material base: 25.4 mm

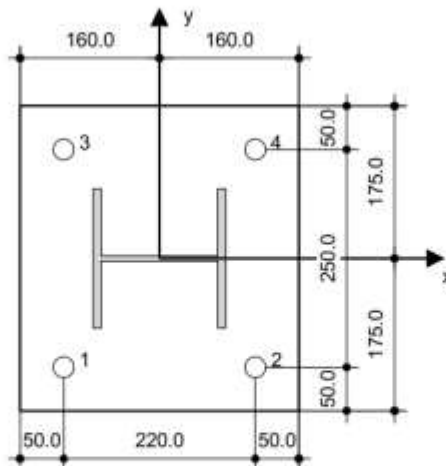
Profundidad de taladro en material base: 280.0 mm

Espesor mínimo del material base: 330.8 mm

Hilti HAS varilla roscada with HIT-RE 500 V3 resina de inyección with 280 mm embedment h_{ef} , 7/8, Acero galvanizado, Taladro a percusión installation per ESR-3814

7.1 Accesorios recomendados

Perforación	Limpieza	Instalación
<ul style="list-style-type: none"> Taladro a rotoperación adecuado Tamaño adecuado de broca 	<ul style="list-style-type: none"> Aire comprimido con los accesorios requeridos para soplar desde el fondo del taladro. Diámetro adecuado de cepillo de alambre 	<ul style="list-style-type: none"> El sistema de inyección incluye el mezclador y porta-cartuchos Llave dinamométrica



Coordenadas del anclaje [mm]

Anclaje	x	y	c_{x_1}	c_{x_2}	c_{y_1}	c_{y_2}
1	-110.0	-125.0	-	-	-	-
2	110.0	-125.0	-	-	-	-
3	-110.0	125.0	-	-	-	-
4	110.0	125.0	-	-	-	-



www.hilti.com.mx

Empresa:	SSI Schäfer	Página:	11
Dirección:	Av. Lope de Vega 125 Piso 9	Especificador:	Emmanuel Martínez Colexcua
Teléfono Fax:	5544547109	Correo electrónico:	emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com
Diseño:	Concreto - 12 de jun. de 2021 (2) (1)	Fecha:	12/06/2021
Punto de fijación:			

8 Observaciones; Sus deberes de cooperación

- Toda la información y todos los datos contenidos en el software sólo se refieren a la utilización de los productos Hilti y están fundados en principios, fórmulas y normativas de seguridad conformes a las consignas técnicas de Hilti y en instrucciones de operación, montaje, ensamblaje, etc., que el usuario debe seguir exhaustivamente. Todas las cifras que en ellos constan son medias; por lo tanto, se deben realizar pruebas específicas de utilización antes de la utilización del producto Hilti aplicable. Los resultados de los cálculos ejecutados mediante el software reposan básicamente en los datos que usted introduce en el mismo. Por lo tanto, es usted el único responsable de la inexistencia de errores, de la exhaustividad y la pertinencia de los datos introducidos por usted mismo. Asimismo, es usted el único responsable de la verificación de los resultados del cálculo y de la validación de los mismos por un experto, en especial en lo referente al cumplimiento de las normas y permisos aplicables previamente a su utilización, en particular para su aplicación. El software sólo sirve de ayuda para la interpretación de las normas y permisos sin ninguna garantía con respecto a la ausencia de errores, la exactitud y la pertinencia de los resultados o su adaptación a una determinada aplicación.
- Debe usted tomar todas las medidas necesarias y razonables para impedir o limitar los daños causados por el software. En especial, debe usted tomar sus disposiciones para efectuar regularmente un copia de seguridad de los programas y de los datos y, de ser aplicable, ejecutar las actualizaciones regularmente facilitadas por Hilti. Si no utiliza la función AutoUpdate del software, debe usted comprobar que en cada caso usted utiliza la versión actual y puesta al día del software, ejecutando actualizaciones manuales a través del Sitio Web Hilti. Hilti no será considerada como responsable por cualquier consecuencia, tal y como la necesidad de recuperar necesidades o programas perdidos o dañados, que se deriven de un incumplimiento, por su parte, de sus obligaciones.

3.35 Requisitos y estrategias para almacenamiento y llenado de un almacén automático de alta estiba tipo Schäfer.

Los siguientes criterios deben tomarse en cuenta para el llenado de un almacén automático de alta estiba tipo Schäfer por primera vez.

Los puntos se ordenan según su importancia.

No se mencionan las restricciones que afectan directamente la carga y restringen la ubicación de almacenamiento, por ejemplo

- Altura de carga definida para ciertos niveles.
- Productos térmicamente sensibles.

En instalaciones logísticas de varios niveles de carga será de vital importancia cargar el sistema de manera uniforme con base en las siguientes primicias.

1. La distribución uniforme de cargas es el objetivo principal.

Si es previsible que esto no se logre, un especialista en estática de estantes deberá ser contactado en una etapa temprana. La distribución desigual de la carga puede tener un impacto significativo en la estabilidad de los bastidores especialmente en estructuras de alta estiba HBW ubicados en zonas de alta sismicidad.

2. La carga inicial deberá realizarse de los niveles inferiores hacia los niveles superiores nivel por nivel dando prioridad al eje longitudinal.



Figura 106: Proceso de carga inicial sistema HBW.

3. Las secciones exteriores y las zonas cercanas a las torres de arriostamiento serán las zonas más adecuadas para el almacenamiento de las primeras unidades de carga.

Es deseable que las unidades de carga respeten el peso promedio de las cargas de proyecto. A partir de la torre de arriostamiento, se debe llenar el HBW restante, en cualquier caso, el objetivo es evitar que la zona de la torre de arriostamiento quede vacía cuando todo el estante se ha cargado en un grado significativo.

4. Las secciones de estanterías exteriores y las torres de arriostamiento podrán cargarse en mayor medida que el promedio del sistema. Esta acción permite compensar parcialmente el asentamiento natural del sistema durante la carga inicial. Estrategia de llenado de afuera hacia adentro.
5. La seguridad operativa para sistemas de doble profundidad depende principalmente del peso del pallet central (Almacenamiento de 3 paletas). La paleta central tiene la mayor influencia en la deflexión de los rieles y los largueros del sistema, por lo tanto, representa el mayor riesgo. Por tanto, el

objetivo de la estrategia de llenado deberá ser el almacenar las paletas más ligeras en el espacio medio.

6. Se deberá evitar casos de carga desfavorable en vigas continuas. La deflexión de una viga de 3 tramos (porta paletas estándar) es mayor cuando los campos 1 y 3 están cargados y el segundo campo está vacío. Si podemos reducir la probabilidad de esta combinación de carga, la probabilidad de una falla también se reduce potencialmente.
7. Sistemas en terrenos sensibles a los asentamientos. Si el suelo es sensible al fenómeno de asentamiento, puede ser necesario mantener la estrategia de llenado inicial durante un período de tiempo aproximado a 12 meses. La decisión al respecto debe discutirse con el experto en geotecnia.
8. Las zonas cercanas a las torres de refuerzo deberán cargarse con las unidades de carga más pesadas de la estantería, esto es para tener en cuenta las fuerzas críticas de tracción en los anclajes. Adicionalmente se debe instalar el medidor de viento listado en FEM 9.841 y limitar el uso del HBW si se supera el 70% del viento de diseño.

Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones.

4.1 Conclusiones.

Como resultado del análisis y con el objetivo de la “IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ALTA ESTIBA TIPO SCHAEFER EN EL TERRITORIO MEXICANO” podemos concluir que la utilización de este tipo de tecnología y sistema estructural de origen alemán será posible cumpliendo las siguientes primicias.

1. El sistema estructural deberá ser reforzado con acero de laminación en caliente para aumentar la rigidez y minimizar los desplazamientos globales de la estructura. El tipo de acero utilizado para nuestro proyecto es el S355 de origen alemán cuyo límite elástico no podrá ser menor a 35.50 [kN/cm²]. El mencionado acero S 355 pertenece a la base de datos DIN/EN 1993-1-1:2010-12 lo que quiere decir que deberá contar con sus respectivos certificados de molino conocidos como “Mill Certificate” para su correcta homologación y entrada al país.
2. Existe una diferencia sustancial en el diseño de los sistemas High Bay Warehouse con respecto a proyectos similares proyectados para el continente europeo y esta diferencia radica en las cargas accidentales por sismo y viento presentes en el territorio mexicano ya que en el continente europeo, las cargas horizontales más representativas son el diseño por viento e imperfección de los materiales los cuales representan únicamente un 7% comparado con las acciones sísmicas presentes en el territorio mexicano. Las mencionadas cargas accidentales nos obligaron al reforzamiento de la estructura con acero de laminación en caliente, lo que automáticamente se traduce en la pérdida de posiciones de almacenamiento y a una mayor densidad en la cantidad de acero cercana al 200%

comparativamente hablando con proyectos similares implementados en el continente europeo.

3. Hablando de los casos y combinaciones de carga, se concluye que las cargas dominantes para nuestro diseño estructural son las cargas derivadas del análisis sísmico y las diferentes combinaciones de estas para dos direcciones ortogonales. Nuestro arreglo estructural garantiza la perfecta integración entre las uniones, conexión con el transelevador y el rack respetando en todo momento las tolerancias de fabricación, tolerancias de montaje, deformaciones permitidas durante la operación en función de las diversas acciones y combinación de esfuerzos.
4. En el tema desplazamientos horizontales y en el entendido que nuestro sistema es flexible y presenta ciclos histeréticos amplios, no podemos esperar un comportamiento similar al de un edificio o bien limitar los desplazamientos a un $0.015 \cdot H$ tal como lo establecen las normas y códigos mexicanos vigentes. Esta primicia es plenamente sustentada en que nuestra estructura pertenece al grupo estructural B1 y no se pretende contar con personal operativo al interior del sistema de transelevadores. Por otro lado, el desplazamiento no podrá ser mayor al $0.02 \cdot H$ para evitar la caída de alguna unidad de carga que pudiera colisionar con el acero de laminación en frío y provocar un colapso parcial o total del sistema.
5. Interfase con la losa de concreto. La única interfase sobre la losa de concreto es realizada con los anclajes químicos que transmiten los esfuerzos de tracción y compresión en cada uno de los puntales del sistema. La tolerancia máxima en la construcción de la losa de concreto será de ± 15 [mm] en toda su superficie, siendo realizada la nivelación del rack tomando como base el punto más elevado del piso terminado. La nivelación será realizada con un sistema de tuerca y contratuerca, rellenando posteriormente la superficie de

contacto placa base-losa de concreto con grout de alta resistencia para una correcta transmisión de esfuerzos al sistema de piso.

6. Vida útil del sistema. Al tratarse de una estructura completamente galvanizada, se contempla una mayor resistencia a la corrosión, se proyecta el sistema completo con puntales y vigas sin soldadura lo que minimiza las imperfecciones causadas por mala ejecución o bien errores humanos durante el proceso de soldadura. Por otro lado, la naturaleza del sistema evita la acumulación de suciedad lo que se traduce en un mayor grado de limpieza que nos garantiza una vida útil mínima de 30 años considerando un mantenimiento mínimo anual.

4.2 Recomendaciones.

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio, se determinó que las estructuras de almacenamiento tipo High Bay Warehouse de la empresa SSI Schäfer GmbH podrán ser proyectadas y utilizadas de forma segura en el territorio nacional respetando las siguientes recomendaciones.

1. Se deberá contar con un estudio de mecánica de suelos con el objetivo de determinar los tiempos de arribo y las velocidades de onda longitudinal (V_p) y de cortante (V_s) en los diferentes horizontes estratigráficos del subsuelo, lo cual dará certeza de la confiabilidad de los resultados.
2. Podrán utilizarse criterios de diseño basados en el control de los desplazamientos si se demuestra con bases técnicas la metodología de diseño utilizada. Lo anterior requerirá imperantemente un estudio geofísico del sitio que establezca con claridad las propiedades dinámicas del subsuelo del sitio en cuestión.
3. Las normas europeas utilizadas en nuestro proyecto son de aplicación general y de observancia obligatoria para el diseño y cálculo de estructuras de estanterías, así como de sistemas de almacenamiento en general. Dichas normas son aplicables en México debido a que en nuestro país no contamos con una normativa específica para el cálculo y diseño de estructuras de almacenamiento a base de acero delgado. Con esto no podemos pasar por alto el actual Reglamento de Construcciones, así como las Normas Técnicas Complementarias aplicables al territorio mexicano. Las normas europeas utilizadas en nuestro estudio cumplen los lineamientos estipulados en la normativa mexicana y son consideradas en el análisis estructural buscando hacer más eficientes los tiempos de ejecución y recursos materiales cuidando ante todo la seguridad estructural del proyecto.

4. Las estructuras de almacenamiento tipo HBW de la empresa SSI Schäfer no cuentan con un diafragma rígido en su concepción por lo tanto deberán ser analizadas de manera simultánea en cada dirección de la estructuración. Es importante señalar que este tipo de estructuras aunado al tipo y características propias de los materiales las convierten en estructuras flexibles con ciclos histéricos bastante amplios antes de llegar a la falla, lo que implica que pertenecen al grupo de estructuras dúctiles.

5. Se deberá contar con la modelación tridimensional completa de la estantería atendiendo a las normas europeas citadas para el diseño de la estructura. La determinación de aceleraciones, velocidades de ráfaga, empujes de viento, aceleraciones y espectros sísmicos se tomarán en cuenta las normas y códigos vigentes en la República Mexicana con el fin de dimensionar correctamente todos los elementos de la estructura (puntales, diagonales, rieles, largueros, estructuras de arriostamiento, anclajes, placas base, entre otros).

6. Las propiedades de las conexiones deberán ser determinadas por métodos empíricos en un laboratorio certificado ya que dichas pruebas han demostrado que las conexiones son en estricto sentido conexiones semirrígidas por lo tanto considerar estas como continuas representa un análisis más fidedigno al comportamiento del sistema.

7. Las estructuras de almacenamiento tipo High Bay Warehouse deberán realizarse con un análisis de segundo orden ($P-\Delta$) para considerar los efectos de las deformaciones globales en las solicitaciones internas de los elementos y con ello garantizar el correcto desempeño de los elementos estructurales ante las acciones de cargas accidentales tales como sismo o viento.

8. Todos los materiales, elementos y equipos estarán sujetos a inspección y pruebas por parte de la supervisión del proyecto, para ello SSI Schäfer dará todas las facilidades y asistencia necesaria para el desarrollo de estas inspecciones, dichas inspecciones no exoneran al fabricante de su responsabilidad en cuanto a defectos o fallas que pudieran ser encontradas en el sitio.
9. Los materiales por emplear en la fabricación de los elementos deberán ser de lámina rolada en frío que permitan el habilitado sin que se produzca daños o fisuras en el material, dichos materiales se encuentran establecidos en la norma europea EN-1993 capítulo 3 y su límite elástico no podrá ser menor a 35.0 [kN/cm²]. El material utilizado en el cálculo deberá ser el mismo utilizado para la fabricación y el indicado en los planos.
10. Los cálculos realizados y documentación deberán ser presentados en el Sistema Internacional de Medidas (SI) para evitar incongruencias con los materiales y medidas de este. Así mismo, se deberá utilizar en todo el diseño el método de Factores de Carga y de Resistencia última (LRFD).
11. Se deberá garantizar una separación libre horizontal entre el sistema High Bay Warehouse y estructuras aledañas de un 5% de la altura del sistema, dicha altura medida desde su base hasta la parte superior de la última carga en largueros, con el fin de tener en cuenta los movimientos sísmicos de las estructuras y mercancías durante un evento sísmico.
12. Las memorias de cálculo y análisis estructurales definitivos deberán incluir el diseño de todos los elementos que componen la estantería, siendo clara, completa y explicativa en todos sus diseños. Los datos de salida de la modelación en un programa de análisis y cálculo estructural podrán ser utilizados para ilustrar los resultados e incluirse como anexos a las memorias, pero estos no podrán constituirse en sí mismos como las memorias de cálculo para el proyecto.

13. Acciones, cargas y sus combinaciones. En general aplicará lo establecido en la norma europea FEM 10.2.07 capítulo 6.

- Cargas o Acciones Permanentes: Para estimar la carga muerta se debe considerar en el análisis el peso propio de la estantería y los equipos que para la operación se requieran, siempre que estos equipos estén soportados de los componentes de la estantería. Los pesos de los elementos deben corresponder a los pesos reales.
- Cargas o Acciones Variables: No estará permitido cargas reducidas de pallet para diferentes aspectos de diseño, es decir, se trabajará con el peso máximo de pallet.
- Cargas o Acciones Accidentales: Para efectos del análisis de cargas accidentales (sismo y viento) de la estructura se tendrá en cuenta lo establecido en las normas mexicanas de diseño y construcción vigentes con algunas modificaciones teniendo en cuenta la normativa europea para racks.

14. Durante la fase de ejecución deberá existir una supervisión técnica para el correcto montaje del sistema, que deberá tomar en consideración entre otros factores adicionales para lograr un buen comportamiento estructural los siguientes factores:

- Revisión de los materiales que arriban al sitio.
- Revisión del correcto torque de tornillos.
- Correcta instalación de anclajes químicos.
- Inspección constante de elementos estructurales.
- Evitar colisiones o bien daños en la estructura durante el montaje.
- Cuidados en el izaje de la estructura.
- Realizar pruebas y revisiones constantes a la losa de concreto.

- Revisión de los procedimientos constructivos adecuados para una correcta ejecución

15. Finalmente, durante el proceso constructivo se llevará una bitácora de obra con la finalidad de llevar un control de los antecedentes de la ejecución para garantizar una correcta realización de las diferentes etapas constructivas del proyecto.

Nota: La presente documentación se realizó con permiso de Schaefer Sistemas International S.A. de C.V. para una empresa de conservas reconocida a nivel mundial ubicada en Santa María Tulpetlac, Ecatepec de Morelos, Estado de México. Queda prohibida la reproducción total o parcial de la información del presente proyecto.

**Anexo I: Carta de solicitud de proyecto empresa Schaefer
Sistemas International S.A. de C.V.**

Ciudad de México, a 16 de junio de 2021

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería.

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado.

Maestría en Ingeniería con Opción Terminal en Estructuras.

A quien corresponda.

Por medio de la presente, la empresa Schaefer Sistemas International, S.A. de C.V., con R.F.C. SSI010307JH1, número de registro patronal Y6041683100 y con domicilio en Calle Lope de Vega 125 piso 9 Colonia Polanco V Sección, Delegación Miguel Hidalgo C.P. 11560, Ciudad de México, hace de conocimiento que C. EMMANUEL MARTÍNEZ COLEXCUA con matrícula 219470111, estudiante de Maestría en Ingeniería con opción terminal en Estructuras, desarrolló y cálculo el proyecto “SLE-Orbiter-Silo (High Bay Warehouse)”; y que a su vez se le autoriza al maestrante la utilización de la información obtenida, con fines académicos en el tema de tesis:

“IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO AUTOMATIZADO DE ALTA ESTIBA TIPO SCHAEFER EN EL TERRITORIO MEXICANO”.

Sirva la presente para los fines legales y administrativos a los que haya lugar.



.....
ALFREDO URÍA GARCÍA.

SSI SCHAEFER SISTEMAS INTERNATIONAL S.A. DE C.V.

ÁREA MANAGER MÉXICO.

Anexo II: Aprobaciones Instituto Alemán de Tecnología en la Construcción “DiBt”

**Allgemeine
bauaufsichtliche
Zulassung/
Allgemeine
Bauartgenehmigung**

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten

Bautechnisches Prüfamt

Eine vom Bund und den Ländern
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts

Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Datum:

Geschäftszeichen:

06.11.2019

I 35-1.14.8-85/18

Nummer:

Z-14.8-678

Geltungsdauer

vom: **6. November 2019**

bis: **6. November 2024**

Antragsteller:

SSI Fritz Schäfer GmbH

Fritz-Schäfer-Straße 20

57290 Neunkirchen

Gegenstand dieses Bescheides:

Palettenregalsystem PR - Anschlüsse Traverse-Stütze

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich
zugelassen/ genehmigt.

Dieser Bescheid umfasst acht Seiten und vier Anlagen (mit 10 Seiten).

Der Gegenstand ist erstmals am 2. September 2013 allgemein bauaufsichtlich zugelassen worden.

DIBt

I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit diesem Bescheid ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Regelungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Dieser Bescheid ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 3 Dieser Bescheid wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 4 Dem Verwender bzw. Anwender des Regelungsgegenstandes sind, unbeschadet weitergehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", Kopien dieses Bescheides zur Verfügung zu stellen. Zudem ist der Verwender bzw. Anwender des Regelungsgegenstandes darauf hinzuweisen, dass dieser Bescheid an der Verwendungs- bzw. Anwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden ebenfalls Kopien zur Verfügung zu stellen.
- 5 Dieser Bescheid darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen diesem Bescheid nicht widersprechen, Übersetzungen müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 6 Dieser Bescheid wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.
- 7 Dieser Bescheid bezieht sich auf die von dem Antragsteller gemachten Angaben und vorgelegten Dokumente. Eine Änderung dieser Grundlagen wird von diesem Bescheid nicht erfasst und ist dem Deutschen Institut für Bautechnik unverzüglich offenzulegen.
- 8 Die von diesem Bescheid umfasste allgemeine Bauartgenehmigung gilt zugleich als allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die Bauart.

II BESONDERE BESTIMMUNGEN

1 Regelungsgegenstand und Verwendungs- bzw. Anwendungsbereich

1.1 Zulassungsgegenstand

Zulassungsgegenstand sind Traversen und Stützen sowie Anschlüsse zwischen Traversen und Stützen des Palettenregalsystems PR der Firma SSI Schäfer.

Zwei vertikale Stützenprofile aus Stahl, die über Fachwerkdigonalen und ggf. Horizontalstäbe miteinander verschraubt werden, bilden die Ständerrahmen des Regalsystems. Die Stützen sind dünnwandige kaltgeformte Ω -förmige Stahlquerschnitte, die durch Rollformung hergestellt werden und über die Stützenlänge kontinuierlich gelocht sind. Sie werden am Stützenfußpunkt über eine Schraubverbindung an der Fußplattenkonstruktion aus Stahl befestigt. Die Ständerrahmen übernehmen die vertikalen Regallasten und gewährleisten die Aussteifung des Palettenregalsystems in Querrichtung. In speziell dafür vorgesehene Lochungen der Stützenstirnseiten werden die Hakenlaschen der Palettenträger (Traversen) eingehängt.

Anlage 1 zeigt eine Übersicht zu den Bauteilen des Regalsystems.

Ständerrahmen und Fußplatten sind nicht Gegenstand dieses Bescheids.

1.2 Genehmigungsgegenstand

Genehmigungsgegenstand ist die Anwendung der Anschlüsse zwischen Traversen und Stützen für Palettenregalsysteme gemäß DIN EN 15512:2010-09 für die Ein- und Auslagerung von Gütern, gewöhnlich auf Paletten oder Gitterboxen.

Dieser Bescheid ist bauaufsichtlich erforderlich für Regale, die bauliche Anlagen oder Teile von diesen sind.

2 Bestimmungen für das Bauprodukt/die Bauprodukte

2.1 Eigenschaften

2.1.1 Allgemeines

Die in Tabelle 1 zusammengestellten Bauteile müssen den Angaben der Anlagen sowie den Regelungen der folgenden Abschnitte und den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Unterlagen entsprechen.

Tabelle 1: Bauteile des Palettenregalsystems PR der Firma SSI Schäfer

Bauteil (bzw. Übersicht)	Anlage
Übersicht zum Regalsystem	1
Stützen	2.i
Traversen, Hakenlasche, Sicherungsstift	3.i

2.1.2 Werkstoffe

Die Werkstoffe müssen den technischen Regeln nach Tabelle 2 entsprechen, ihre Eigenschaften sind durch Prüfbescheinigungen entsprechend den Angaben in Tabelle 2 zu bestätigen. Es gelten die zulässigen Dickentoleranzen $tol \leq 5\%$ gemäß DIN EN 1993-1-3:2010-12, Abschnitt 3.2.4.

Tabelle 2: Technische Regeln und Prüfbescheinigungen für die Werkstoffe der Bauteile

Werkstoff	Bauteil(e)	WN ^{*1)}	Kurzname	technische Regel	PB ^{*2)}
Baustahl	Stützen	1.0529	S350GD+Z	DIN EN 10346:2015-10	3.1
	Traversen I-Profile	1.0038	S235JR	DIN EN 10025-2:2019-10	2.2
	Traversen CE-Profile	1.0976	S355MC	DIN EN 10149-2:2013-12	3.1
	Hakenlasche	1.0980	S420MC	DIN EN 10149-2:2013-12	3.1
	Sicherungsstift	1.0044	S275JR	DIN EN 10025-2:2019-10	2.2
^{*1)} Werkstoffnummer		^{*2)} Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204:2005-01			

2.1.3 Korrosionsschutz

Der übliche Einsatzbereich der Stützen im Palettenregalsystem kann den Umweltbedingungen der Kategorie C1 oder C2 nach DIN EN ISO 12944-2:2018-04 zugeordnet werden. Für die Kategorie C1 genügt als Korrosionsschutz Z100 gemäß DIN EN 10346:2015-10. Bei Verwendung dieses Korrosionsschutzes, unter den Bedingungen nach Kategorie C2, können langfristig Korrosionsschäden nicht ausgeschlossen werden. Entsprechende Maßnahmen wie beispielsweise Erneuerung eines Schutzanstrichs oder Austausch der betroffenen Regalbauteile können erforderlich werden.

Für die Verwendung des Palettenregalsystems unter Umweltbedingungen nach Kategorie C3 und höher gelten die Bestimmungen der Technischen Baubestimmungen zum Korrosionsschutz.

2.2 Herstellung und Kennzeichnung

2.2.1 Herstellung

Betriebe, die Anschlüsse nach dieser Zulassung herstellen, müssen im Rahmen der werkeigenen Produktionskontrolle und der Fremdüberwachung nach Abschnitt 2.3 nachweisen, dass sie die für das Schweißen dieser Bauteile relevanten Anforderungen an die Ausführungsklasse EXC2 nach DIN EN 1090-2:2018-09, Tabelle A.3, sowie die relevanten Anforderungen dieser Zulassung erfüllen.

2.2.2 Kennzeichnung

Die Lieferscheine der Bauteile sind nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder zu kennzeichnen.

Die Kennzeichnung darf nur erfolgen, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 2.3 erfüllt sind.

**Allgemeine
bauaufsichtliche
Zulassung/
Allgemeine
Bauartgenehmigung**

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten

Bautechnisches Prüfamt

Eine vom Bund und den Ländern
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts

Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Datum:

07.11.2019

Geschäftszeichen:

I 35-1.14.8-84/18

Nummer:

Z-14.8-679

Geltungsdauer

vom: **7. November 2019**

bis: **7. November 2024**

Antragsteller:

SSI Fritz Schäfer GmbH

Fritz-Schäfer-Straße 20

57290 Neunkirchen

Gegenstand dieses Bescheides:

Palettenregalsystem PR - Ständerrahmen

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich
zugelassen/ genehmigt.

Dieser Bescheid umfasst sieben Seiten und fünf Anlagen (mit 9 Seiten).

Der Gegenstand ist erstmals am 28. Oktober 2013 allgemein bauaufsichtlich zugelassen worden.

DIBt

I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit diesem Bescheid ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Regelungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Dieser Bescheid ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 3 Dieser Bescheid wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 4 Dem Verwender bzw. Anwender des Regelungsgegenstandes sind, unbeschadet weitergehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", Kopien dieses Bescheides zur Verfügung zu stellen. Zudem ist der Verwender bzw. Anwender des Regelungsgegenstandes darauf hinzuweisen, dass dieser Bescheid an der Verwendungs- bzw. Anwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden ebenfalls Kopien zur Verfügung zu stellen.
- 5 Dieser Bescheid darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen diesem Bescheid nicht widersprechen, Übersetzungen müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 6 Dieser Bescheid wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.
- 7 Dieser Bescheid bezieht sich auf die von dem Antragsteller gemachten Angaben und vorgelegten Dokumente. Eine Änderung dieser Grundlagen wird von diesem Bescheid nicht erfasst und ist dem Deutschen Institut für Bautechnik unverzüglich offenzulegen.
- 8 Die von diesem Bescheid umfasste allgemeine Bauartgenehmigung gilt zugleich als allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die Bauart.

II BESONDERE BESTIMMUNGEN

1 Regelungsgegenstand und Verwendungs- bzw. Anwendungsbereich

1.1 Zulassungsgegenstand

Zulassungsgegenstand sind die Ständerrahmen des Palettenregalsystems PR der Firma SSI Schäfer.

Zwei vertikale Stützenprofile aus Stahl, die über Fachwerkdigonalen und ggf. Horizontalstäbe miteinander verschraubt werden, bilden die Ständerrahmen des Regalsystems. Die Stützen sind dünnwandige kaltgeformte Ω -förmige Stahlquerschnitte, die durch Rollformung hergestellt werden und über die Stützenlänge kontinuierlich gelocht sind. Sie werden am Stützenfußpunkt über eine Schraubverbindung an der Fußplattenkonstruktion aus Stahl befestigt. Die Ständerrahmen übernehmen die vertikalen Regallasten und gewährleisten die Aussteifung des Palettenregalsystems in Querrichtung. In speziell dafür vorgesehene Lochungen der Stützenstirnseiten werden die Hakenlaschen der Palettenträger (Traversen) eingehängt.

Anlage 1 zeigt eine Übersicht zu den Bauteilen des Regalsystems.

Traversen und Fußplatten sind nicht Gegenstand dieses Bescheids.

1.2 Genehmigungsgegenstand

Genehmigungsgegenstand ist die Anwendung der Ständerrahmen für Palettenregalsysteme gemäß DIN EN 15512:2010-09 für die Ein- und Auslagerung von Gütern, gewöhnlich auf Paletten oder Gitterboxen.

Dieser Bescheid ist bauaufsichtlich erforderlich für Regale die bauliche Anlagen oder Teile von diesen sind.

2 Bestimmungen für das Bauprodukt/die Bauprodukte

2.1 Eigenschaften

2.1.1 Allgemeines

Die in Tabelle 1 zusammengestellten Bauteile müssen den Angaben der Anlagen sowie den Regelungen der folgenden Abschnitte und den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Unterlagen entsprechen.

Tabelle 1: Bauteile des Palettenregalsystems PR der Firma SSI Schäfer

Bauteil (bzw. Übersicht)	Anlage
Übersicht zum Regalsystem	1
Stützen	2.i
Fachwerkstäbe	3

2.1.2 Werkstoffe

Die Werkstoffe müssen den technischen Regeln nach Tabelle 2 entsprechen, ihre Eigenschaften sind durch Prüfbescheinigungen entsprechend den Angaben in Tabelle 2 zu bestätigen. Es gelten die zulässigen Dickentoleranzen $tol \leq 5\%$ gemäß DIN EN 1993-1-3:2010-12, Abschnitt 3.2.4.

Tabelle 2: Technische Regeln und Prüfbescheinigungen für die Werkstoffe der Bauteile

Werkstoff	Bauteil(e)	WN ^{*1)}	Kurzname	technische Regel	PB ^{*2)}
Baustahl	Stützen	1.0529	S350GD+Z	DIN EN 10346: 2015-10	3.1
	Fachwerkstäbe	1.0242	S250GD+Z		3.1
^{*1)} Werkstoffnummer		^{*2)} Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204:2005-01			

2.1.3 Schrauben und Muttern

Es sind die Regelungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-14.4-794 vom 2. Mai 2017 zu beachten. Für die Verbindungen zwischen den Stützen und den Fachwerkrahmen sind Schraubengarnituren der Größe M10 nach Tabelle 1, lfd. Nr.2 von Z-14.4-794 zu verwenden.

2.1.4 Korrosionsschutz

Der übliche Einsatzbereich der Stützen im Palettenregalsystem kann den Umweltbedingungen der Kategorie C1 oder C2 nach DIN EN ISO 12944-2:2018-04 zugeordnet werden. Für die Kategorie C1 genügt als Korrosionsschutz Z100 gemäß DIN EN 10346:2015-10. Bei Verwendung dieses Korrosionsschutzes, unter den Bedingungen nach Kategorie C2, können langfristig Korrosionsschäden nicht ausgeschlossen werden. Entsprechende Maßnahmen wie beispielsweise Erneuerung eines Schutzanstrichs oder Austausch der betroffenen Regalbauteile können erforderlich werden.

Für die Verwendung des Palettenregalsystems unter Umweltbedingungen nach Kategorie C3 und höher gelten die Bestimmungen der Technischen Baubestimmungen zum Korrosionsschutz.

2.2 Herstellung und Kennzeichnung

2.2.1 Herstellung

Betriebe, die Ständerahmen nach dieser Zulassung herstellen, müssen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle und der Fremdüberwachung nach Abschnitt 2.3 nachweisen, dass sie die für das Herstellen dieser Bauteile relevanten Anforderungen dieser Zulassung erfüllen.

2.2.2 Kennzeichnung

Die Lieferscheine der Bauteile sind nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder zu kennzeichnen.

Die Kennzeichnung darf nur erfolgen, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 2.3 erfüllt sind.

2.3 Übereinstimmungsbestätigung

2.3.1 Allgemeines

Die Bestätigung der Übereinstimmung der Bauteile nach Tabelle 1 mit den Bestimmungen der von diesem Bescheid erfassten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jedes Herstellwerk mit einem Übereinstimmungszertifikat auf der Grundlage einer werkseigenen Produktionskontrolle und einer regelmäßigen Fremdüberwachung einschließlich einer Produktprüfung der Bauteile nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen erfolgen.

Für die Erteilung des Übereinstimmungszertifikats und die Fremdüberwachung einschließlich der dabei durchzuführenden Produktprüfungen hat der Hersteller der Bauteile eine hierfür anerkannte Zertifizierungsstelle sowie eine hierfür anerkannte Überwachungsstelle einzuschalten.

Die Erklärung, dass ein Übereinstimmungszertifikat erteilt ist, hat der Hersteller durch Kennzeichnung der Bauteile mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) unter Hinweis auf den Verwendungszweck abzugeben.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik ist von der Zertifizierungsstelle eine Kopie des von ihr erteilten Übereinstimmungszertifikats zur Kenntnis zu geben.

2.3.2 Werkseigene Produktionskontrolle

In jedem Herstellwerk ist eine werkseigene Produktionskontrolle einzurichten und durchzuführen. Unter werkseigener Produktionskontrolle wird die vom Hersteller vorzunehmende kontinuierliche Überwachung der Produktion verstanden, mit der dieser sicherstellt, dass die von ihm hergestellten Bauteile den Bestimmungen der von diesem Bescheid erfassten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

Die werkseigene Produktionskontrolle soll mindestens die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen einschließen:

- Kontrolle und Prüfungen der Bauteile nach Tabelle 1 gemäß dem beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Prüfplan.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung der Bauteile
- Art der Kontrolle
- Datum der Herstellung und der Prüfung der Bauteile
- Ergebnis der Kontrollen und Prüfungen und Vergleich mit den Anforderungen
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen.

Die Aufzeichnungen sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

Bei ungenügendem Prüfergebnis sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des Mangels zu treffen. Bauteile, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind so zu handhaben, dass Verwechslungen mit übereinstimmenden ausgeschlossen werden. Nach Abstellung des Mangels ist - soweit technisch möglich und zum Nachweis der Mängelbeseitigung erforderlich - die betreffende Prüfung unverzüglich zu wiederholen.

2.3.3 Fremdüberwachung

In jedem Herstellwerk ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung regelmäßig zu überprüfen, mindestens einmal jährlich. Im Rahmen der Fremdüberwachung sind eine Erstprüfung sowie eine Inspektion des Werkes und der werkseigenen Produktionskontrolle einschließlich einer Produktprüfung der Bauteile durchzuführen. Die Probennahme und Prüfungen obliegen jeweils der anerkannten Stelle.

Im Rahmen der Erstprüfung und der Fremdüberwachung sind mindestens folgende Prüfungen durchzuführen:

- Überprüfung der personellen und einrichtungsmäßigen Voraussetzungen zur ordnungsgemäßen Herstellung der Bauteile
- Überprüfung der werkseigenen Produktionskontrolle
- Überprüfung der im Prüfplan nach Abschnitt 2.3.2 hinterlegten Regelungen.

Die Ergebnisse der Zertifizierung und Fremdüberwachung sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind von der Zertifizierungsstelle bzw. der Überwachungsstelle dem Deutschen Institut für Bautechnik oder der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

3 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung

3.1 Planung

Für die Planung der Palettenregale sind, soweit im Folgenden nichts anderes festgelegt ist, die Technischen Baubestimmungen und DIN EN 15512:2010-09 zu beachten. Der Nachweis der Tragsicherheit der Palettenregale ist in jedem Einzelfall oder durch eine statische Typenberechnung zu erbringen.

Für den Tragsicherheitsnachweis nach DIN EN 15512:2010-09 sind die im Abschnitt 3.2 festgelegten Kennwerte zu verwenden.

3.2 Bemessung

3.2.1 Kennwerte der Ständerrahmen

Die Bemessungswerte der Querschubsteifigkeiten der Ständerrahmen sind den Tabellen von Anlage 5.1 bis 5.3 zu entnehmen.

Für eine statische Berechnung des Ständerrahmens kann aus der gemäß Prüfanordnung nach Bild A.13, DIN EN 15512:2010-09, bestimmten Schubsteifigkeit S_D eine reduzierte Strebenfläche A_{red} bzw. alternativ eine Strebenfedersteifigkeit k_{fd} in Abhängigkeit vom statischen System und der Geometrie (Anschlusswinkel und Abmessungen der Pfosten und Streben) bestimmt werden. Mögliche Varianten sind in den Anlagen 4.i und 5.i dargestellt bzw. beschrieben.

Die A_{red} -Werte in den Anlagen 5.1 bis 5.3 sind i.d.R. aus der Formel für die Schersteifigkeit S_{dd} entsprechend Bild G.2, DIN EN 15512:2010-09, für den Klasse 2 Rahmen abgeleitet. Für $RT=1050\text{mm}$ und $a=700\text{mm}$ ist A_{red} aus einer Stabwerksberechnung mit durchgehenden Stützen und gelenkig angeschlossenen Streben entsprechend Bild A.13, DIN EN 15512:2010-09 abgeleitet worden.

Der zulässige Bemessungswert der Diagonalennormalkraft $N_{max,d}$ begrenzt die Gültigkeit der zugehörigen Schubsteifigkeit. Der Tragfähigkeitsnachweis für die Diagonale ist gesondert zu führen.

3.2.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweise zum Grenzzustand der Tragfähigkeit dürfen entsprechend DIN EN 15512:2010-09, Abschnitte 9 und 10, geführt werden.

Die Neuverteilung von Biegemomenten entsprechend DIN EN 15512:2010-09, Abschnitt 9.4.3.2, ist jedoch nicht zulässig.

3.2.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Nachweise zum Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind entsprechend DIN EN 15512:2010-09, Abschnitt 11, zu führen.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/
Allgemeine Bauartgenehmigung
Nr. Z-14.8-679

Seite 7 von 7 | 7. November 2019

3.2.4 Einwirkungen und Kombinationen von Einwirkungen

3.2.4.1 Einwirkungen

Die Einwirkungen nach DIN EN 15512:2010-09, Abschnitt 6, dürfen verwendet werden.

3.2.4.2 Lastkombinationen

Die Lastkombinationen nach DIN EN 15512:2010-09, Abschnitte 6 und 7, dürfen verwendet werden.

3.2.4.3 Teilsicherheitsbeiwerte

Die Teilsicherheitswerte der DIN EN 15512:2010-09, Abschnitt 7, dürfen unter Berücksichtigung von Anhang I.2 verwendet werden.

3.3 Ausführung

Die konstruktive Ausführung des Palettenregalsystems ist der Anlage 1 zu entnehmen.

Vom Hersteller ist auf Grundlage dieses Bescheids eine Ausführungsanweisung für die Ausführung des Palettenregalsystems anzufertigen und der bauausführenden Firma auszuhandigen.

Die bauausführende Firma hat zur Bestätigung der Übereinstimmung der Anwendung der Stützen und Fachwerkstäbe sowie der damit gebauten Ständerrahmen für Palettenregalsysteme gemäß DIN EN 15512:2010-09 mit der von diesem Bescheid erfassten allgemeinen Bauartgenehmigung eine Übereinstimmungserklärung gemäß §§ 16 a Abs. 5, 21 Abs. 2 MBO abzugeben.

4 Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt und Wartung

Bezüglich Nutzung, Unterhalt und Wartung der Regalkonstruktion ist DIN EN 15635:2009-08 zu beachten.

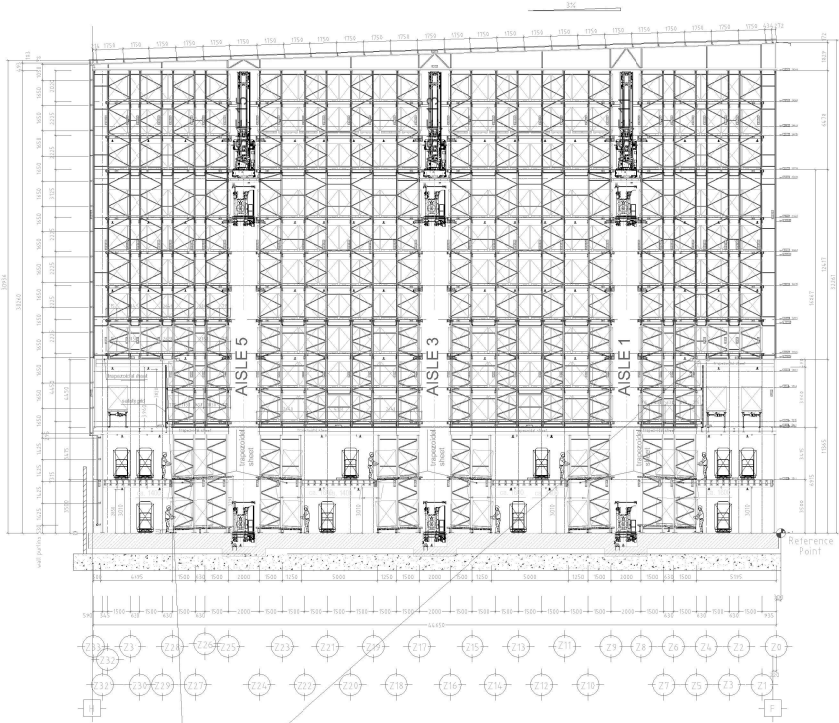
Vorzugsweise sind beschädigte Bauteile durch Originalbauteile zu ersetzen.

Sollte dies im Einzelfall nicht möglich sein, muss der Standsicherheitsnachweis für das Regal unter Berücksichtigung der Reparaturmaßnahme überprüft werden.

Andreas Schult
Referatsleiter

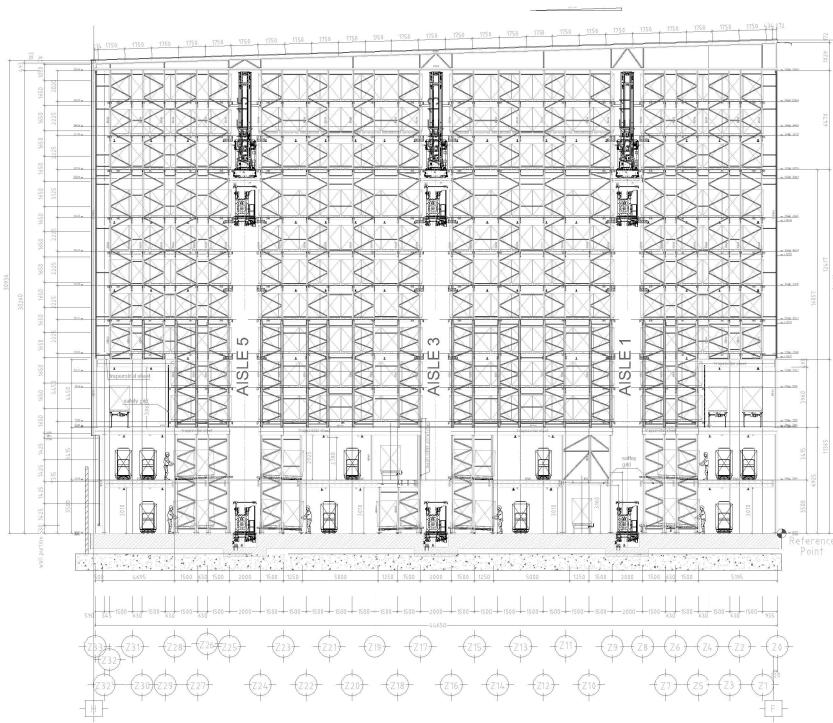
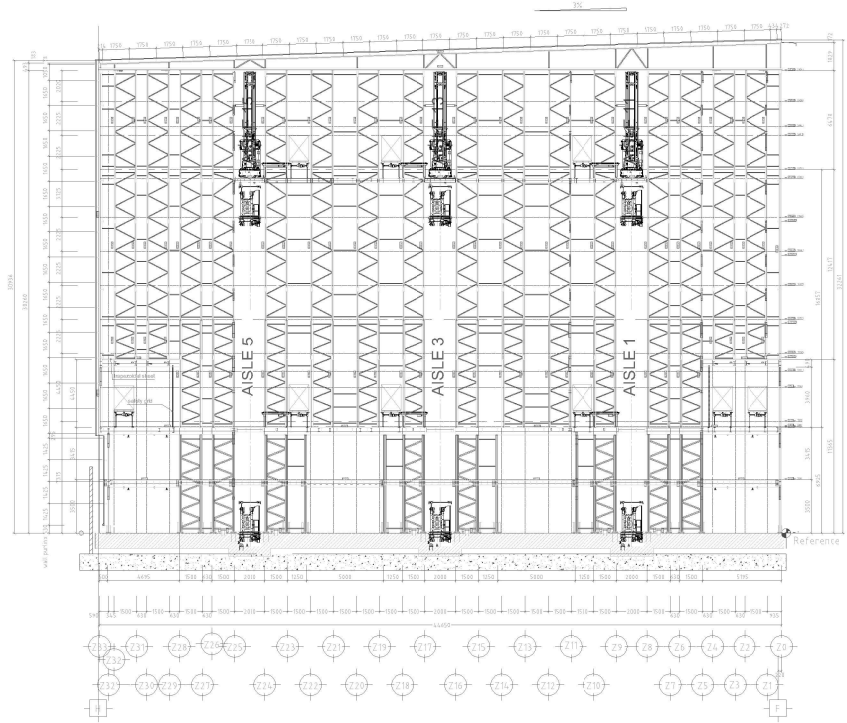


Anexo III: Planos del Proyecto



Section A-A

Section B-B



Anexo IV: Orden de compra Estudio de Mecánica de Suelos.

PURCHASE ORDER

Supplier: AI MÉXICO Construcción Integral S.A. de C.V. 87 A Oriente No 1618, Granjas Ejidales San Isidro Puebla, Puebla C.P. 72587 Tel. (222) 8827590	Sold To: Schaefer Sistemas International, SA de CV Lope de Vega 125 Piso 9 Oficina A Polanco Sección V Miguel Hidalgo CP 11560 RFC: SSI010307JH1
---	--

PO Number: PO-18-0475	PO Date: 31.10.2018	Delivery Address: Schaefer Sistemas International S.A. de C.V.
Project Code: SSI-MX-2414264	Delivery Date: 31.10.2018	

Units	Code	Description	Unit Price	Amount
N/A	EMS	Estudio de Mecánica de Suelos.		
N/A	DH	Estudios Geofísicos.		
N/A	ASME	Obtención de espectro de diseño sísmico.		
N/A	ET	Determinación de empujes de tierra.		
N/A	SE	Sondeos estratigráficos.		
		TOTAL		789,985.25

Notes: Enviar los factura al correo accounting.mx@ssi-schaefer.com una vez que esten listos los productos favor de enviar dimensiones y peso para poder realizar la recolección a logistic.mx@ssi-schaefer.com	Sales / Technical Support EMMANUEL MARTINEZ COLEXCUA 	Total Sub Total MXN 789,985.25 IVA 126,397.64 Total MXN 916,382.89
Delivery Terms:	Imports: 	Delivery Receipt:
Payment Conditions: 60% por adelantado 40 % contra entrega	Buyer: EMMANUEL MARTINEZ COLEXCUA emmanuel.martinez@ssi-schaefer.com +52 (55) 2881 0100 +52 (55) 2881 0101 Fax	

Anexo V: Aprobación Losa de Concreto.

Ciudad de México a 1 de diciembre de 2020

Atención:

Ing. Roberto Emilio Sarti Perez

La Costeña

Con referencia al proyecto estructural de la cimentación de Alta Estiba que se construye actualmente en la Planta de La Costeña Ecatepec, se le informa que dicha cimentación se diseñó con base en las descargas proporcionadas por la empresa Schäfer, las cuales fueron actualizadas constantemente, inclusive cuando ya se había construido parte de la cimentación, como es de su conocimiento, y se requirió el refuerzo de varias zonas.

La última versión recibida fue "Foundation Loads, Offer-Nr.: 2414244, Rev D", con fecha de 30 de abril de 2020. Asimismo, se le informa que dicha cimentación se proyectó conforme a los requerimientos del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias, 2017.

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo y quedo a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto.

Atentamente,



CCEIC, SA DE CV

Representante Legal



M. en I. David A. Álvarez Cuevas

CED 1878486

Anexo VI: Reporte Fotográfico Ejecución de Obra.







Anexo VII: Cédula D.R.O. EMMANUEL MARTÍNEZ COLEXCUA.

H. Ayuntamiento de Puebla
Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad

Dirección de Desarrollo Urbano
Subdirección del Suelo

Comisión de Asesoría y Admisión de Directores Responsables de Obra y
Corresponsables (CAADROC)



Director Responsable de Obra (DRO) B



Nombre:	EMMANUEL MARTINEZ COLEXCUA
Profesión:	INGENIERO
Cédula Profesional expedida por la Dirección Genral de Profesionistas de la S.E.P.:	3952787
Número de registro:	3188/18

El presente registro de Director Responsable de Obra (DRO) B fue otorgado con fundamento en el capítulo 17, artículos 668, 670 y demás relativos del Código Reglamentario del Municipio de Puebla, publicado en el Periódico Oficial del Estado el 11 de abril de 2017, su vigencia será hasta el 31 de diciembre del año en que se expida y deberá ser refrendado cumpliendo con los requisitos que establezca el Código Reglamentario del Municipio de Puebla vigente y la Comisión de Asesoría y Admisión de Directores Responsables de Obra y Corresponsables.

Leído el contenido y alcance del presente formato, confirmado que los datos plasmados son exactos, completos y actualizados en función del objeto para el cual fueron recabados y en ejercicio de mi derecho, otorgo mi consentimiento expreso y por escrito al Gobierno Municipal de Puebla, para que pueda publicarlos y difundirlos, ya que se trata de mi inscripción voluntaria a un registro público.

EMMANUEL MARTINEZ COLEXCUA

Puebla, Pue. a 25 de febrero de 2021



&GONZALO MARTIN DE ESCONDRILLAS HERRERA - DIRECTOR DE DESARROLLO URBANO - 26/02/2021 11:06
Xbrdf/pb922/oXPU7kHFao2kTNta3ICJvv7TvNR7HxRbb6Z0TBivTWhFs2vBz9phvM0uQxNfe1oFrM2jU3RNYUljSrOco0TmCB
b4/b/lgWluccs6aZc4wMmms0yAvBSz8/iulzxQG+2fH4m/2fk1kNbfHXVHTCwuxCwWin//YKCKMHHh75jdiUb7UN56jUH8ExJ
e1wfjkhclHsHpL5yp6HChx+8m4J1hKg9tsLcW+ISLQ6RXuSjWFB3FV5G/cgc11/ZBnzE0whgLYuzMGFEsOaDRrKgd+kvX
cvb8E14j2UbX+0syb58w0L2NmjclcSI5OkzaBKGCaZmH34u410Rew==

Bibliografía

Casafont, Pastor, Roure, Bonada, Research report for European Racking Federation, "Test method for distortional buckling of compressed pallet rack members: Length of specimens". Universitat Politècnica de Catalunya, December 2011

CASAFONT P. ROURE B. PEKOZ. Linear buckling analysis of perforated steel storage rack columns with a finite strip method. *Thin-walled Struct.* 2012

CASAFONT P. ROURE B. PEKOZ. An investigation on the design of steel storage rack columns by the direct strength method. *J. Struct. Eng.* 2012 April

"CUFSM – Version 4.04" (Ben Schafer / Johns Hopkins University). See: <http://www.ce.jhu.edu/bschafer/cufsm/>

DAVIES J.M. COWEN J.S. "Pallet racking using cold-reduced steel" 12th International Speciality Conference on Cold-Formed Steel Design and Construction, St Louis, USA 18-19 October 1994, 641-655

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA CSN EN 1993-1-1/NA (National Application Document)

NCCI. SN001a-EN-EU. Critical axial load for torsional and torsional flexural buckling modes (Non-contradictory, Complementary Information), 2005, Steel Construction Institute (SCI)-UK

UNGERMAN D. BRUNE B. SCHULZE BERTELSBECK M. "Design of Σ -shaped pallet beams under bending stress for the construction of high-bay racking systems", Eight International Conference on Advances in steel structures, Lisbon, Portugal, July 22-24, 2015

EN 528, *Rail dependent storage and retrieval equipment - Safety requirements*

EN 15878, *Steel static storage systems - Terms and definitions*

EN ISO 14122, *Safety of machinery — Permanent means of access to machinery (ISO 14122)*

FEM 9.831-1, Calculation principles of storage and retrieval machines — Tolerances, deformations and clearances in the high-bay warehouse

FEM 9.832, Basis of calculations for S/R machines, Tolerances, deformations and clearances in automatic small parts warehouses (not silo design)

FEM 9.841/FEM 10.2.10, Storage systems with rail dependent storage and retrieval equipment — Interfaces

FEM 9.842-1/ FEM 10.2.11-1, Rail dependent storage and retrieval systems — Consideration of accidental kinetic energy action in compliance with EN 528. Part 1, Pallet racking

FEM 10.2.14 - 1 / FEM 10.4.103 - 1, Warehouse floors — Storage system areas operated by Industrial Trucks — Part 1: Tolerances, deformations, methods of measurement and additional requirements for VNA truck operation

FEM 10.2.14 - 2, Warehouse floors – Storage system areas operated by Industrial Trucks — Part 2: Requirements for design and possible remedial actions — Interface with Racking

FEM R&S, Information Bulletin No 10, Warehouse building — Storage areas for racking — Guidance for Stakeholders

FEM10.2.16, The design and use of rack protection for adjustable pallet racking — Part 1: Upright and frame protection

FEM R&S Technical Report – TR01-1 and TR01-2, Reliability of the structural safety based upon EN 1990 – Pallet racking: Design in accordance with EN 15512:2009 / prEN:15512:2018 Part 1: General approach, Definition of Variables and Conclusions — Part 2: Probabilistic reliability approach to determine load- and material factor

Empfehlung 237 – Berechnung von Regalen, Schweizerische Studiengesellschaft für rationellen Güterumschlag, 1982

EN 10143:2006, *Continuously hot-dip coated steel sheet and strip — Tolerances on dimensions and shape*

EN 10025 (series), *Hot rolled products of structural steels*

EN 10149 (series), *Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming*