



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

# **PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA**

**Alumno:** Miguel Ángel Ntutumu Obiang Mbasogo

**Tutor:** Prof. D. Antonio Manuel Montañés López  
**Depto.:** Ingeniería Mecánica y Minera

**Junio, 2019**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA  
PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD  
DE CÓRDOBA**

## ÍNDICE GENERAL

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ALCANCE Y OBJETIVO DEL PROYECTO.....</b>          | <b>11</b> |
| <b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>                            | <b>11</b> |
| 2.1. ANTECEDENTES.....                                  | 11        |
| 2.2. EMPLAZAMIENTO .....                                | 11        |
| 2.3. TOPOGRAFÍA Y GEOLOGÍA .....                        | 13        |
| 2.4. NORMATIVA APLICABLE .....                          | 14        |
| 2.5. ESTUDIOS PREVIOS .....                             | 15        |
| 2.6. FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO .....               | 15        |
| <b>3. TIPOLOGÍAS DE PASARELAS .....</b>                 | <b>16</b> |
| <b>4. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA .....</b>       | <b>16</b> |
| <b>5. PLAN DE OBRA.....</b>                             | <b>17</b> |
| <b>6. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....</b>            | <b>17</b> |
| <b>7. GESTIÓN DE RESIDUOS .....</b>                     | <b>17</b> |
| <b>8. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS .....</b>                | <b>18</b> |
| <b>9. TIPOLOGÍAS DE PASARELAS.....</b>                  | <b>20</b> |
| 9.1. ELEMENTOS DE UNA PASARELA.....                     | 21        |
| 9.1.1. <i>INFRAESTRUCTURA</i> .....                     | 21        |
| 9.1.1.1. Cimentación .....                              | 21        |
| 9.1.1.2. Pilas o Apoyos intermedios.....                | 23        |
| 9.1.1.3. Estribos o apoyos extremos .....               | 27        |
| 9.1.1.4. Aparatos de apoyo elastomérico o neopreno..... | 29        |
| 9.1.2. <i>SUPERESTRUCTURA</i> .....                     | 31        |
| 9.1.2.1. Tablero .....                                  | 31        |
| 9.2. EJEMPLOS DE PASARELAS EN ARCO .....                | 34        |
| <b>10. DISEÑO .....</b>                                 | <b>36</b> |
| 10.1. DEFINICIÓN DE MATERIALES.....                     | 37        |
| 10.2. GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS DE LA PASARELA .....   | 37        |
| 10.2.1. <i>FORMA DE LAS PÉNDOLAS</i> .....              | 37        |
| 10.2.2. <i>TABLERO Y PAVIMENTO</i> .....                | 38        |
| 10.2.3. <i>ARCOS Y PÉNDOLAS</i> .....                   | 39        |
| 10.2.4. <i>RAMPAS DE ACCESO</i> .....                   | 39        |
| 10.2.5. <i>BARANDILLAS</i> .....                        | 40        |
| 10.3. MODELOS RESULTANTES .....                         | 41        |
| 10.3.1. <i>MODELO GEOMÉTRICO</i> .....                  | 41        |

|            |                                                             |           |
|------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 10.3.2.    | MODELO ANALÍTICO.....                                       | 44        |
| 10.4.      | EXPORTACIÓN DEL DISEÑO .....                                | 45        |
| 10.4.1.    | GENERACIÓN DE GRUPOS .....                                  | 49        |
| 10.4.2.    | DEFINICIÓN DE LOS APOYOS .....                              | 49        |
| <b>11.</b> | <b>CÁLCULO DE ESTRUCTURA .....</b>                          | <b>51</b> |
| 11.1.      | DETERMINACIÓN DE ACCIONES .....                             | 51        |
| 11.1.1.    | ACCIONES PERMANENTES DE VALOR CONSTANTE (G) .....           | 52        |
| 11.1.1.1.  | Cálculo del peso propio.....                                | 53        |
| 11.1.1.2.  | Cálculo de las cargas muertas .....                         | 53        |
| 11.1.2.    | ACCIONES VARIABLES (Q) .....                                | 56        |
| 11.1.2.1.  | Sobrecarga de uso en pasarelas.....                         | 56        |
| 11.1.2.2.  | Viento.....                                                 | 56        |
| 11.1.2.3.  | Acciones térmicas .....                                     | 67        |
| 11.1.2.4.  | Nieve .....                                                 | 73        |
| 11.1.3.    | ACCIONES ACCIDENTALES (A) .....                             | 74        |
| 11.1.3.1.  | Acción sísmica (AE).....                                    | 75        |
| 11.2.      | RESUMEN DE ACCIONES.....                                    | 81        |
| 11.3.      | COMPROBACIONES A CONSIDERAR.....                            | 81        |
| 11.3.1.    | ESTADOS LÍMITE ÚLTIMO (ELU).....                            | 82        |
| 11.3.2.    | ESTADO LÍMITE DE SERVICIO (ELS) .....                       | 82        |
| 11.3.2.1.  | Estado límite de deformaciones en puentes y pasarelas ..... | 83        |
| 11.3.2.2.  | Estados límites de vibraciones en puentes y pasarelas.....  | 84        |
| 11.4.      | COMBINACIÓN DE ACCIONES .....                               | 85        |
| 11.4.1.    | VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES.....                | 85        |
| 11.4.2.    | VALOR DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES .....                      | 86        |
| 11.4.3.    | COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELU .....              | 87        |
| 11.4.3.1.  | En situación persistente o transitoria .....                | 87        |
| 11.4.3.2.  | En situación sísmica .....                                  | 87        |
| 11.4.4.    | COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELS .....              | 87        |
| 11.5.      | DEFINICIÓN DE CASOS DE CARGAS.....                          | 88        |
| 11.5.1.    | PESO PROPIO .....                                           | 88        |
| 11.5.2.    | PESO DEL PAVIMENTO .....                                    | 90        |
| 11.5.3.    | PESO DE LAS BARANDILLAS .....                               | 90        |
| 11.5.4.    | SOBRECARGA DE USO.....                                      | 91        |
| 11.5.4.1.  | PASARELA COMPLETAMENTE OCUPADA .....                        | 91        |
| 11.5.4.2.  | PASARELA CARGADA TRANSVERSALMENTE A LA MITAD .....          | 91        |
| 11.5.5.    | VIENTO .....                                                | 92        |
| 11.5.6.    | ACCIÓN TÉRMICA .....                                        | 93        |
| 11.5.7.    | NIEVE .....                                                 | 94        |

|            |                                                                     |            |
|------------|---------------------------------------------------------------------|------------|
| 11.5.8.    | <i>SISMO</i> .....                                                  | 94         |
| 11.5.9.    | <i>COMBINACIÓN DE ACCIONES EN ROBOT</i> .....                       | 97         |
| 11.6.      | ANÁLISIS ESTÁTICO .....                                             | 100        |
| 11.7.      | ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COMPROBACIONES .....                       | 101        |
| 11.7.1.    | <i>COMPROBACIÓN DE LOS PERFILES ESTRUCTURALES</i> .....             | 101        |
| 11.7.2.    | <i>DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA SEGÚN LOS ESTADOS LÍMITES</i> ..... | 105        |
| 11.7.2.1.  | ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (ELU) .....                                    | 105        |
| 11.7.2.2.  | ESTADO LÍMITE DE SERVICIO (ELS) .....                               | 105        |
| 11.7.2.3.  | VIBRACIONES .....                                                   | 106        |
| 11.7.3.    | <i>COMPROBACIÓN DE ALGUNAS BARRAS MÁS DESFAVORABLES.</i> .....      | 106        |
| 11.7.3.1.  | CAJONES LONGITUDINALES. ....                                        | 106        |
| 11.7.3.2.  | VIGUETAS TRANSVERSALES.....                                         | 121        |
| 11.7.3.3.  | VIGAS ARCO .....                                                    | 126        |
| <b>12.</b> | <b>PLAN DE OBRA</b> .....                                           | <b>132</b> |
| 12.1.      | DIAGRAMA DE GANTT .....                                             | 132        |
| <b>13.</b> | <b>ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b> .....                           | <b>133</b> |
| 13.1.      | OBJETIVO .....                                                      | 133        |
| 13.2.      | ACTUACIONES PREVIAS.....                                            | 133        |
| 13.2.1.    | <i>SERVICIOS DE SALUBRIDAD Y CONFORT DEL PERSONAL</i> .....         | 133        |
| 13.2.1.1.  | Servicios higiénicos .....                                          | 134        |
| 13.2.1.2.  | Vestidores .....                                                    | 134        |
| 13.2.1.3.  | Comedor .....                                                       | 134        |
| 13.2.1.4.  | Armario botiquín.....                                               | 134        |
| 13.2.2.    | <i>SEÑALIZACIÓN</i> .....                                           | 135        |
| 13.2.3.    | <i>INSTALACIONES DE SANEAMIENTO</i> .....                           | 135        |
| 13.3.      | DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN .....                           | 136        |
| 13.4.      | RIESGOS .....                                                       | 137        |
| 13.4.1.    | <i>RIESGOS PROFESIONALES</i> .....                                  | 137        |
| 13.4.2.    | <i>RIESGO DE DAÑOS A TERCEROS</i> .....                             | 138        |
| 13.5.      | PREVENCIÓN DE RIESGOS .....                                         | 139        |
| 13.5.1.    | <i>A PROFESIONALES</i> .....                                        | 139        |
| 13.5.1.1.  | Protecciones individuales .....                                     | 139        |
| 13.5.1.2.  | Protecciones colectivas.....                                        | 140        |
| 13.5.2.    | <i>A TERCEROS</i> .....                                             | 141        |
| <b>14.</b> | <b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> .....                           | <b>142</b> |
| 14.1.      | NORMATIVA EUROPEA .....                                             | 142        |
| 14.2.      | NORMATIVA ESTATAL .....                                             | 142        |

|            |                                                             |            |
|------------|-------------------------------------------------------------|------------|
| 14.3.      | IMPACTOS ORIGINADOS POR EL PROYECTOS .....                  | 142        |
| 14.4.      | MEDIDAS CORRECTORAS .....                                   | 143        |
| 14.4.1.    | GEOLOGÍA.....                                               | 143        |
| 14.4.2.    | SUELOS .....                                                | 143        |
| 14.4.3.    | RUIDOS .....                                                | 144        |
| 14.4.4.    | VEGETACIÓN.....                                             | 144        |
| 14.4.5.    | RESIDUOS .....                                              | 144        |
| 14.5.      | PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL .....                      | 144        |
| <b>15.</b> | <b>JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....</b>                        | <b>145</b> |
| 15.1.      | PRECIOS UNITARIOS DESCOMPUESTOS .....                       | 145        |
| <b>16.</b> | <b>PLANOS.....</b>                                          | <b>150</b> |
| <b>17.</b> | <b>PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES .....</b> | <b>159</b> |
| 17.1.      | INSTRUCCIONES Y GENERALIDADES.....                          | 159        |
| 17.1.1.    | DEFINICIÓN.....                                             | 159        |
| 17.1.2.    | ÁMBITO DE APLICACIÓN.....                                   | 159        |
| 17.1.3.    | INSTRUCCIONES Y NORMATIVA APLICABLE .....                   | 159        |
| 17.1.3.1.  | Normas oficiales de carácter general.....                   | 160        |
| 17.1.3.2.  | Normas de seguridad y salud .....                           | 160        |
| 17.1.4.    | DIRECCIÓN DE OBRA .....                                     | 161        |
| 17.1.5.    | LIBRO DE INCIDENCIAS .....                                  | 161        |
| 17.1.6.    | PERMISOS Y LENCAS .....                                     | 162        |
| 17.1.7.    | SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA .....          | 162        |
| 17.1.8.    | ENSAYOS Y ANÁLISIS DE LOS MATERIALES .....                  | 162        |
| 17.1.9.    | CONTRADICCIONES, OMISIONES Y ERRORES.....                   | 162        |
| 17.1.10.   | PLAZO Y EJECUCIÓN DE LA OBRA .....                          | 162        |
| 17.1.11.   | PRECACUCIONES DURANTE LA OBRA.....                          | 163        |
| 17.1.12.   | CORTES DE TRÁFICO .....                                     | 163        |
| 17.1.13.   | PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS .....                        | 163        |
| 17.1.14.   | CONSERVACIÓN DE LA OBRA .....                               | 163        |
| 17.2.      | MATERIALES.....                                             | 163        |
| 17.2.1.    | PRESCRIPCIONES GENERALES.....                               | 163        |
| 17.2.2.    | PRINCIPAL MATERIAL DEL PROYECTO .....                       | 164        |
| 17.2.3.    | ALMACENAMIENTO.....                                         | 164        |
| 17.2.4.    | ACOPIO .....                                                | 164        |
| 17.3.      | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....                              | 165        |
| 17.4.      | MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES .....                        | 166        |
| 17.5.      | VIGILANCIA Y CONTROL DE OBRA .....                          | 166        |

|            |                                 |            |
|------------|---------------------------------|------------|
| 17.6.      | MODIFICACIÓN DEL PROYECTO ..... | 166        |
| <b>18.</b> | <b>PRESUPUESTO.....</b>         | <b>168</b> |
| 18.1.      | MEDICIONES .....                | 168        |
| 18.2.      | CUADRO DE PRECIOS .....         | 175        |
| 18.3.      | PRECIOS PARCIALES .....         | 182        |
| 18.4.      | RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....   | 189        |
| <b>19.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>       | <b>191</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|              |                                                                                                                               |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Figura 2.1.  | Localización de la ciudad de Córdoba. Fuente: Wikipedia.                                                                      |
| Figura 2.2.  | Zona de ejecución de la pasarela. Fuente: Google Earth.                                                                       |
| Figura 2.3.  | Avenida del Conde de Vellellano. Fuente: Google Earth.                                                                        |
| Figura 2.4.  | Hoja de la Avenida del Conde de vellellano. Fuente: IGME                                                                      |
| Figura 9.1.  | Tipologías de pasarelas arco. Fuente: Google.                                                                                 |
| Figura 9.2.  | Esquema de cimentaciones superficiales (zapata). Fuente: pinterest.com.                                                       |
| Figura 9.3.  | Ejecución de una zapata de puente. Fuente: geotecniafacil.com                                                                 |
| Figura 9.4.  | Esquema de pilotes. Fuente: apuntesingenierocivil.blogspot.com                                                                |
| Figura 9.5.  | Hormigón de limpieza con armadura de espera para ejecución de encepado. Fuente: apuntes de procedimientos de construcción II. |
| Figura 9.6.  | Pilas verticales de sección variable. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.                                      |
| Figura 9.7.  | Par de pilas verticales en una sección, unidos en cabeza por un dintel. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.    |
| Figura 9.8.  | Jabalcones. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.                                                                |
| Figura 9.9.  | Pilonos. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.                                                                   |
| Figura 9.10. | Puente arco metálico con apoyos múltiples. Fuente: adurcal.com.                                                               |
| Figura 9.11. | Puente arco de hormigón armado. Fuente: civilgeeks.com                                                                        |
| Figura 9.12. | Puente colgante con cables verticales como apoyos. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.                         |
| Figura 9.13. | Estribo durmiente. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.                                                         |
| Figura 9.14. | Estribo Cerrado muro hormigón con aletas. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.                                  |
| Figura 9.15. | Esquema de un estribo abierto. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.                                             |
| Figura 9.16. | Estribo de muro de tierra armada. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.                                          |
| Figura 9.17. | Colocación de flejes de acero para la mejora de rozamiento. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II                 |
| Figura 9.18. | Forma del neopreno. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.                                                        |
| Figura 9.19. | Neopreno sobre mortero de nivelación. Fuente: Google.                                                                         |
| Figura 9.20. | Tipos de tableros para losas. Fuente: apuntes de procedimientos II.                                                           |
| Figura 9.21. | Esquema transversal de tablero con vigas. Fuente: apuntes de procedimientos II.                                               |

Figura 9.22. Tablero con vigas en doble T. Fuente: pacadar.es.

Figura 9.23. Tablero prefabricado en cajón. Fuente: pacadar.es.

Figura 9.24. Perfiles de chapa grecada. Fuente: hiasa.com

Figura 9.25. Detalle del conjunto chapa colaborante-pavimento. Fuente: incoperfil.com

Figura 9.26. Tablero de puente con chapa colaborante. Fuente: cubiertasdiansa.com

Figura 9.27. Puente arco sobre el río Eslla (Valencia). Fuente: puentemanía.com

Figura 9.28. Puente arco en Bilbao. Fuente: puentemanía.com

Figura 9.29. Puente arco en Barakaldo (Vizcaya). Fuente: puentemanía.com

Figura 10.1. Ventana principal de Revit. Fuente: propia.

Figura 10.2. Péndola de barras de acero en V. Fuente: propia.

Figura 10.3. Tablero de la pasarela visto en planta. Fuente: propia

Figura 10.4. Dimensiones de rampa y descansillo. Fuente: propia.

Figura 10.5. Resultante de la rampa diseñada. Fuente: propia.

Figura 10.6. Diseño de la barandilla. Fuente: propia.

Figura 10.7. Creación de rejillas verticales y horizontales. Fuente: propia

Figura 10.8. Creación de niveles de diseño. Fuente: propia

Figura 10.9. Diseño del arco y péndolas en V. Fuente: propia

Figura 10.10. Tablero de la pasarela visto en planta. Fuente: propia

Figura 10.11. Diseño completo de la superestructura. Fuente: propia

Figura 10.12. Vista 3D del diseño completo de la pasarela peatonal. Fuente: propia

Figura 10.13. Vista en planta de la pasarela peatonal. Fuente: propia

Figura 10.14. Vista en alzado frontal de la pasarela peatonal. Fuente: propia

Figura 10.15. Vista en alzado lateral izquierdo de la pasarela peatonal. Fuente: propia

Figura 10.16. Modelo analítico de la estructura en Revit. Fuente: propia

Figura 10.17. Pasarela exportada a Robot Structural. Fuente: propia

Figura 10.18. Características de la barra TCAR 350x12. Fuente: Robot

Figura 10.19. Características de la barra CHS 660x32. Fuente: Robot

Figura 10.20. Características de la barra TRON 457x10. Fuente: Robot

Figura 10.21. Características de la barra SHSH 150x6.3. Fuente: Robot

Figura 10.22. Grupos de barras creados en Robot. Fuente: propia

Figura 10.23. Definición de apoyos isostáticos en Robot. Fuente: propia

Figura 10.24. Generación de giros y desplazamientos en el eje x. Fuente: propia

Figura 10.25. Definición de apoyo libre. Fuente: propia

Figura 10.26. Restricción de desplazamiento y giro en el eje z. Fuente: propia

Figura 11.1. Mapa de isotacas para el cálculo de  $V_b(T)$ . Fuente: IAP-11

Figura 11.2. Sistema de coordenadas de Robot. Fuente: Robot

Figura 11.3. Mapa de temperatura máxima anual  $T_{max}$ . Fuente: IAP-11

Figura 11.4. Mapa de Zonas climáticas de invierno  $T_{min}$ . Fuente: IAP-11

Figura 11.5. Parámetros de la norma de construcción sismorresistente. Fuente: IAP-11

Figura 11.6. Mapa geológico de Córdoba. Fuente: IGME

Figura 11.7. Leyenda del mapa geológico de Córdoba. Fuente: IGME

Figura 11.8. Mapa de peligrosidad sísmica en España. Fuente: NCSP-07

Figura 11.9. Casos de carga creados. Fuente: Robot

Tabla 11.22. Carga uniforme según la categoría de uso. Fuente: CTE

Figura 11.10. Peso propio de la superestructura. Fuente: Propia

Figura 11.11. Representación de la carga de pavimento. Fuente: Propia

Figura 11.12. Peso de las barandillas. Fuente: Propia

Figura 11.13. Sobrecarga en todo el tablero. Fuente: Propia

Figura 11.14. Viga extrema parcialmente cargada. Fuente: Propia

Figura 11.15. Viga intermedia parcialmente cargada. Fuente: Propia

Figura 11.16. Carga de viento transversal y vertical (yz). Fuente: Propia  
 Figura 11.17. Carga de viento longitudinal (x). Fuente: Propia  
 Figura 11.18. Temperatura de dilatación en tablero y arcos. Fuente: Propia  
 Figura 11.19. Temperatura de contracción en tablero y arcos. Fuente: Propia  
 Figura 11.20. Carga de nieve. Fuente: Propia  
 Figura 11.21. Tipos de análisis. Fuente: Robot  
 Figura 11.22. Parámetros del análisis modal con itinerancia en el subespacio. Fuente: Robot  
 Figura 11.23. Definición de caso sísmico. Fuente: Robot  
 Figura 11.24. Parámetros de la norma española NCSR-07. Fuente: Robot  
 Figura 11.25. Dirección del sismo. Fuente: Robot  
 Figura 11.26. Algunas cargas sísmicas introducidas en robot. Fuente: Robot  
 Figura 11.27. Número de combinaciones automáticas completas. Fuente: Robot  
 Figura 11.28. Valores de Número de combinaciones automáticas completas. Fuente: Robot  
 Figura 11.29. Combinaciones consideradas. Fuente: Robot  
 Figura 11.30. Grupos creados según la naturaleza de la carga. Fuente: Robot  
 Figura 11.31. Relaciones según carga. Fuente: Robot  
 Figura 11.32. Lista de las relaciones definidas. Fuente: Robot  
 Figura 11.33. Cálculo de la estructura. Fuente: Robot  
 Figura 11.34. Temperatura de contracción en tablero y arcos. Fuente: Propia  
 Figura 11.35. Desplazamientos límites de las barras. Fuente: Robot  
 Figura 11.36. Dimensionamiento y cálculo de barras de acero. Fuente: Robot  
 Figura 11.37. Deformación según el ELU. Fuente: Robot  
 Figura 11.38. Deformación según el ELS. Fuente: Robot  
 Figura 11.39. Temperatura de contracción en tablero y arcos. Fuente: Propia  
 Figura 11.40. Leyes momento-curvatura de secciones transversales de clase 1 a 4. Fuente: EAE  
 Figura 11.41. Esbelteces máximas para paneles comprimidos interiores (alas y almas). Fuente: EAE  
 Figura 11.42. Esbelteces máximas para casos especiales de paneles comprimidos. Fuente: EAE  
 Figura 11.43. Esfuerzos de cálculo del cajón longitudinal. Fuente: Robot  
 Figura 11.44. Control de la resistencia de la sección del cajón longitudinal. Fuente: Robot  
 Figura 11.45. Control de estabilidad global del cajón longitudinal. Fuente: Robot  
 Figura 11.46. Resumen de los esfuerzos de cálculo de la vigueta. Fuente: Robot  
 Figura 11.47. Control de estabilidad de la vigueta. Fuente: Robot.  
 Figura 11.48. Resumen de los esfuerzos de cálculo de la viga arco. Fuente: Robot  
 Figura 11.49. Control de la resistencia de la sección de la viga arco. Fuente: Robot.  
 Figura 11.50. Control de la estabilidad global de la viga arco. Fuente: Robot.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 9.1. Tipologías de tableros con correspondientes luces máximas. Fuente: apuntes de procedimiento de construcción II  
 Tabla 10.1. Anchuras y alturas libres en pasarelas. Fuente: Ministerio de Fomento.  
 Tabla 10.2. Parámetros de la rampa. Fuente: propia  
 Tabla 10.3. Perfiles de acero estructural empleados. Fuente: Robot  
 Tabla 11.1. Clasificación de las acciones. Fuente: propia  
 Tabla 11.2. Vida útil de la estructura. Fuente: EAE.11  
 Tabla 11.3. Pesos específicos de algunos materiales. Fuente: IAP-11

Tabla 11.4. Sobrecargas estáticas según el espesor de chapa grecada. Fuente: HIANSA  
 Tabla 11.5. Tipos de entorno. Fuente: IAP-11  
 Tabla 11.6. Determinación del coeficiente de fuerza  $c_f$ . Fuente: IAP-11  
 Tabla 11.7. Determinación del coeficiente  $\alpha$ . Fuente: IAP-11  
 Tabla 11.8. Temperatura mínima anual. Fuente: IAP-11  
 Tabla 11.9. Incremento de temperatura mínima y máxima. Fuente: IAP-11  
 Tabla 11.10. Variación de temperatura en fibras. Fuente: IAP-11  
 Tabla 11.11. Factores de corrección según el espesor del pavimento. Fuente: IAP-11  
 Tabla 11.12. Expresiones de simultaneidad. Fuente: propia.  
 Tabla 9.13. Valor característico de la sobrecarga de nieve. Fuente: IAP-11  
 Tabla 11.14. Expresiones de simultaneidad. Fuente: IAP-11  
 Tabla 11.15. Parámetros de  $(a_b/g)$  y de K. Fuente: NCSP-07  
 Tabla 11.16. Parámetro de importancia del puente. Fuente: NCSP-07  
 Tabla 11.17. Parámetro de comportamiento del puente. Fuente: NCSP-07  
 Tabla 11.18. Parámetros de la norma sismorresistente en puentes. Fuente: propia  
 Tabla 11.19. Resumen de acciones calculadas para la pasarela. Fuente: propia  
 Tabla 11.20. Factores de simultaneidad  $\psi$ . Fuente: IAP-11  
 Tabla 11.21. Coeficientes parciales de mayoración de acciones. Fuente: propia  
 Tabla 11.23. Pesos de las diferentes barras de la estructura. Fuente: Robot  
 Tabla 11.24. Valores de las cargas del pavimento. Fuente: propia  
 Tabla 11.25. Sobrecarga de uso de la estructura. Fuente: propia  
 Tabla 11.26. Cargas de viento. Fuente: propia  
 Tabla 11.27. Verificación de los perfiles de la estructura. Fuente: Robot. Parte 1/2  
 Tabla 11.28. Verificación de los perfiles de la estructura. Fuente: Robot. Parte 2/2  
 Tabla 11.29. Datos de la sección del cajón longitudinal. Fuente: Robot  
 Tabla 11.30. Coeficientes parciales para el ELU de resistencia. Fuente: EAE-11  
 Tabla 11.31. Valores de  $N_{Rk}$ ,  $M_{i,Rk}$  y  $\Delta M_{y,Ed}$  para comprobación frente a pandeo. Fuente: EAE-11  
 Tabla 11. 32. Coeficiente de imperfección según curva de pandeo. Fuente: EAE-11  
 Tabla 11.33. Curvas de pandeo. Fuente: EAE-11  
 Tabla 11.34. Método 1. Coeficientes de interacción kij y términos auxiliares. Fuente: EAE-11  
 Tabla 11.35. Factor de corrección kc. Fuente: EAE-11  
 Tabla 11.36. Método 1. Obtención de los factores  $C_{mi,0}$ . Fuente: EAE-11  
 Tabla 11.37. Factores para clasificar la sección de la vigueta. Fuente: Robot  
 Tabla 11.38. Parámetros para la clasificación de la viga arco. Fuente: Robot  
 Tabla 12.1. Diagrama de Gantt. Fuente: propia

DOCUMENTO N.º 1  
MEMORIA

# **1. ALCANCE Y OBJETIVO DEL PROYECTO.**

Este trabajo fin de grado forma parte de la oferta formativa del Grado en Ingeniería Civil de esta Universidad de Jaén.

Se plantea la posibilidad de diseñar y ejecutar una pasarela peatonal capaz de integrarse en el entorno y ser agradable a la vista para los peatones de Córdoba.

Esta idea surge por la necesidad de dotar a la Avenida del Conde de Vallellano, de la ciudad de Córdoba, de una pasarela peatonal en una de las avenidas más anchas y largas de dicha ciudad, para facilitar aún más, las posibilidades de los peatones para cruzarla.

La avenida cuenta previamente con pasos de cebras con semáforos, pero la distancia entre ellas es larga, por tanto, se ha pensado en ejecutar una pasarela en la zona media de dicha avenida, proporcionando otra posibilidad a los peatones.

En definitiva, el principal objetivo de este proyecto es disponer de una solución alternativa de un paso a nivel para todo el público en general, incluyendo ciclistas y discapacitados.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1. ANTECEDENTES**

La avenida dispone de viviendas y varios servicios a ambos lados de la misma, condicionando así el flujo de peatones a lado y a otro.

Como se ha señalado anteriormente, la avenida dispone de señales viarias para facilitar el paso a los peatones. Pero al ser una de las avenidas más largas, existe una gran separación entre unas señales y otras, permitiendo así que el peatón, en caso de encontrarse en una zona intermedia de la avenida, tenga que caminar bastante hasta llegar a un paso de cebra. Por tanto, el paso a nivel que se va a diseñar en este proyecto será una opción más para dotar a los peatones de cierta flexibilidad al cruzar.

### **2.2. EMPLAZAMIENTO**

El proyecto se localiza en la ciudad de Córdoba, concretamente en la Avenida del Conde de Vallellano, en la A-431 que se encuentra en el centro de la ciudad, con edificios y zonas verdes a ambos lados y en cuya zona existe un núcleo importante de población y servicios.



**Figura 2.1. Localización de la ciudad de Córdoba. Fuente: Wikipedia.**

En las siguientes figuras podremos apreciar la ubicación exacta de la pasarela dentro de la ciudad de Córdoba.



**Figura 2.2. Zona de ejecución de la pasarela. Fuente: Google Earth.**

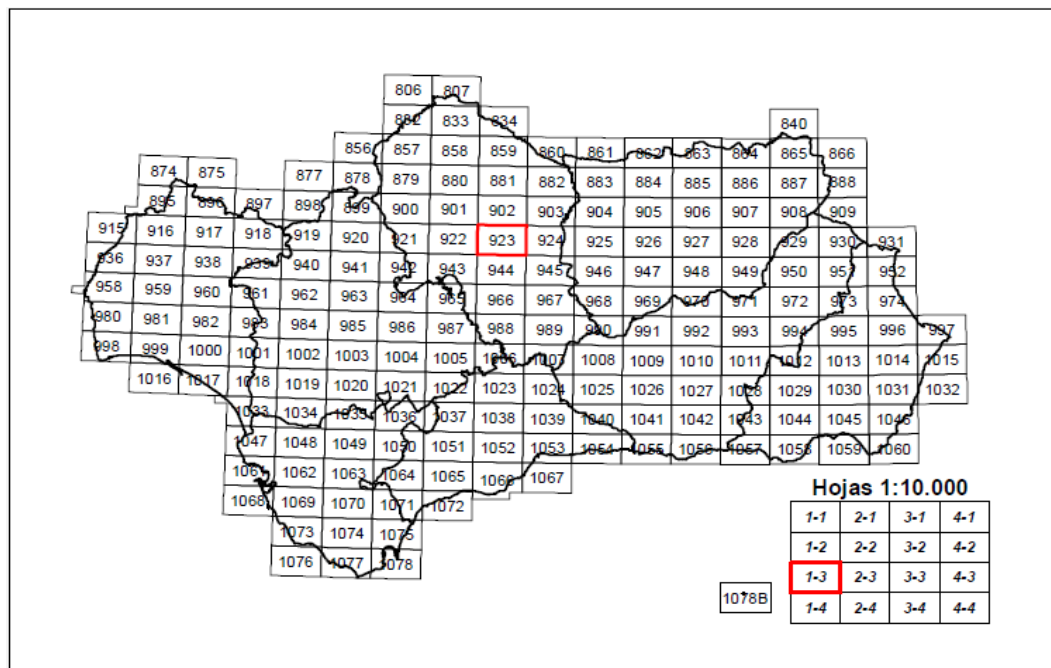


**Figura 2.3. Avenida del Conde de Valledano. Fuente: Google Earth.**

- Área de ejecución de la pasarela peatonal.
- Punto exacto de ejecución de la pasarela peatonal.

### 2.3. TOPOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

Según el mapa topográfico de Andalucía, Córdoba se encuentra enmarcada en la hoja del MTN 923 (1-3) y cuya escala es de 1:10.000. Este mapa emplea un sistema geodésico de referencia ETRS89 y la Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), huso 30, con una convergencia de  $-1^{\circ} 06' 49''$ .



**Figura 2.4. Hoja de la Avenida del Conde de valledano. Fuente: IGME**

Según el Instituto Geológico y Minero de España, la ciudad de Córdoba está situada en la hoja 923 (16-37) a escala 1:50.000.

Estos mapas servirán para poder determinar los materiales que se encuentran en la zona de ejecución de la pasarela, sustituyendo así el estudio geotécnico, como se verá más adelante.

## **2.4. NORMATIVA APLICABLE**

En este proyecto tendremos en consideración la normativa nacional, es decir, las diferentes instrucciones del Ministerio de Fomento respecto a la construcción de carreteras y puentes, tales como:

- Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC. Altura libre bajo puente o pasarela, dimensiones de las carreteras, etc.
- Instrucciones sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carreteras [IAP-11]. Esta instrucción facilita el cálculo de diferentes fuerzas ejercidas sobre los distintos elementos que componen la pasarela.
- Instrucción de acero estructural (EAE-11). Esta instrucción nos permite dimensionar y evaluar los diferentes perfiles de aceros, determinando su comportamiento frente a las distintas acciones que afectan a la estructura. Se ha complementado ésta con el código técnico de la edificación (CTE: DBSE-AE).
- Norma de construcción sismorresistente (NCSP-07). Con esta norma seremos capaces de evaluar la acción del sismo sobre la estructura.
- Obras de paso de nueva construcción. Conceptos generales.

Por otra parte, se ha tenido en cuenta el Documento Técnico sobre el Decreto Andaluz de Accesibilidad, en el cual se recoge todas las exigencias técnicas para el acceso de personas de movilidad reducida, como limitar la pendiente de las rampas y las alturas de las barandillas.

Para la aplicación de estas normativas es necesario consultar previamente el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU-Córdoba), que para la ejecución de pasarelas peatonales hay que tener en cuenta la sección cuarta “Proyectos de otras actuaciones urbanísticas”.

## 2.5. ESTUDIOS PREVIOS

Es importante que en un proyecto de ingeniería civil se incorporen unos estudios previos del emplazamiento y entorno de la obra. Estos estudios previos pueden ser:

- *Estudios de cartografía y topografía.* Principalmente para la determinación de mapas con sus correspondientes curvas de nivel del terreno tanto de la zona de obra como en sus proximidades, entre otras actividades.
- *Estudio geológico.* Sirve para conocer las características y propiedades geológicas básicas de la zona de ejecución del proyecto. Se puede tener en cuenta los estudios que ofrece el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- *Estudio geotécnico.* Nos proporcionará las características geotécnicas del terreno, como los espesores de los distintos tipos de materiales en la zona de la obra, expansividad, densidad y humedad de compactación, posibles asientos del terreno o su capacidad portante, entre otros datos de interés. También se puede obtener algunos datos en el IGME.
- *Estudio de sismicidad.* Con este estudio se pretende determinar el riesgo de sismo de la zona, para poder definir la influencia de dicho fenómeno sobre la estructura y dimensionar las posibles vibraciones que puede soportar. Para este estudio se empleará la Norma de construcción sismorresistente en puentes (NCSP-07), pero también se consultará el Documento Básico de Seguridad Estructural Cimientos (DBSE-C).

Por último, son necesarios estudios de la climatología para conocer el medio natural en el que se implanta el proyecto, así como un significativo estudio de impacto ambiental para analizar todos y cada uno de los elementos medioambientales que pueden verse afectados en las distintas fases de construcción y explotación del proyecto.

## 2.6. FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

En este proyecto En este proyecto nos enfocaremos principalmente en la ejecución de la superestructura de la pasarela, pero señalaremos los procesos o fases previos a la ejecución de dicha superestructura. Por lo que, las fases fundamentales en la ejecución íntegra de la pasarela son las siguientes:

1. *Trabajos previos.* En esta fase es fundamental delimitar la zona de trabajo y llevar a cabo el replanteo de la obra, realizar las instalaciones y servicios necesarios y establecer el área de acopio de materiales y maquinaria.

2. *Ejecución de la cimentación y la infraestructura.* Fase en la que se lleva a cabo los movimientos de tierra necesarios para la ejecución de la obra, excavaciones, ejecución de cimentaciones (superficiales o profundas) y la construcción tanto de estribos como de pilas para la sustentación del tablero como para la ejecución de rampas.
3. *Construcción de arcos y tablero.* Los tramos de tablero y arco metálicos se ejecutan en taller y se transportan hasta la obra (atendiendo siempre a la normativa para el transporte en carretera de estos elementos). Se sueldan in situ conformando la estructura y se colocan con grúas móviles.
4. *Colocación de la superestructura.* La colocación definitiva de la estructura se puede realizar con dos grúas móviles, una a cada extremo de la estructura, hasta su posición definitiva.
5. *Ejecución de las rampas.* Se podrá ejecutar la rampa en el periodo contemplado por el diagrama de Gantt establecido para el proyecto, es decir, si contempla la posibilidad de ejecutar las rampas a priori, durante el solape y colocación del tablero o a posteriori.
6. *Instalaciones y acabados.* Es la fase final del proceso constructivo en la cual se ejecuta el pavimento, se colocan las barandillas, iluminación, señalización, etc. Dejando la zona totalmente limpia y transitable, listo para el uso público.

### **3. TIPOLOGÍAS DE PASARELAS**

Para la adopción de una determinada tipología de pasarela, es necesario realizar un estudio comparativo según los parámetros como la funcionalidad, seguridad, economía, parámetros técnicos, medioambientales, etc. Por esta razón se describirán dichos parámetros, pero no se llevará a cabo un estudio real de los mismos.

### **4. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA**

La pasarela se procederá a diseñar con el programa Revit 2019, mientras que el cálculo de la misma se realizará con el programa Robot Structural Analysis 2019. Ambos programas pertenecen a la compañía de Autodesk y la versión empleada es la correspondiente a estudiantes.

El diseño se realizará con perfiles de acero almacenados en el programa Revit, definiendo las características que cumplan con las posteriores comprobaciones de resistencia

y estabilidad de la estructura. Posteriormente el modelo analítico se exportará en Robot para su posterior cálculo.

Las acciones se determinarán manualmente y se introducirán en Robot según la clasificación de las mismas.

Finalmente, el dimensionamiento de las barras de acero para la verificación de la estabilidad y resistencia se realizará también en el Robot.

## **5. PLAN DE OBRA**

Se realizará plan de obra ilustrativo y orientativo, que no corresponderá a la realidad de este proyecto.

Este plan de obra mostrará la forma en que se puede determinar la duración de ejecución de una obra como esta, estableciendo la duración de cada una de las actividades necesarias para su ejecución.

A través de un diagrama de Gantt se apreciará la actividad y su correspondiente duración, pudiendo llegar a estimar la duración total de todas las actividades.

## **6. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

En el estudio de seguridad y salud se definirán los procedimientos y equipos a emplear en relación a los riesgos laborales en la obra, es decir, para prevenir accidentes y determinar los métodos de actuación en caso de que se produzca, por lo tanto, es necesaria una estimación económica de dicho estudio.

## **7. GESTIÓN DE RESIDUOS**

Durante la ejecución de la obra se generan importantes cantidades de residuos en las distintas etapas del proyecto. Dichos residuos han de ser bien tratados, realizando previamente un estudio de gestión de residuos regido por el Real Decreto 105/2008, de 1 de Febrero, el cual tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de residuos de construcción y demolición, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización.

## **8. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS**

Aplicando los precios unitarios de los cuadros de precios a las mediciones resultantes, y empleando el programa de presupuestos PREMETH, se ha obtenido un presupuesto total de 630.796,69 (SEISCIENTOS TREINTA MIL SETECIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS).

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA  
PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD  
DE CÓRDOBA**

ANEJOS

## **Anejo n.º 1. Tipologías de pasarelas**

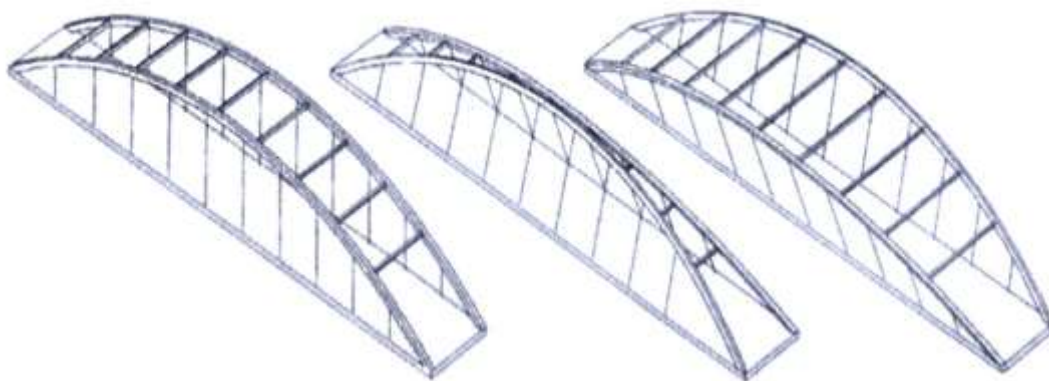
### **9. TIPOLOGÍAS DE PASARELAS**

En este apartado lo que se va a realizar es el análisis de las diferentes opciones que contempla la solución principal adoptada, cual es la construcción de una pasarela peatonal frente a la de ejecutar un paso inferior o túnel; Es decir, que se hará una comparativa entre las soluciones de pasarela tipo arco, atirantada, colgante y en celosía, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- *Funcionalidad.* Afecta a la finalidad para la que se diseña la pasarela, es decir, que facilite la fluidez de tránsito de peatones, ciclistas y personas de movilidad reducida durante toda su vida útil.
- *Seguridad.* Se tiene en cuenta todos los factores de seguridad de para los usuarios y elementos colindantes.
- *Economía.* Relacionado con las expropiaciones, ocupaciones temporales, unidades de obra, etc. Que van a determinar el coste de ejecución de la obra.
- *Parámetros técnicos.* Se valoran aspectos puramente técnicos como la tipología y diseño, facilidad constructiva, plazos, integración urbanística, etc.
- *Parámetros medioambientales.* Se establecen condiciones medioambientales para minimizar los factores negativos y potenciar los positivos para la buena integración de la obra en el entorno de ejecución, determinando la estética y el impacto visual de la misma.

A falta de un estudio exhaustivo en este proyecto de dichos parámetros, se ha llegado a la conclusión de que la opción de pasarela tipo arco podría ser la mejor solución a nivel estético y visual, pero también podría serlo respecto a la facilidad de diseño y construcción. En el resto de parámetros concluimos que no habría una diferencia significativa. Por lo tanto, llevaremos a cabo el diseño y el cálculo de la estructura de una pasarela peatonal tipo arco.

Dentro de la tipología de pasarelas arco se distinguen los siguientes modelos:



**Figura 9.1. Tipologías de pasarelas arco. Fuente: Google.**

En este proyecto se ha elegido el primer modelo (de izquierda a derecha), pero con riostras cruzadas en arcos, y péndolas en V (péndolas tipo Nielsen). Modelos que se expondrán más adelante.

## **9.1. ELEMENTOS DE UNA PASARELA**

Las pasarelas, al igual que los puentes, están compuestas por una infraestructura y una superestructura.

- *Infraestructura.* Compuesta por la cimentación (superficial o profunda), Pilas o apoyos intermedios (verticales o inclinadas), estribos y aparatos de apoyo del tablero o neoprenos.
- *Superestructura.* Constituida por el tablero, impostas, barandillas, sistema de drenaje, barreras de seguridad, pavimento o plataforma de vía e iluminación.

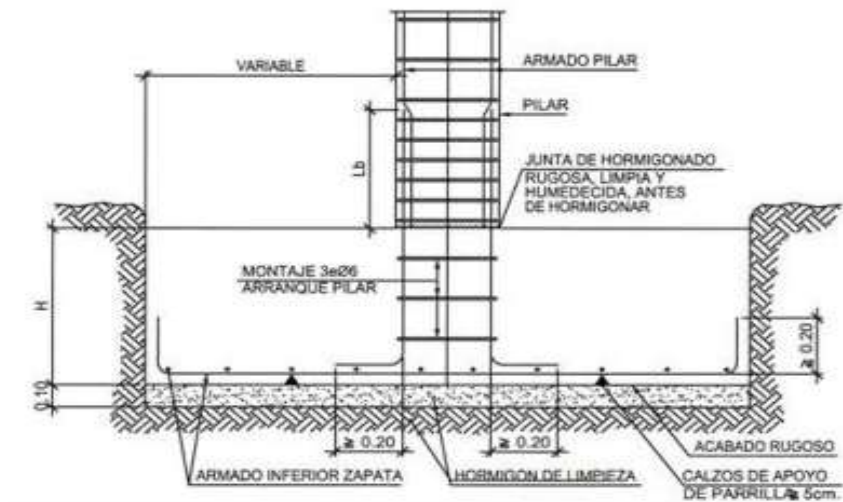
### **9.1.1. INFRAESTRUCTURA**

#### **9.1.1.1. Cimentación**

La cimentación de un puente o pasarela, es la parte fundamental que va a sujetar la estructura y transmitir los esfuerzos derivados de la estructura al terreno. Se puede distinguir:

- *Cimentación superficial o zapatas.* Su uso es recomendable en suelos homogéneos, estables, compactos y de gran capacidad portante.

## ZAPATA AISLADA

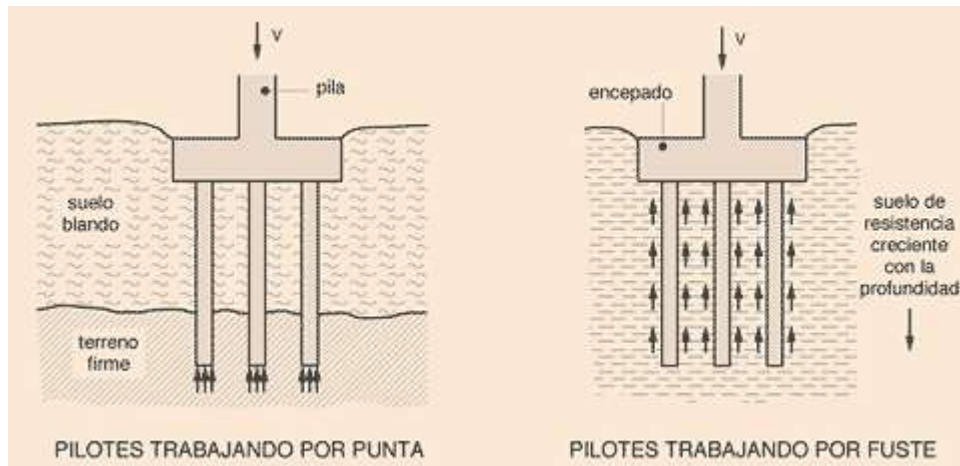


**Figura 9.2. Esquema de cimentaciones superficiales (zapata). Fuente: pinterest.com.**



**Figura 9.3. Ejecución de una zapata de puente. Fuente: geotecniafacil.com**

- *Cimentación profunda o pilotes.* Se exige su uso en laderas y zonas de ríos y ramblas. Son pilotes de gran diámetro unidos en cabeza mediante un sistema de encepado.



**Figura 9.4. Esquema de pilotes. Fuente: [apuntesingenierocivil.blogspot.com](http://apuntesingenierocivil.blogspot.com)**



**Figura 9.5. Hormigón de limpieza con armadura de espera para ejecución de encepado. Fuente: apuntes de procedimientos de construcción II.**

#### 9.1.1.2. Pilas o Apoyos intermedios

Las pilas son apoyos intermedios de los tableros, en puentes de dos o más tramos. Soportan las cargas y las transmiten a la cimentación. Éstas pueden ser:

- *Pilas verticales.* Pueden ser de sección constante o variable, adaptando cualquier tipo de sección.



**Figura 9.6. Pilas verticales de sección variable. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**

También se puede emplear varias pilas en una misma sección unidas en cabeza mediante un dintel que servirá de soporte para el tablero.



**Figura 9.7. Par de pilas verticales en una sección, unidos en cabeza por un dintel. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**

- *Pilas inclinadas o jabalcones.* Son pilas que se aproximan a la forma de arco. Se emplean principalmente para evitar el uso de apoyos intermedios verticales.



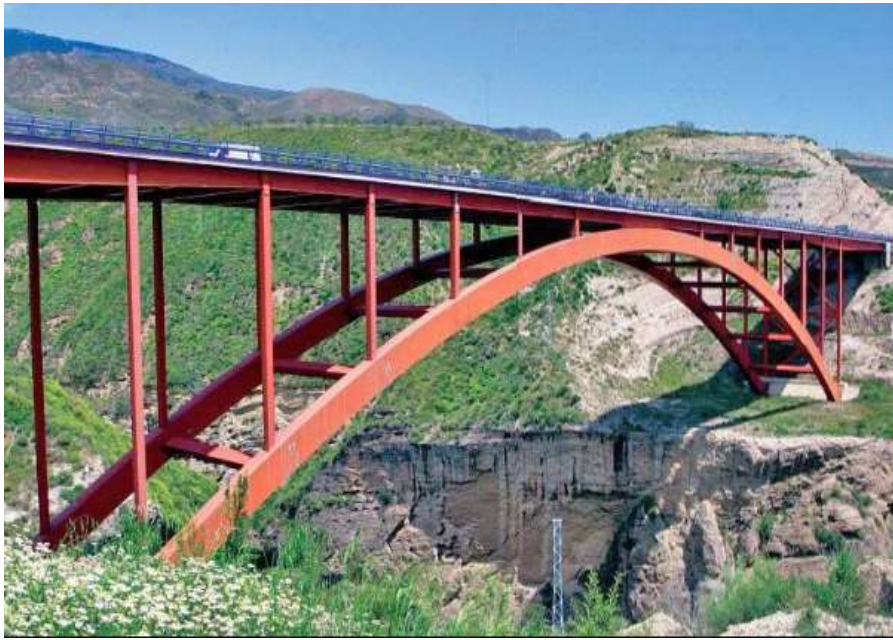
**Figura 9.8. Jabalcones. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**

- *Pilonos* para anclaje de cables en puentes atirantados, que constituyen los apoyos intermedios.



**Figura 9.9. Pilonos. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**

➤ Arcos metálicos o de hormigón armado /pretensado con múltiples apoyos.



**Figura 9.10. Puente arco metálico con apoyos múltiples. Fuente: adurcal.com.**

Otro ejemplo de puente arco de hormigón armado, ejecutado in situ.



**Figura 9.11. Puente arco de hormigón armado. Fuente: civilgeeks.com**

- *Cables verticales* como apoyos intermedios para sustentar el tablero en puentes colgantes. Las pilas intermedias sirven de apoyo para paso de los cables en parábola, anclándose en los estribos extremos.

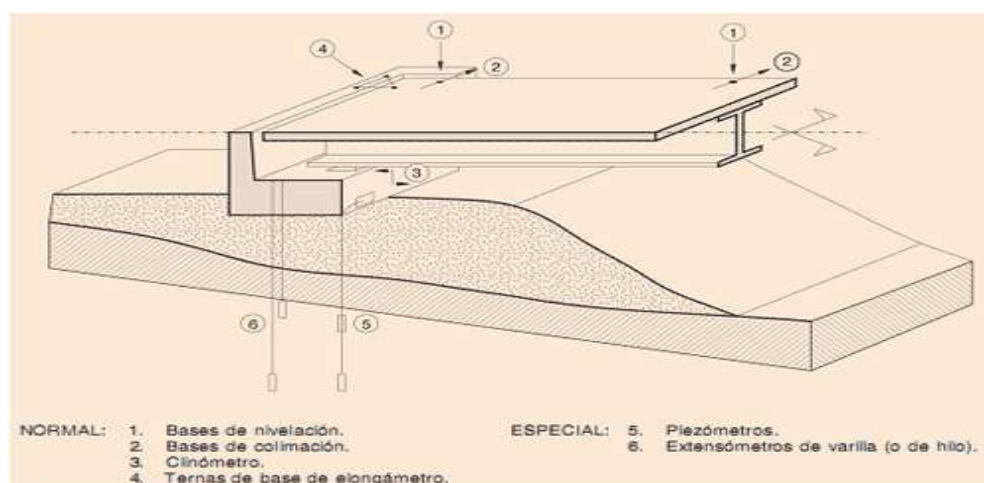


**Figura 9.12. Puente colgante con cables verticales como apoyos. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**

#### 9.1.1.3. *Estribos o apoyos extremos*

Los estribos constituyen la transición entre terraplén/desmonte y el puente. Al igual que las pilas, también soportan el peso del tablero, entre otras funciones. Pueden ser de varios tipos:

- *Estribos flotantes o durmientes*: Ejecutados sobre el terreno compactado del propio terraplén.



**Figura 9.13. Estribo durmiente. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**

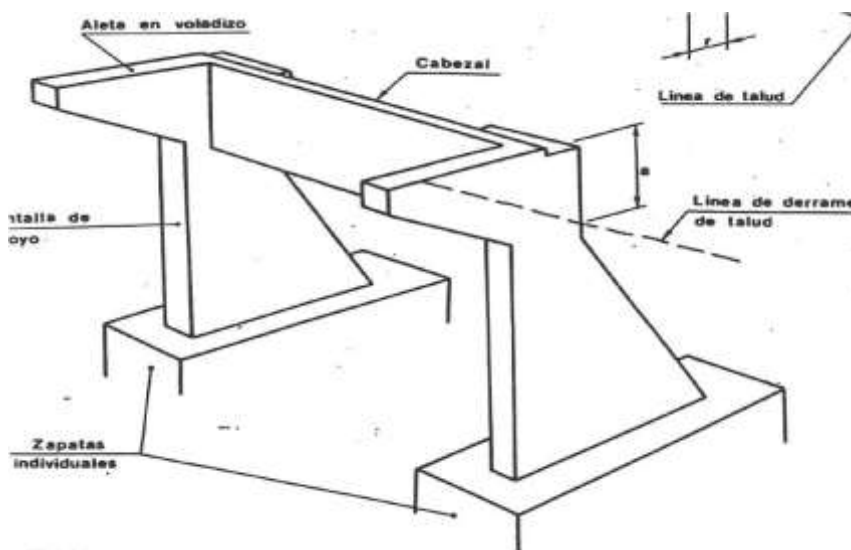
- *Estribos cerrados* muro hormigón con aletas. Construido in situ con hormigón armado o empleando paneles de prefabricado, con posterior relleno y ejecución de apoyo del tablero



**Figura 9.14. Estribo Cerrado muro hormigón con aletas. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**

Es necesario que en este tipo de estribos se contemple un sistema de drenaje en el trasdós del mismo.

- *Estribos abiertos*. Sin muro frontal, solo la estructura para soportar el tablero. El estribo queda embebido en el terraplén.



**Figura 9.15. Esquema de un estribo abierto. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**

- *Muros de tierra armada.* Se consideran estribos durmientes con muro frontal para contener la tierra armada sobre la que se va a apoyar el durmiente.



**Figura 9.16. Estribo de muro de tierra armada. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**

En la base de este tipo de estribos es necesaria la colocación de unos flejes de acero para mejorar el rozamiento con el terreno y contener así los empujes del mismo.

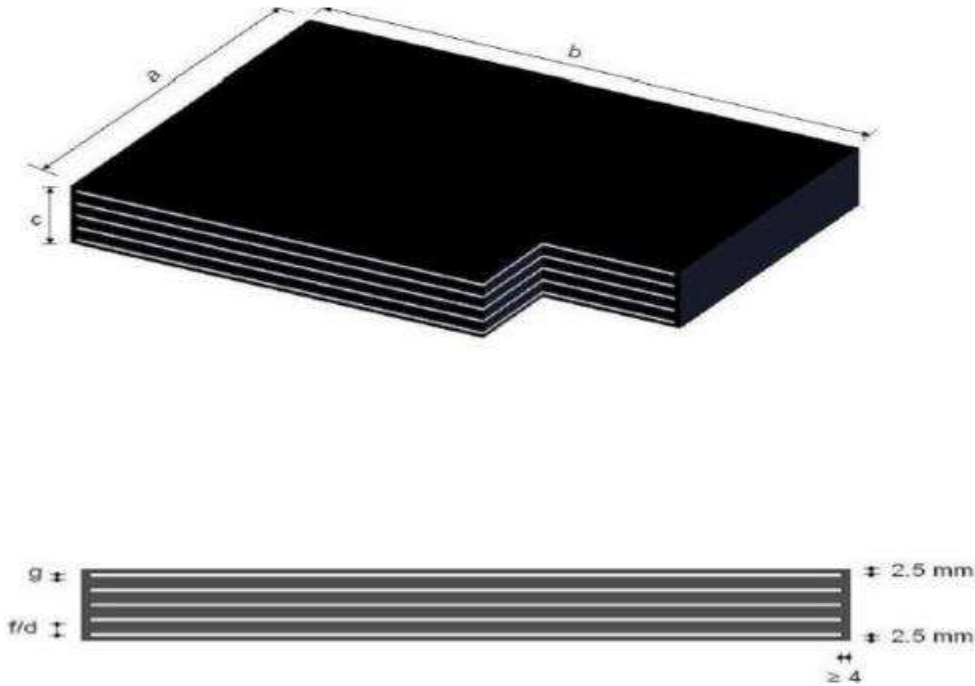


**Figura 9.17. Colocación de flejes de acero para la mejora de rozamiento. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**

#### *9.1.1.4. Aparatos de apoyo elastomérico o neopreno.*

Los neoprenos son elementos sobre los que se apoya directamente el tablero. Se usan generalmente tanto en pilas intermedias como en estribos, salvo en puentes con cables y puentes arco.

Tienen una alta resistencia a cargas verticales y muy mala a cargas horizontales o laterales. Por tanto, están diseñados para permitir cierta libertad de giro y traslación



**Figura 9.18. Forma del neopreno. Fuente: apuntes procedimientos de construcción II.**



**Figura 9.19. Neopreno sobre mortero de nivelación. Fuente: Google.**

## 9.1.2. SUPERESTRUCTURA

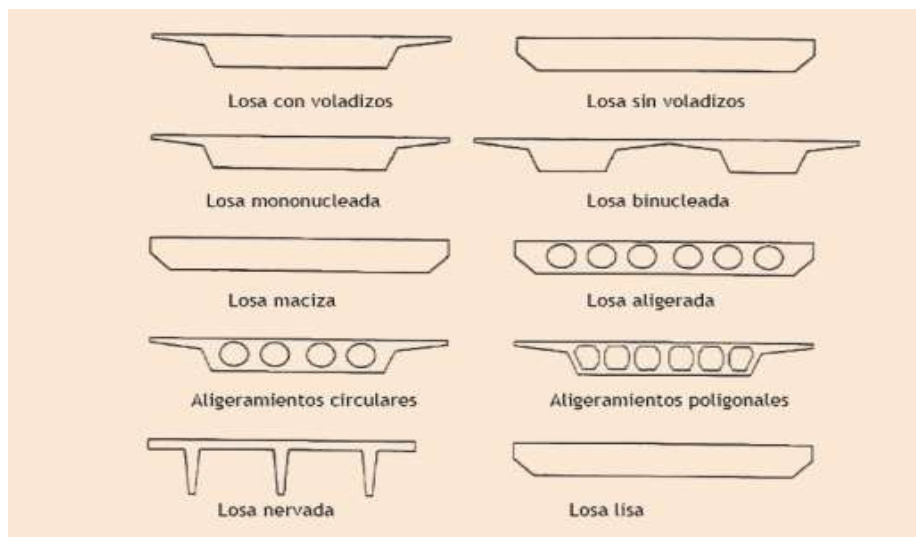
### 9.1.2.1. Tablero

El tablero es la parte fundamental de la superestructura. Es el elemento del puente o pasarela que permite el tránsito de vehículos, personas, ferrocarril, agua, etc., salvando la luz entre apoyos. Puede tener una disposición totalmente horizontal o tener cierta inclinación (algunos puentes arco, atirantados o colgantes). La tipología de los tableros varía según la luz máxima que puede salvar, entre otros aspectos. Los más destacados son los siguientes:

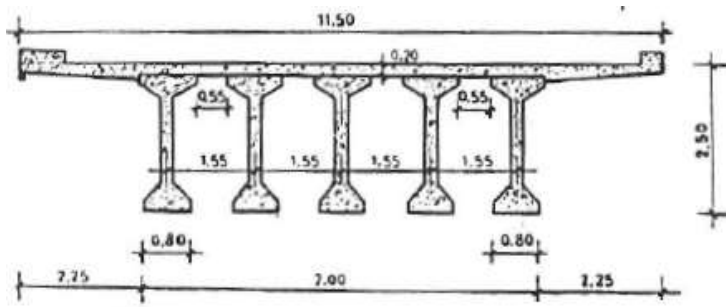
**Tabla 9.1. Tipologías de tableros con correspondientes luces máximas. Fuente: apuntes de procedimiento de construcción II.**

| Tablero                               | Luz máxima<br>HA (m) | Luz máxima<br>HP (m) |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Hormigón armado losa maciza           | 15                   | 25                   |
| Hormigón armado losa aligerada        | 15 a 20              | 30 a 35              |
| Tablero nervado con vigas             | 45                   |                      |
| Tablero en cajón                      | 40 a 45              |                      |
| Tablero con cajón metálico en celosía | De 600 hasta 1500 m  |                      |

A continuación, se muestran algunas tipologías de tableros de puentes.



**Figura 9.20. Tipos de tableros para losas. Fuente: apuntes de procedimientos II.**



**Figura 9.21. Esquema transversal de tablero con vigas. Fuente: apuntes de procedimientos II.**

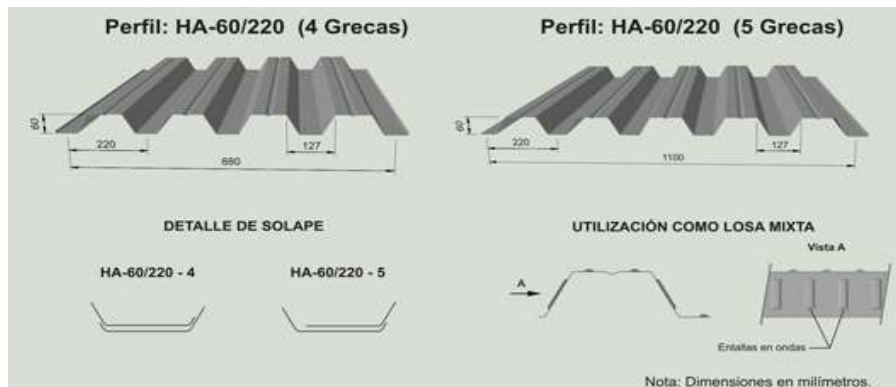


**Figura 9.22. Tablero con vigas en doble T. Fuente: pacadar.es.**

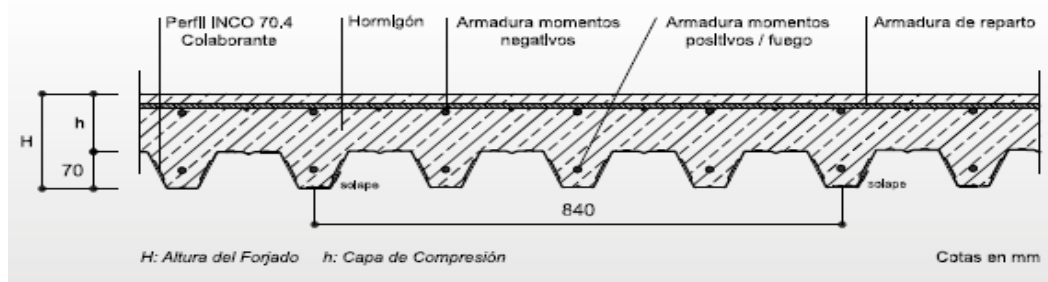


**Figura 9.23. Tablero prefabricado en cajón. Fuente: pacadar.es.**

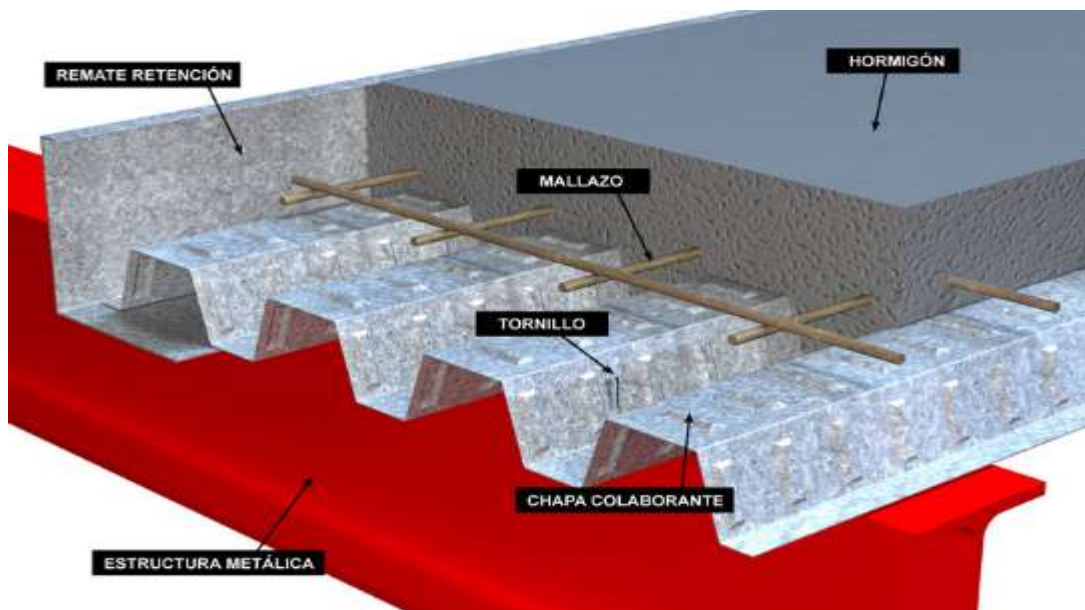
A continuación destacamos una metodología de ejecución de tableros mediante el empleo de una chapa gredada como la de la imagen. Sobre ésta se apoyan las distintas capas que conforman el pavimento.



**Figura 9.24. Perfiles de chapa gredada. Fuente: hiasa.com**



**Figura 9.25. Detalle del conjunto chapa colaborante-pavimento. Fuente: incoperfil.com**



**Figura 9.26. Tablero de puente con chapa colaborante. Fuente: cubiertasdiansa.com**

Este tipo de tablero en concreto es el que se empleará en este proyecto y sobre el cual van a descansar las diferentes capas del pavimento. Elegiremos un fabricante de chapa grecada con sus características concretas que convengan para el diseño.

## 9.2. EJEMPLOS DE PASARELAS EN ARCO

A continuación, se muestran algunos ejemplos de pasarelas tipo arco ejecutados en distintos puntos de España.



**Figura 9.27. Puente arco sobre el río Esla (Valencia). Fuente: puentemanía.com.**

La pasarela está ejecutada sobre el río Esla en Valencia. Es una pasarela tipo bowstring (Péndolas verticales) de 110 m de luz. La estructura traza un tablero inferior suspendido mediante un doble arco superior con tirantes que transmite a la cimentación únicamente cargas verticales, debido a que la zona del río presenta grandes dificultades geotécnicas.

Los arcos se disponen en dos planos inclinados simétricos hacia el interior, con una altura máxima de 9 m. Las péndolas son perfiles tubulares circulares de acero, y el tablero consiste en una estructura mixta de chapa colaborante de 6,05 m y 0,19 m de espesor medio apoyada inferiormente en vigas transversales (vigas sujetas a las péndolas).



**Figura 9.28. Puente arco en Bilbao. Fuente: puentemanía.com**

La pasarela se encuentra situada en Campo Volantín o Zubizuri, en Bilbao. Diseñada por Santiago Calatrava, está formada por un arco inclinado unido al tablero mediante péndolas o cables de suspensión. El tablero está formado por 41 costillas de sección variable en T. La luz es de 75 m y el gálibo es de 8,5 m.



**Figura 9.29. Puente arco en Barakaldo (Vizcaya). Fuente: puentemanía.com**

Se trata de una pasarela metálica de 35 m de luz y 3,5 m de ancho, situada en Gorostiza (Barakaldo). Es una pasarela arco compuesta de dos arcos tangenciales en la clave, vinculados ambos al tablero con péndolas tipo Nielsen.

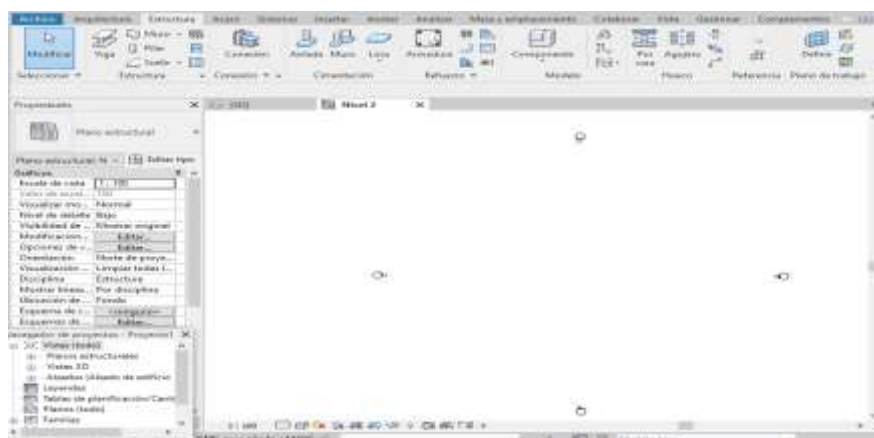
## **Anejo n.º 2. Diseño y cálculo estructural**

### **10. DISEÑO**

El diseño de la pasarela se llevará a cabo con el programa “Revit 2019”, mientras que el cálculo de la estructura será desarrollado por “Robot Structural Analysis 2019”, ambos son compatibles y corresponden a la compañía Autodesk.

Revit permite el diseño de la estructura desde su infraestructura hasta la superestructura. Pero en este proyecto nos enfocaremos en el diseño de la superestructura con la posibilidad de que, en un futuro, se complemente con el diseño de la infraestructura y las rampas de accesibilidad.

A continuación, vemos la ventana principal del programa donde podemos apreciar varias ventanas. Desde la ventana de Arquitectura, Estructura, Acero, Sistemas, etc. En la ventana “Gestionar” se definen las características de los materiales que se van a emplear.



**Figura 10.1. Ventana principal de Revit. Fuente: propia.**

Con Revit 2019 modelaremos la pasarela en su conjunto, diseñando los arcos, péndolas, tablero, suelo, barandillas, etc.

Es un programa que nos da la posibilidad de elegir los perfiles de acero permitidos tanto en España como en la Unión Europea con los que diseñar la estructura.

A medida que se va diseñando el modelo geométrico de la estructura, existe la posibilidad de generar simultáneamente el modelo analítico de la misma, con el que se procederá a calcular en Robot.

## 10.1. DEFINICIÓN DE MATERIALES

La pasarela a diseñar es una estructura metálica, por lo que se ha empleado el acero como el material base para dicho diseño.

Las características comunes de todos los aceros se recogen en el Documento Básico Seguridad Estructural-Acero, en su apartado 4.2 “Aceros en chapas y perfiles”, como se muestra a continuación:

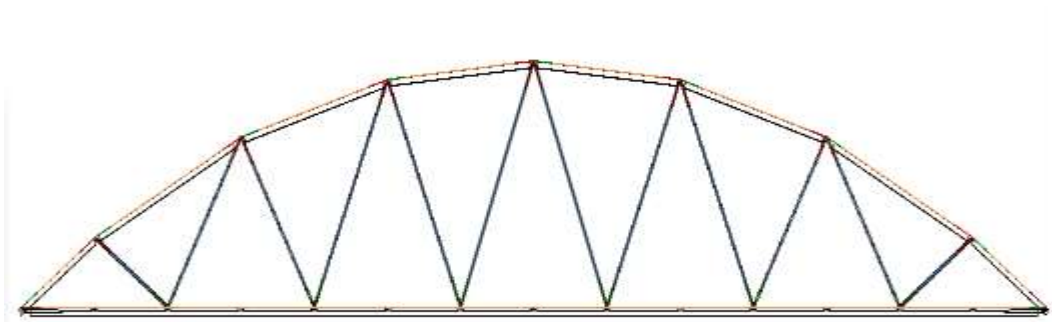
|                                               |                                           |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| – módulo de Elasticidad: E                    | 210.000 N/mm <sup>2</sup>                 |
| – módulo de Rigidez: G                        | 81.000 N/mm <sup>2</sup>                  |
| – coeficiente de Poisson: $\nu$               | 0,3                                       |
| – coeficiente de dilatación térmica: $\alpha$ | $1,2 \cdot 10^{-5} (^\circ\text{C})^{-1}$ |
| – densidad: $\rho$                            | 7.850 kg/m <sup>3</sup>                   |

En este proyecto se van a emplear los aceros S275 y S355 para los perfiles de diseño.

## 10.2. GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS DE LA PASARELA

### 10.2.1. FORMA DE LAS PÉNDOLAS

Como se señalado anteriormente, se ha optado por pasarela tipo arco. Esta pasarela estará compuesta por un tablero inferior y dos arcos verticales que estarán unidos por rigidizadores o tornapuntas para otorgar a la estructura una rigidez necesaria para absorber todas las cargas que se transmiten en ellos, también para evitar el pandeo de los mismos. Los arcos están unidos al tablero mediante barras de acero en V o péndolas.



**Figura 10.2. Péndola de barras de acero en V. Fuente: propia.**

Las péndolas tipo “Nielsen” han sido las elegidas frente a las de tipo “Bow-String” o verticales.

Una de las ventajas de este tipo de péndolas es que la disposición en V permite que éstas recojan mejor las fuerzas cortantes derivadas de distribuciones de cargas y sobrecargas,

permitiendo reducir drásticamente el nivel de flexiones en arco y tablero, y consiguiendo la máxima eficiencia resistente entre ambas.

El inconveniente principal de las péndolas tipo Nielsen está en la posibilidad de que las barras trabajen a compresión, generando inestabilidad en una o varias péndolas ya que tanto los cables como las barras a penas trabajan a compresión.

10.2.2. TABLERO Y PAVIMENTO

El tablero de la pasarela está compuesto por 5 m de ancho y 42 m de largo. Con una capa de pavimento total de 15,5 cm de los cuales la capa superficial o bituminosa es de 2 cm, la capa intermedia o de regulación es de 2,5 cm y la capa base de losa de hormigón armado de 12 cm. Teniendo en cuenta que el tablero será metálico, sobre el que va a apoyarse la chapa grecada en colaboración junto a las capas mencionadas, podemos afirmar que disponemos de un tablero mixto.

Esta pasarela se puede catalogar como una pasarela ancha según la instrucción de “pasarelas peatonales” del Ministerio de Fomento, que establece que las pasarelas con anchura superior a 4,5 m son consideradas anchas.

Tabla 10.1. Anchuras y alturas libres en pasarelas. Fuente: Ministerio de Fomento.

| Categoría | Empleo                                                | Anchura libre Mínima (m) | Mínima Altura libre sobre la pasarela (m) | Acceso vehículo de emergencia (m) |
|-----------|-------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| Ancha     | Peatones y ciclistas (alta densidad de tráfico)       | 4,50                     | 3,00                                      | Si                                |
| Normal    | Peatones y ciclistas (densidad intermedia de tráfico) | 3,50                     | 3,00                                      | Si                                |
| Estrecha  | Peatones y ciclistas (baja densidad de tráfico)       | 2,50                     | 2,20                                      | No                                |

Según el Documento Técnico de Accesibilidad, la pendiente transversal máxima admisible es de 2%. En este proyecto se considerará una pendiente transversal del pavimento de 1% simétricamente desde el centro del tablero, para facilitar el drenaje de aguas pluviales. Por otra parte, este documento recoge las condiciones que se ha de aplicar en pavimentos de pasarelas en su artículo 31. “Pavimentos en plazas, espacios libres e itinerarios peatonales”.

Es importante que el pavimento sea duro, estable, antideslizante tanto en seco como en mojado, sin piezas ni elementos sueltos, sin exceso de brillo.

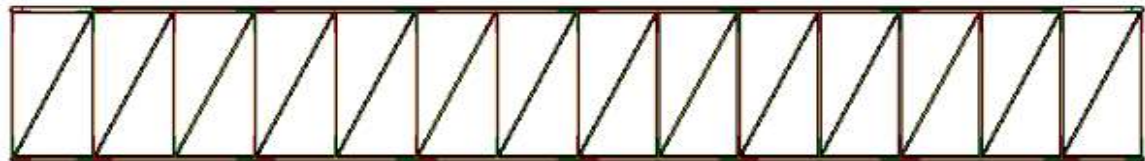


Figura 10.3. Tablero de la pasarela visto en planta. Fuente: propia.

### 10.2.3. ARCOS Y PÉNDOLAS

Los arcos son estructuras parabólicas que van a sustentar el tablero mediante péndolas y soportar principalmente las cargas horizontales aplicadas en la misma y las cargas transmitidas por las péndolas.

Tanto arcos como péndolas (**figura 10.2**) estarán formados por secciones normalizados de acero estructural, que veremos más adelante. El arco alcanza una altura máxima de 6 m medido simétricamente desde el punto medio del tablero.

### 10.2.4. RAMPAS DE ACCESO

El diseño de la rampa está condicionado por el hecho de que éstas serán empleadas por personas de movilidad reducida. Por lo tanto, el Documento Técnico sobre el Decreto Andaluz de Accesibilidad servirá para tal fin.

Dicho documento, en sus artículos 15 “condiciones generales” y 22 “Rampas” indica lo siguiente:

- La pendiente longitudinal máxima será del 6%.
- La longitud máxima de cada tramo de rampa sin descansillo será de 10 m.
- Las rampas con tramos de hasta 10 m de longitud tendrán una pendiente del 8%.
- Los descansillos tendrán una anchura mínima de 1,80 m cuando exista un cambio de dirección entre los tramos; o 1,50 m cuando los tramos se desarrollen en directriz recta.

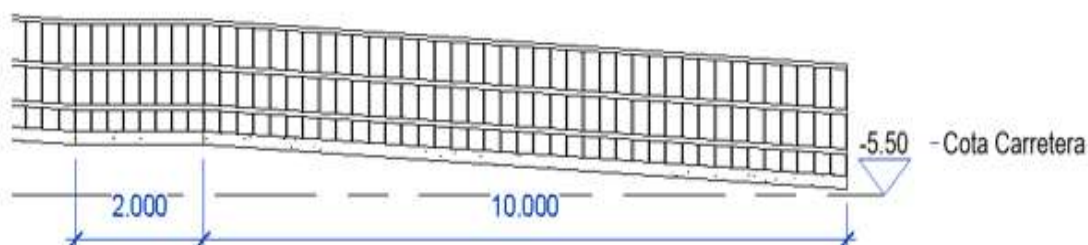
En este proyecto se ha diseñado la rampa con una pendiente del 5%, una longitud de tramo de 10 m con descansillos de 2 m de anchura. Por lo tanto, el valor de pendiente máxima (1/x) que se aprecia en la siguiente tabla se ha obtenido de la siguiente manera:

$$Pendiente_{máx.Revit} = \frac{1}{5} \cdot 100 = 20$$

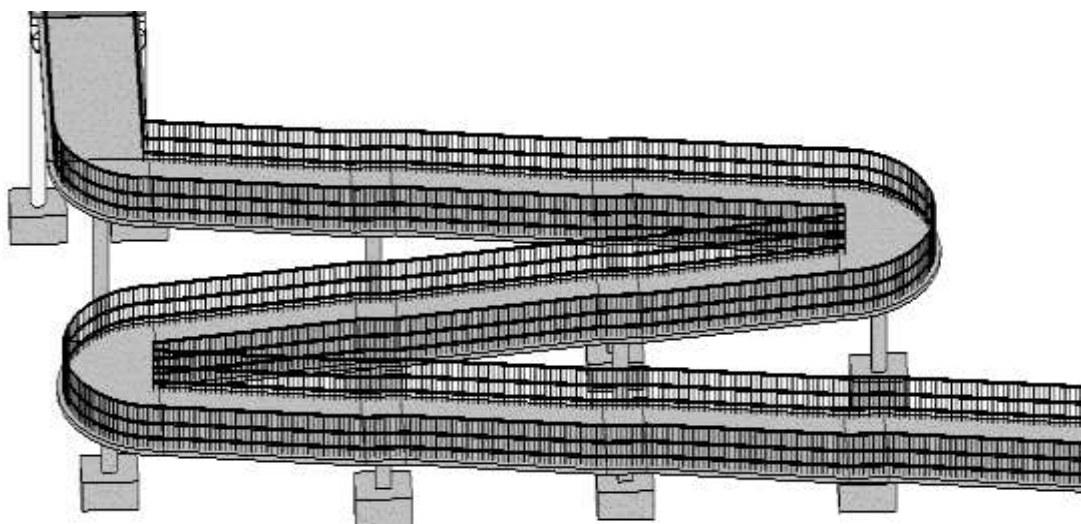
Mientras que la longitud máxima de inclinación de la misma tabla se ha obtenido de la siguiente manera:  $Longitud = \frac{Altura\ de\ paso}{pendiente} \times 100 = \frac{5,50}{5} \cdot 100 = 110\ m$ , excluyendo los metros de los descansillos.

**Tabla 10.2. Parámetros de la rampa. Fuente: propia**

| Parámetros de tipo             |                                                |
|--------------------------------|------------------------------------------------|
| Parámetro                      | Valor                                          |
| <b>Construcción</b>            |                                                |
| Forma                          | Gruesa                                         |
| Grosor                         | 0.1500                                         |
| Función                        | Exterior                                       |
| <b>Gráficos</b>                |                                                |
| Tamaño de texto                | 2.5000 mm                                      |
| Tipo de letra                  | Arial                                          |
| <b>Materiales y acabados</b>   |                                                |
| Material de rampa              | Hormigón - Hormigón moldeado in situ - HA - 25 |
| <b>Cotas</b>                   |                                                |
| Longitud máxima de inclinación | 110.0000                                       |
| Pendiente máx. de rampa (1/x)  | 20.000000                                      |



**Figura 10.4. Dimensiones de rampa y descansillo. Fuente: propia.**



**Figura 10.5. Resultante de la rampa diseñada. Fuente: propia.**

### 10.2.5. BARANDILLAS

La pasarela consta de dos barandillas, una a cada lado del tablero y ejecutadas sobre el pavimento. Tienen una longitud total igual a la longitud del tablero.

La Instrucción de pasarelas peatonales del Ministerio de Fomento señala que la altura mínima para la barandilla debe ser de 1,15 m si el uso de la pasarela es exclusivamente para

peatones, y de 1,25 m si será empleada también para ciclistas. Además, El Documento Técnico sobre el Decreto Andaluz de Accesibilidad exige que se coloque un pasamanos a una altura de 0,75 m para discapacitados y niños.

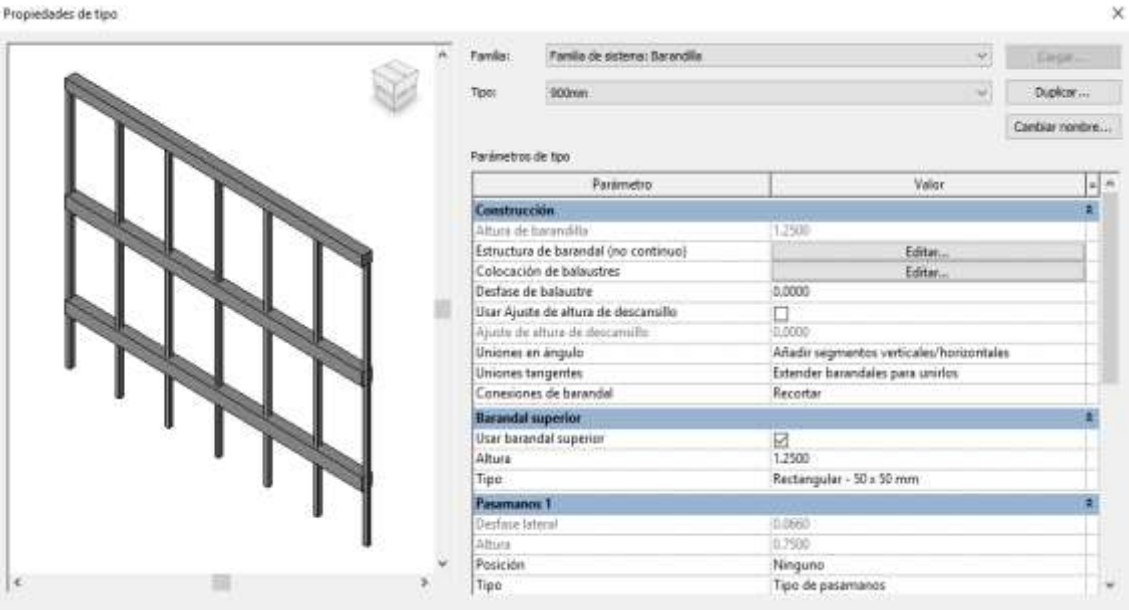


Figura 10.6. Diseño de la barandilla. Fuente: propia.

### 10.3. MODELOS RESULTANTES

#### 10.3.1. MODELO GEOMÉTRICO

El modelo geométrico de la pasarela es el primero que hay que generar.

Para el diseño de este modelo, se ha comenzado creando rejillas verticales separados 3 m hasta alcanzar la longitud total de la pasarela (42 m) y otras rejillas horizontales para el establecimiento del ancho de la misma (5m), como se muestra en la siguiente figura:

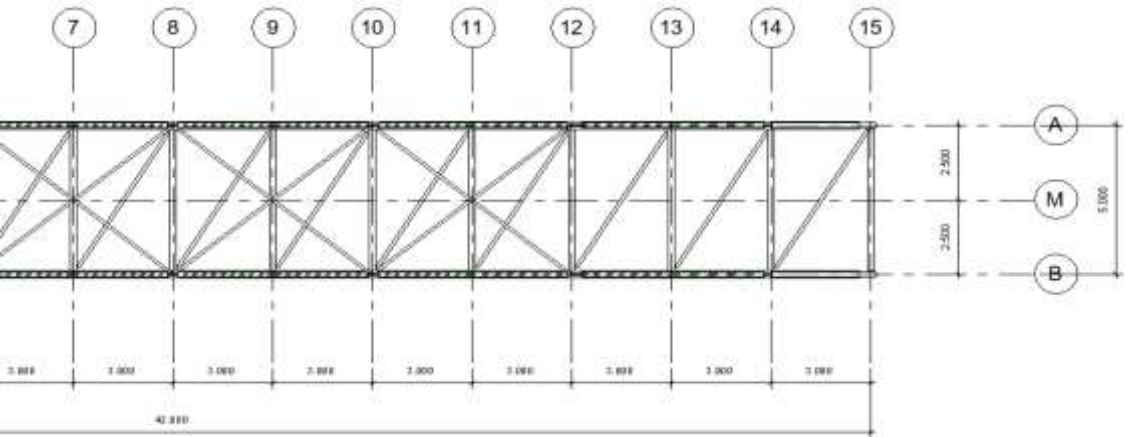
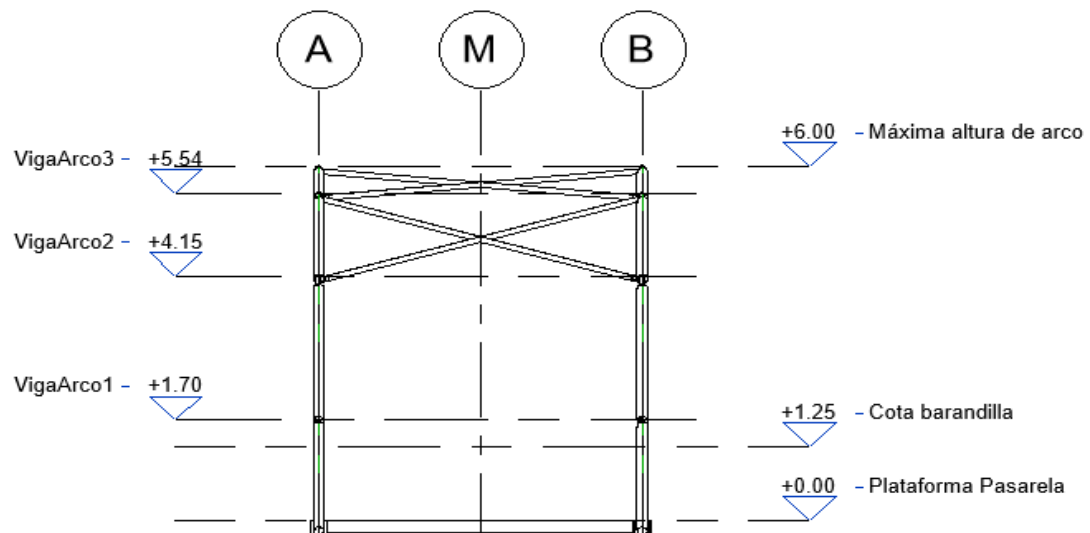


Figura 10.7. Creación de rejillas verticales y horizontales. Fuente: propia

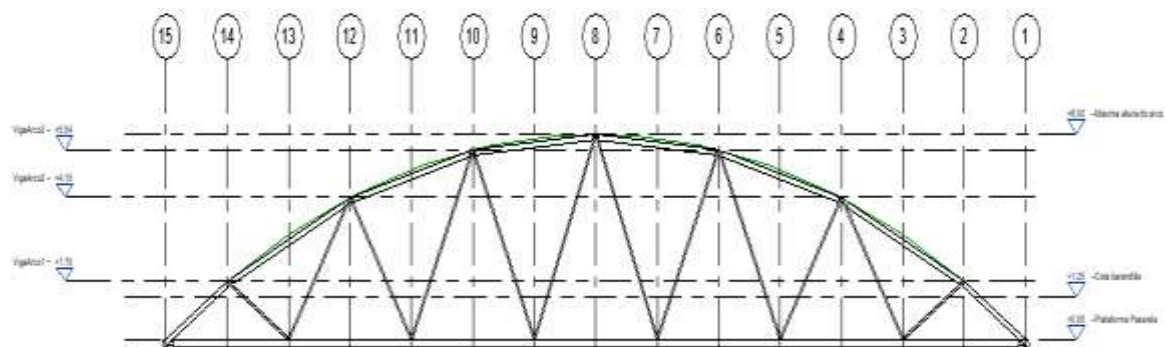
A continuación, se determinan los diferentes niveles de diseño. El tablero se dimensiona a un nivel 5,50 m y que en Revit hemos considerado como cota +0.0. Dicho nivel corresponde al espacio libre mínimo bajo pasarela que permite la Instrucción de Carreteras 3.1-IC.

También se determinan los diferentes niveles que van a alcanzar las barras de los arcos y el nivel correspondiente a la altura máxima de los arcos de la pasarela, que está a la cota de +6.00.



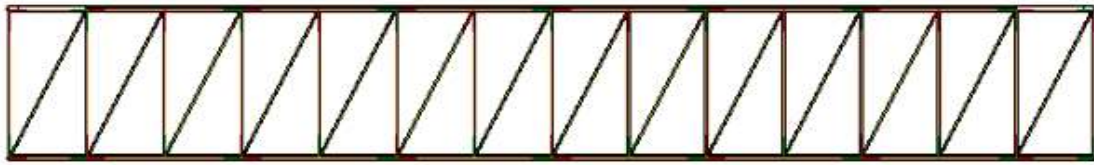
**Figura 10.8. Creación de niveles de diseño. Fuente: propia**

Posteriormente, se ha procedido a la introducción de los perfiles necesarios para el diseño de uno de los arcos. Una vez finalizado el diseño de dicho arco con sus correspondientes péndolas, basta con emplear el comando “simetría” desde la rejilla M de la figura anterior para obtener el segundo arco.



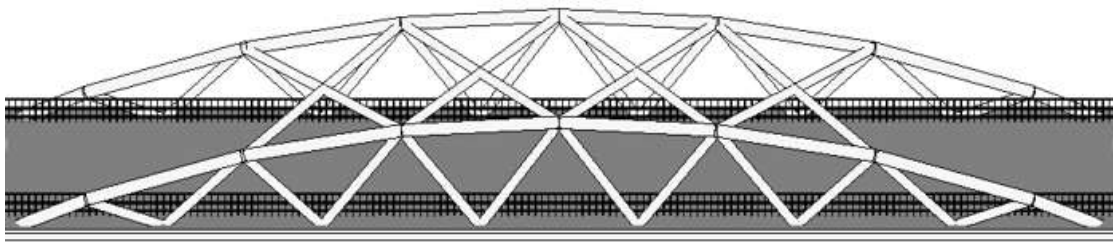
**Figura 10.9. Diseño del arco y péndolas en V. Fuente: propia**

Una vez creado los dos arcos, se procede al diseño del tablero siguiendo los pasos anteriores en la creación de los arcos



**Figura 10.10. Tablero de la pasarela visto en planta. Fuente: propia**

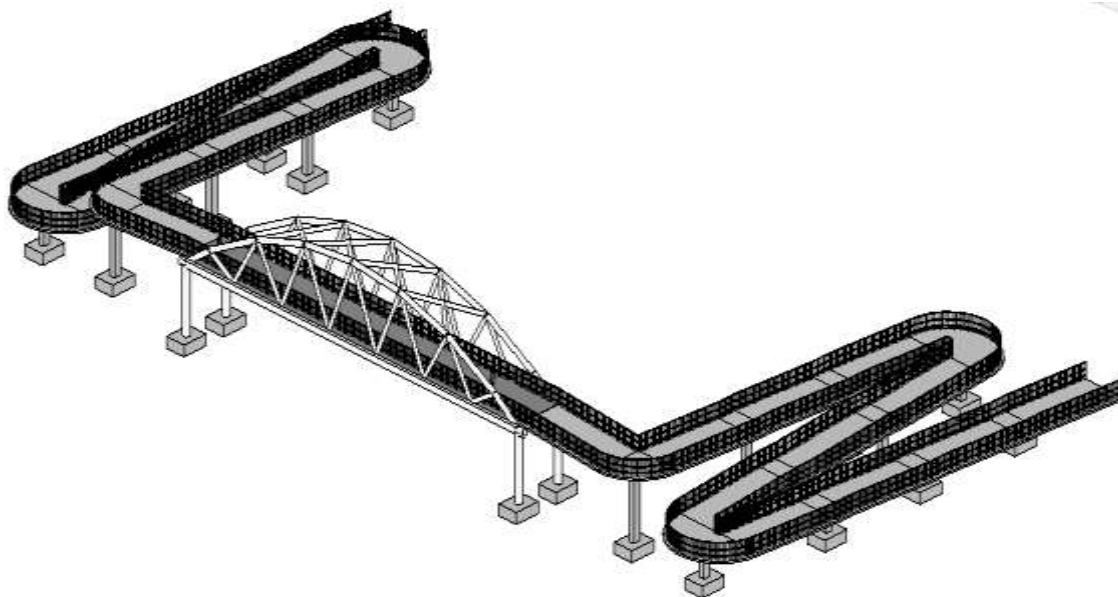
Finalmente, la estructura queda diseñada como se aprecia en la siguiente figura.



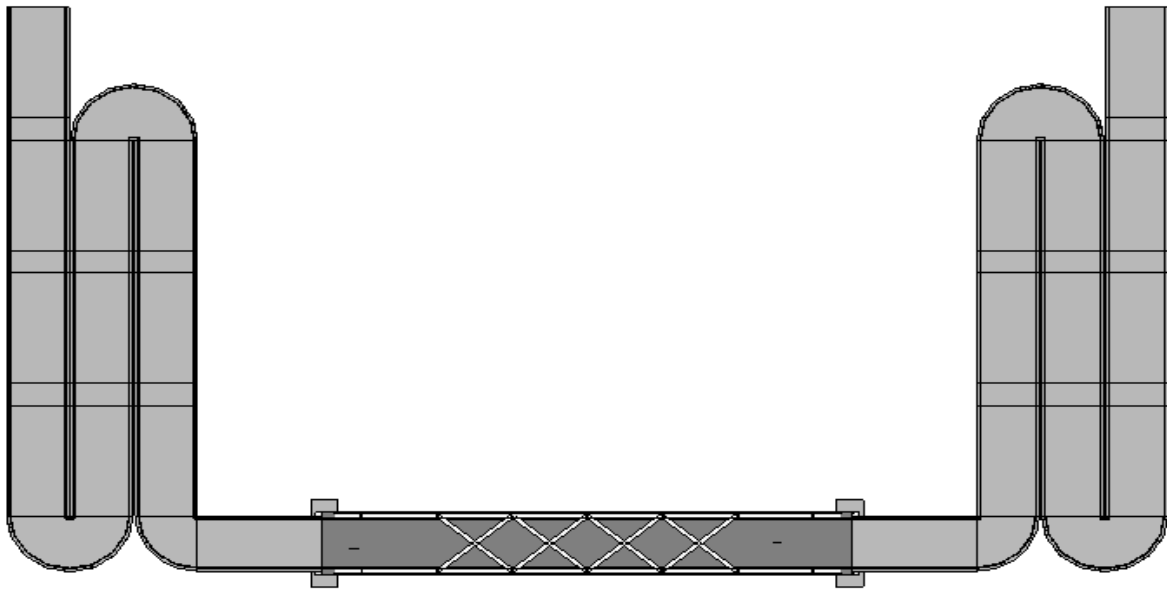
**Figura 10.11. Diseño completo de la superestructura. Fuente: propia**

Tras diseñar la estructura, la exportaremos al programa de cálculo para estudiar su comportamiento frente a acciones calculadas previamente, así como verificar los estados límites, tanto últimos (inestabilidad y resistencia) como de servicios (deformaciones y vibraciones) y también la combinación de éstas.

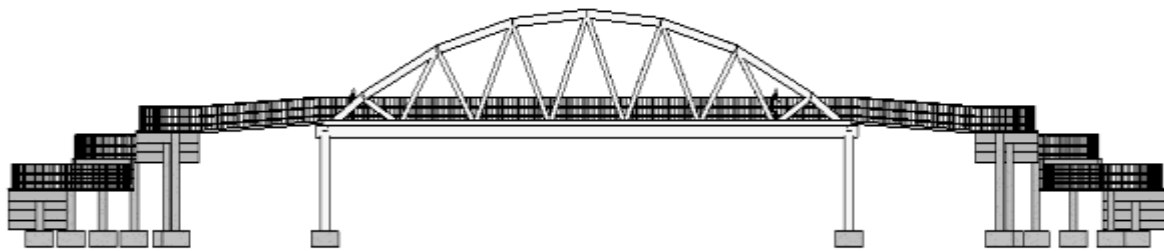
El conjunto de la pasarela con sus correspondientes rampas y barandillas queda como se aprecia en la siguiente imagen:



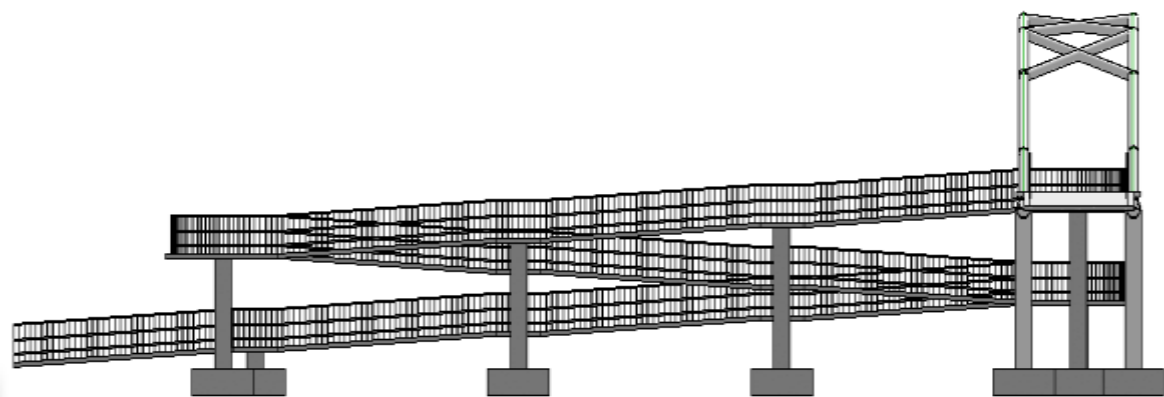
**Figura 10.12. Vista 3D del diseño completo de la pasarela peatonal. Fuente: propia**



**Figura 10.13. Vista en planta de la pasarela peatonal. Fuente: propia**



**Figura 10.14. Vista en alzado frontal de la pasarela peatonal. Fuente: propia**

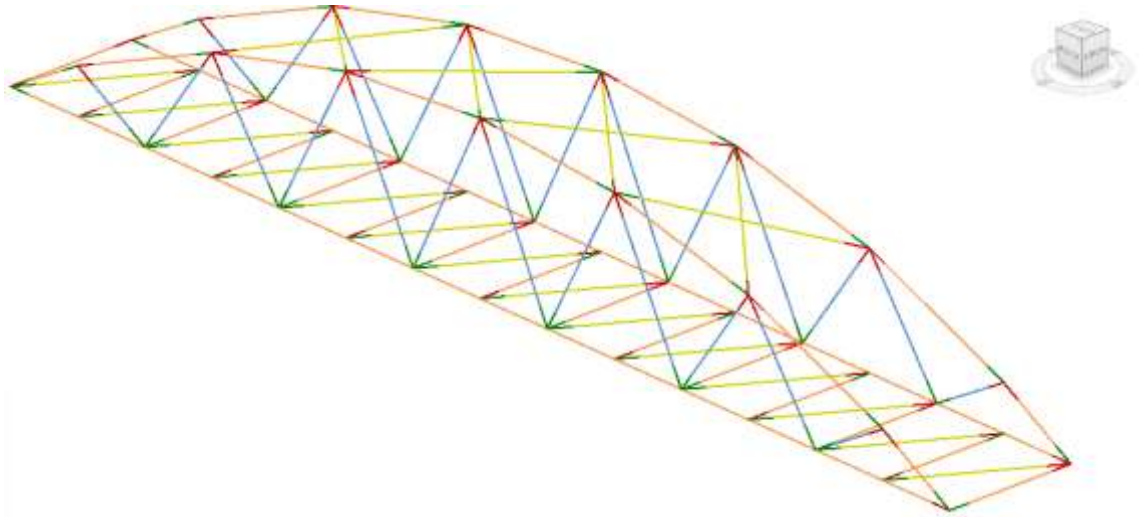


**Figura 10.15. Vista en alzado lateral izquierdo de la pasarela peatonal. Fuente: propia**

### 10.3.2. MODELO ANALÍTICO

Este es el modelo que se ha de exportar a Robot para efectuar los cálculos pertinentes. Es un modelo representado en 3D y constituido por los componentes estructurales, la geometría y propiedades de los materiales definidos previamente en Revit.

En este modelo, y previa a la exportación, hemos de verificar las uniones entre barras en la ventana “Analizar”, sección de “Herramientas de modelo analítico” a fin de evitar errores que se pueden generar debido a que las barras no alcanzan sus correspondientes nudos.



**Figura 10.16. Modelo analítico de la estructura en Revit. Fuente: propia**

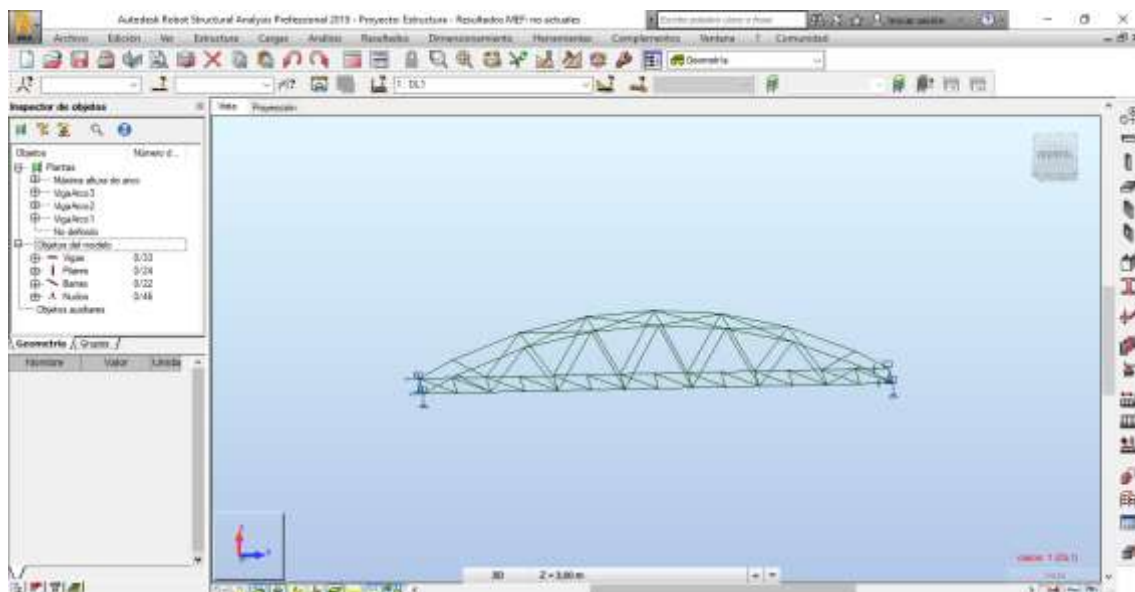
Desde Revit se pueden introducir las cargas y definir los apoyos, pero todo eso se establecerá en Robot.

#### **10.4. EXPORTACIÓN DEL DISEÑO**

Robot Structural Analysis Professional 2019 es un software de cálculo de estructuras que trabaja con la nueva metodología BIM “Building Information Modeling”. Se puede decir que es una metodología que permite que, en un mismo proyecto, pueda ser compartido por varios profesionales de distintas especialidades, donde cada cual introduce sus diseños particulares, generando así un proyecto completo.

Es un programa que emplea el método de los elementos finitos (MEF) para calcular la estructura en su conjunto, a partir del cálculo de las partes más pequeñas, obteniendo soluciones más exactas y mediante la resolución de ecuaciones diferenciales parciales muy complejas.

El modelo analítico se exporta a Robot y se lleva a cabo todo el estudio necesario para que la pasarela cumpla su función durante toda su vida útil. Finalmente, se vuelve a exportar la estructura a Revit para completar el diseño definitivo y obtener todos los planos imprescindibles para la ejecución de la obra.



**Figura 10.17. Pasarela exportada a Robot Structural. Fuente: propia**

Tras la exportación, hay que dimensionar los apoyos isostáticos de la pasarela, generar grupos de barras, verificar la estructura a efectos de cálculos, para comprobar que no existen errores.

Desde este software se puede apreciar las características de cada una de las barras escogidas en Revit.

**Tabla 10.3. Perfiles de acero estructural empleados. Fuente: Robot**

| Elementos              | Perfiles     |
|------------------------|--------------|
| Vigas longitudinales   | CHS 660x32   |
| Arcos                  | TRON 457x10  |
| Péndolas               | TRON 355x8   |
| Vigas transversales    | TCAR 350x12  |
| Tornapuntas inferiores | SHSH 150x6.3 |
| Tornapuntas superiores | TRON 355x8   |

Como se puede constatar en la tabla anterior, los perfiles empleados en el diseño de la estructura son los de tipo CHS, TRON, TCAR y SHSH.

A continuación, vemos sus características.

- *Perfil TCAR*. Es un perfil de sección hueca cuadrada con las siguientes características.

Propiedades de la barra : 79 - 1 (DL1)

Geometría Características NTM Desplazamientos Verificación

Barra n.º: 79 Sección: TCAR 350x12

Dimensiones:

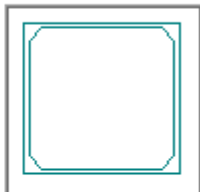
| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 35,0    | 35,0    |

Características seccionales:

| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 157,80                | 47390,00              | 29600,00              | 29600,00              |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |



**Figura 10.18. Características de la barra TCAR 350x12. Fuente: Robot**

- *Perfil CHS*. Es un perfil de sección circular hueca que presenta las siguientes características.

Propiedades de la barra : 1 - 1 (DL1)

Geometría Características NTM Desplazamientos Verificación

Barra n.º: 1 Sección: CHS 660x32

Dimensiones:

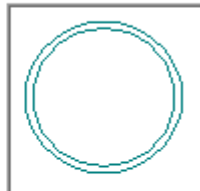
| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 66,0    | 66,0    |

Características seccionales:

| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 631,01                | 623770,40             | 311885,20             | 311885,20             |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |



**Figura 10.19. Características de la barra CHS 660x32. Fuente: Robot**

- Perfil TRON. Es un perfil de sección circular hueco como el anterior, pero con características de diseño particulares.

Propiedades de la barra : 23 - 1 (DL1)

Geometría Características NTM Desplazamientos Verificación

Barra n.º: 23 Sección: TRON 457x10

Dimensiones:

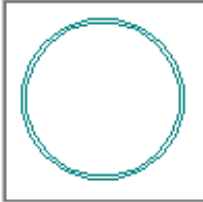
| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 45,7    | 45,7    |

Características seccionales:

| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 140,43                | 70182,65              | 35091,32              | 35091,32              |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |



**Figura 10.20. Características de la barra TRON 457x10. Fuente: Robot**

- Perfiles SHSH. Son barras cuadras huecas.

Propiedades de la barra : 56 - 1 (DL1)

Geometría Características NTM Desplazamientos Verificación

Barra n.º: 56 Sección: SHSH

Dimensiones:

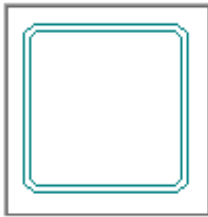
| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 15,0    | 15,0    |

Características seccionales:

| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 35,80                 | 1909,00               | 1223,00               | 1223,00               |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 275,00   |



**Figura 10.21. Características de la barra SHSH 150x6.3. Fuente: Robot**

#### 10.4.1. GENERACIÓN DE GRUPOS

Es necesario generar grupos de barras para que, cuando sea necesario, podamos seleccionar un grupo determinado según el interés.

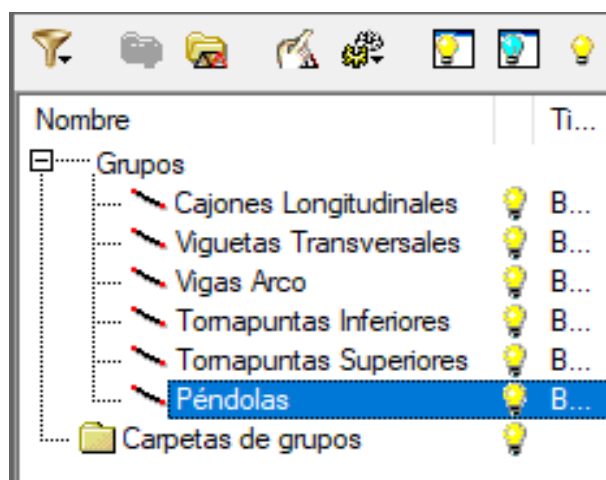


Figura 10.22. Grupos de barras creados en Robot. Fuente: propia

#### 10.4.2. DEFINICIÓN DE LOS APOYOS

Se ha de dimensionar los apoyos con el propósito de obtener una estructura biapoyada, es decir, evitar los desplazamientos verticales de los apoyos y permitir el giro de uno de ellos. Para ello, en uno de los apoyos, hemos restringido desplazamientos y giros en las tres direcciones salvo los giros en X.

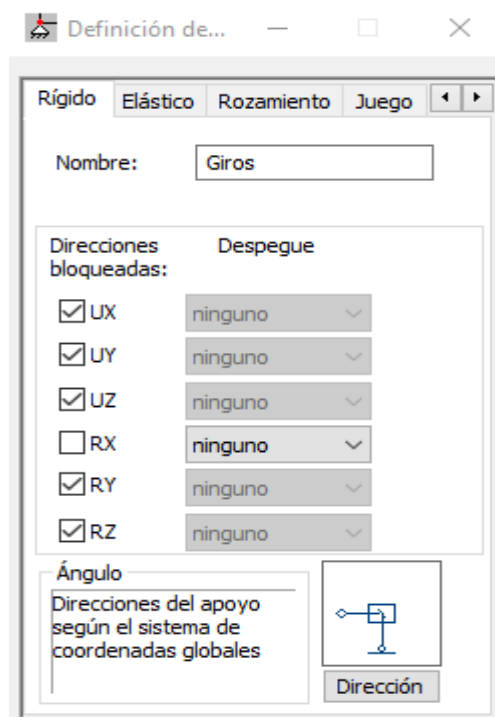
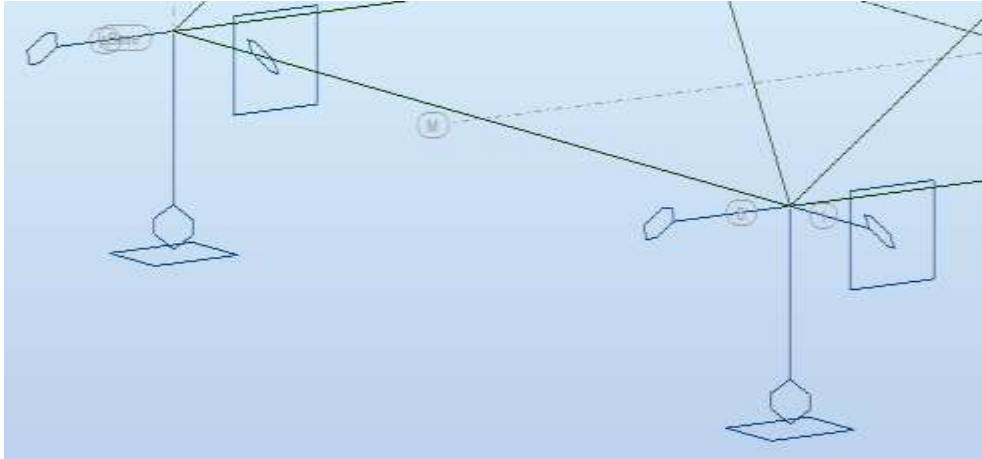
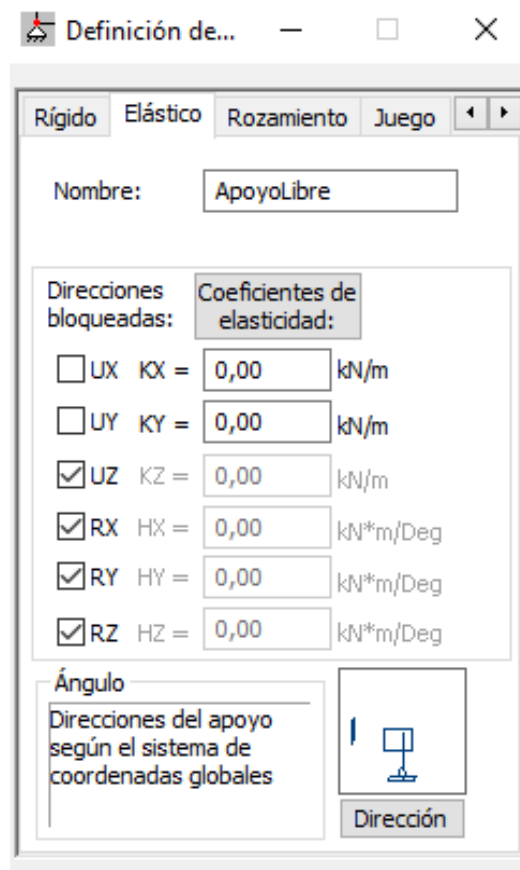


Figura 10.23. Definición de apoyos isostáticos en Robot. Fuente: propia



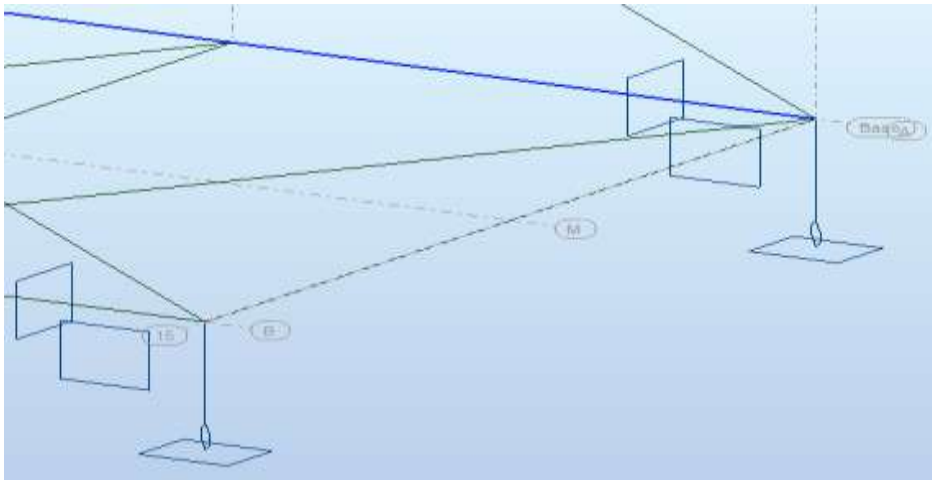
**Figura 10.24. Generación de giros y desplazamientos en el eje x. Fuente: propia**

En el segundo apoyo, se ha generado un sistema que impide giros en todas las direcciones y desplazamiento vertical, dejando libre los desplazamientos en X e Y. De esta forma se consigue un apoyo libre, capaz de impedir que se generen torsiones en los apoyos.



**Figura 10.25. Definición de apoyo libre. Fuente: propia**

Los coeficientes de elasticidad son nulos puesto que no se ha procedido al cálculo de los neoprenos. El cálculo de éstos no se abordará en este proyecto.



**Figura 10.26. Restricción de desplazamiento y giro en el eje z. Fuente: propia**

## 11. CÁLCULO DE ESTRUCTURA

### 11.1. DETERMINACIÓN DE ACCIONES

Todo diseño estructural tiene un objetivo principal, cual es conseguir que sea capaz de cumplir con la función para la que es diseñada, durante toda su vida útil. Debe ser capaz de mantener siempre su integridad estructural, es decir, no generar ningún tipo de inconveniente a los usuarios. Por lo tanto, hay que estudiar todas las situaciones del proyecto, así como el estado límite último (de equilibrio, rotura y fatiga) y estados el estado límite de servicio (de fisuración, deformación, vibraciones, plastificación, deslizamiento).

Las acciones se pueden clasificar en:

**Tabla 11.1. Clasificación de las acciones. Fuente: propia**

| Tipo                                      | Acciones                                                                                                           |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Por su naturaleza                         | Directas e indirectas                                                                                              |
| Por su variación en el tiempo             | Permanentes de valor constante (G),<br>Permanentes de valor no constante (G*),<br>Variables (V) y Accidentales (A) |
| Por su variación espacial                 | Fijas y libres                                                                                                     |
| Por la respuesta estructural que producen | Estáticas, cuasi-estáticas y dinámicas                                                                             |

En este proyecto nos enfocaremos principalmente en la determinación de las acciones por su variación en el tiempo. Para tal fin, nos apoyaremos en la “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” (IAP-11).

Previo al cálculo de las acciones, es necesario determinar la vida útil de nuestra estructura. Según la IAP-11, en su apartado 2.2 señala que la vida útil de una estructura se entiende como el periodo de tiempo, a partir de la fecha en que finaliza su ejecución, durante el cual debe cumplir la función para la que ha sido construida. Esta instrucción señala que, para los puentes de carretera, la vida útil del proyecto es de 100 años. Este dato es corroborado por la EAE-11 en la siguiente tabla.

**Tabla 11.2. Vida útil de la estructura. Fuente: EAE.11**

| Tipo de estructura                                                                                                                                                                                   | Vida útil nominal  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Estructuras de carácter temporal <sup>(2)</sup>                                                                                                                                                      | Entre 3 y 10 años  |
| Elementos estructurales reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías).                                                                 | Entre 10 y 25 años |
| Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas.                                                                                                                              | Entre 15 y 50 años |
| Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media. | 50 años            |
| Edificios de carácter monumental o de importancia especial.                                                                                                                                          | 100 años           |
| Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta.                                                                        | 100 años           |

<sup>(1)</sup> Cuando una estructura esté constituida por diferentes partes, podrá adoptarse para tales partes diferentes valores de vida útil, siempre en función del tipo y características de la construcción de las mismas.

<sup>(2)</sup> En función del propósito de la estructura (exposición temporal, etc.). En ningún caso se considerarán como estructuras de carácter temporal aquellas estructuras de vida útil nominal superior a 10 años.

Este dato va a influir sobre ciertos aspectos que tendremos en cuenta para determinar acciones de viento, como veremos más adelante.

#### 11.1.1. ACCIONES PERMANENTES DE VALOR CONSTANTE (G)

Según la instrucción IAP-11, en su artículo 3.1 dice que las cargas permanentes son las producidas por el peso de los elementos que forman parte del puente.

Dichas acciones se pueden dividir en:

- *Peso propio.* Debido al peso de los elementos estructurales
- *Cargas muertas.* Debidas a los elementos no estructurales.

En este proyecto se ha obviado las acciones permanentes de valor no constante  $G^*$  puesto que no se diseña ni se ejecuta la estructura mediante el pretensado.

#### 11.1.1.1. Cálculo del peso propio

El peso propio de la estructura se obtiene determinando el peso de cada una de las barras que componen la pasarela. Este peso es calculado automáticamente por Robot, ya que tiene en cuenta las dimensiones de los elementos y el tipo de materiales (usando el peso específico de los mismos).

**Tabla 11.3. Pesos específicos de algunos materiales. Fuente: IAP-11**

|                                                              |             |
|--------------------------------------------------------------|-------------|
| Fundición                                                    | 72,5        |
| Acero                                                        | 78,5        |
| Aluminio                                                     | 27,0        |
| Madera seca                                                  | 6,0 a 9,0   |
| Madera húmeda                                                | 10,5        |
| Hormigón en masa                                             | 23,0 a 24,0 |
| Hormigón armado y pretensado                                 | 25,0        |
| Elementos de basalto, pórfidos y ofitas                      | 31,0        |
| Elementos de granito o caliza                                | 30,0        |
| Materiales granulares y rellenos (zahorras, gravas y arenas) | 20,0        |
| Pavimentos de mezcla bituminosa                              | 23,0        |
| Material elastomérico                                        | 15,0        |
| Poliestireno expandido                                       | 0,3         |
| Vidrio                                                       | 25,0        |

#### 11.1.1.2. Cálculo de las cargas muertas

La IAP define las cargas muertas como aquellas correspondientes a los elementos no estructurales que gravitan sobre los estructurales, tales como: pavimento de calzada y aceras, elementos de contención, dotaciones viajes y de la propia estructura, conductos de servicios, etc. Esta misma instrucción recoge que, a efectos de cálculo, para la acción debida al pavimento se deberán considerar dos valores extremos:

- *Valor inferior ( $G_{k,inf}$ )*, determinado con los espesores teóricos definidos en el proyecto.

- *Valor superior ( $G_{k,sup}$ )*, obtenido incrementando un 50% los espesores teóricos definidos en el proyecto.

Hay que señalar que esta instrucción exige que el espesor bituminoso o capa superior no sea en ningún caso, superior a 10 cm, salvo aprobación expresa de la Dirección General de Carreteras.

En este proyecto tendremos dos tipos de cargas muertas: El pavimento y las barandillas situadas longitudinalmente a ambos lados del tablero.

### ❖ Peso del pavimento

Para ello hemos de establecer los espesores de la capa superficial, de la intermedia o capa de regulación y la capa base o losa de hormigón armado. En la capa superficial es donde incrementaremos el espesor en un 50% como indica la instrucción.

- Espesor superficial;  $e_{sup.} = 2 \text{ cm} + 0,5 \cdot 2 \text{ cm} = 3 \text{ cm} < 10 \text{ cm} \rightarrow \text{Cumple}$
- Espesor de regulación;  $e_{reg.} = 2,5 \text{ cm}$
- Espesor de losa de HA;  $e_{losa} = 12 \text{ cm}$

Para elegir el canto del hormigón armado necesario, nos basamos en el prontuario del fabricante de chapa grecada HIANSA, donde se relaciona los cantos de las capas con la luz máxima admisible para la chapa y la sobrecarga estática.

**Tabla 11.4. Sobrecargas estáticas según el espesor de chapa grecada. Fuente: HIANSA**

| HORMIGÓN NORMAL(3 APOYOS) |      | SOBRECARGAS ESTÁTICAS (daN/m <sup>2</sup> ) <b>ESPESOR 1mm</b> |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                           |      | CANTO (h.cm)                                                   |      |      |      |      |      |
|                           |      | 10                                                             | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   |
| LUZ<br>(m)                | 2    | 1630                                                           | 2090 | 2290 | 2400 | 2510 | 2620 |
|                           | 2.25 | 1430                                                           | 1840 | 2050 | 2250 | 2340 | 2430 |
|                           | 2.5  | 1240                                                           | 1630 | 1820 | 1990 | 2160 | 2280 |
|                           | 2.75 | 1000                                                           | 1460 | 1630 | 1790 | 1940 | 2080 |
|                           | 3    | 810                                                            | 1280 | 1470 | 1610 | 1750 | 1870 |
|                           | 3.25 | 670                                                            | 1080 | 1340 | 1470 | 1590 | 1700 |
|                           | 3.5  | 550                                                            | 920  | 1140 | 1340 | 1450 | 1550 |
|                           | 3.75 | 460                                                            | 790  | 970  | 1160 | 1330 | 1420 |
|                           | 4    | 380                                                            | 680  | 840  | 1000 | 1160 | 1310 |
|                           | 4.25 | 320                                                            | 590  | 730  | 870  | 1010 | 1150 |
|                           | 4.5  |                                                                | 510  | 630  | 750  | 880  | 1000 |
|                           | 4.75 |                                                                | 440  | 550  | 660  | 770  | 870  |
|                           | 5    |                                                                | 390  | 480  | 580  | 670  | 770  |
|                           | 5.25 |                                                                | 340  | 420  | 510  | 590  | 670  |
|                           | 5.5  |                                                                | 300  | 370  | 440  | 520  | 590  |
|                           | 5.75 |                                                                |      |      |      |      |      |

Restricciones: Puntuales  = colocar 1 puntual en el centro del vano. Flecha L/250

Con un espesor de chapa de 1 mm, las vigas transversales estando distanciadas 3 m y considerando una capa de compresión de 12 cm obtenemos una sobrecarga estática máxima de  $1280 \text{ daN/m}^2 = 12,8 \text{ KN/m}^2$ .

El peso del pavimento se transmite a las vigas transversales del tablero, por lo tanto, lo que realmente se va a determinar es el peso que soportan dichas vigas teniendo en cuenta el área tributaria de las mismas.

Dado que las vigas transversales se encuentran separadas 3 m, el área tributaria de las vigas extremas será de 1,5 m mientras que el de las vigas intermedias será de 3 m (1,5 m a cada lado desde el eje de la viga).

Considerando los pesos específicos de la tabla 9.2, donde la capa superficial (mezcla bituminosa), de regulación y la de losa de hormigón armado tendrán respectivamente 23, 24 y 25 KN/m<sup>3</sup>.

Aplicando la fórmula:

$$Peso = \gamma \cdot A_t \cdot e \quad (1)$$

Donde  $\gamma$  es el peso específico del material en KN/m<sup>3</sup>,  $A_t$  es el área tributaria de la viga transversal en metros y  $e$  el espesor de la capa correspondiente en metros.

– Vigas extremas:  $A_t = 1,5 \text{ m}$

$$Peso_{sup} = 23 \cdot 1,5 \cdot 0,03 = 1,035 \text{ KN/m}$$

$$Peso_{reg.} = 24 \cdot 1,5 \cdot 0,025 = 0,9 \text{ KN/m}$$

$$Peso_{losa} = 25 \cdot 1,5 \cdot 0,12 = 4,5 \text{ KN/m}$$

– Vigas intermedias:  $A_t = 3 \text{ m}$

$$Peso_{sup} = 23 \cdot 3 \cdot 0,03 = 2,07 \text{ KN/m}$$

$$Peso_{reg.} = 24 \cdot 3 \cdot 0,025 = 1,8 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$Peso_{losa} = 25 \cdot 3 \cdot 0,12 = 9 \text{ KN/m}$$

#### ❖ **Barandillas**

Según la Instrucción de pasarelas peatonales, se considerará en el proyecto una fuerza horizontal de 1,6 KN/m si se contempla la posibilidad de que la estructura estuviera completamente cargada, es decir, con aglomeraciones de personas. Esta afirmación también la recoge la IAP-11 en su artículo 4.1.7 donde se destaca que, en puentes y pasarelas, se adoptará una clase de carga tal que la fuerza horizontal perpendicular al elemento superior de la barandilla sea como mínimo 1,5 KN/m.

Por lo tanto, emplearemos un peso de barandilla de 1,6 KN/m que estará situada longitudinalmente en los dos extremos del tablero, como veremos en el apartado 10.4 “peso de barandillas”.

$$Peso_{barandilla} = 1,6 \text{ KN/m}$$

$$Peso_{total \text{ barandillas}} = 2 \cdot 1,6 = 3,2 \text{ KN/m}$$

### 11.1.2. ACCIONES VARIABLES (Q)

Según la IAP-11, las acciones variables son las externas a la estructura que pueden actuar o no, y si lo hacen, pueden tener diferentes valores.

En este proyecto calcularemos las acciones variables debidas a la sobrecarga de uso, al viento y a la nieve, sin tener en cuenta acciones climáticas.

#### 11.1.2.1. Sobrecarga de uso en pasarelas

La IAP-11 en su artículo 4.1.8 indica que, para la determinación de los efectos estáticos de la sobrecarga de uso debido al tráfico de peatones, se considerará la acción simultánea de las cargas siguientes:

- a) Una carga vertical uniformemente distribuida  $q_{fk}$  de valor igual a  $5 \text{ KN/m}^2$
- b) Una fuerza horizontal longitudinal  $Q_{flk}$  de valor igual a 10% del total de la carga vertical uniformemente distribuida, actuando en el eje del tablero a nivel de la superficie del pavimento.

Puesto que esta sobrecarga va a aplicarse directamente sobre las vigas transversales, hay que considerar las áreas tributarias de las mismas para determinar los pesos.

- Vigas extremas:  $A_t = 1,5 \text{ m}$ 
  - a) Carga vertical  $q_{fk} = 5 \cdot 1,5 = 7,5 \text{ KN/m}$
  - b) Carga horizontal  $Q_{flk} = 10\% \cdot q_{fk} = 0,1 \cdot 7,5 = 0,75 \text{ KN/m}$
- Vigas intermedias:  $A_t = 3 \text{ m}$ 
  - a) Carga vertical  $q_{fk} = 5 \cdot 3 = 15 \text{ KN/m}$
  - b) Carga horizontal  $Q_{flk} = 10\% \cdot q_{fk} = 0,1 \cdot 15 = 1,5 \text{ KN/m}$

#### 11.1.2.2. Viento

La Instrucción de acciones en puentes IAP-11, en su artículo 4.2 dice que la acción del viento se asimilará a una carga estática equivalente, salvo que, de acuerdo con el apartado 4.2.9, sea necesario además considerar los efectos aeroelásticos.

Según la IAP-11, la necesidad de comprobación de dichos efectos en pasarelas está condicionada por los siguientes aspectos:

- Luz inferior a 100 m.
- Luz efectiva menor que 30 veces el canto.
- Anchura del tablero superior a 1/10 de la distancia entre puntos de momento transversal nulo bajo la acción del viento transversal.

Aunque no se cumpla alguna de las tres condiciones anteriores, tampoco será necesario comprobar los efectos aeroelásticos en pasarelas en los que ocurran las dos circunstancias siguientes:

- Luz menor de 80 m, y
- Frecuencia fundamental de flexión vertical mayor de 2 Hz.

Calculamos la frecuencia fundamental de flexión mediante la siguiente ecuación:

$$f_B = 0,18 \cdot \sqrt{g/v} \quad (2)$$

Donde g es la aceleración de la gravedad igual a 9,8 m/s<sup>2</sup> y v es la flecha máxima de la estructura bajo la acción de la carga permanente actuando en la misma dirección y sentido que el modo de vibración esperado.

Según la ecuación (2) podemos ver que a medida que disminuye la flecha, incrementa la frecuencia, por lo tanto, si con la flecha máxima se cumple la condición, implícitamente se está cumpliendo para el resto de flechas.

Considerando la limitación para la verificación del estado límite de servicio como la que determina la flecha máxima de la estructura, tendremos que:

$$v = \frac{L}{1200} = \frac{42}{1200} = 0,035 \text{ m} = 3,5 \text{ cm}$$

Donde L es la longitud total en metros de la pasarela.

$$\text{Por lo tanto } f_B = 0,18 \cdot \sqrt{9,8/0,035} = 3,012 \text{ Hz} > 2 \text{ Hz} \rightarrow \textbf{Cumple}$$

En definitiva, descartaremos las comprobaciones aeroelásticas puesto que tenemos una luz de 40 m inferior a 80 m y una frecuencia fundamental de flexión vertical de 3,012 Hz superior a 2 Hz.

Para el cálculo de las fuerzas del viento sobre la estructura nos apoyaremos en los apartados 4.2.1 a 4.2.8 de la IAP-11.

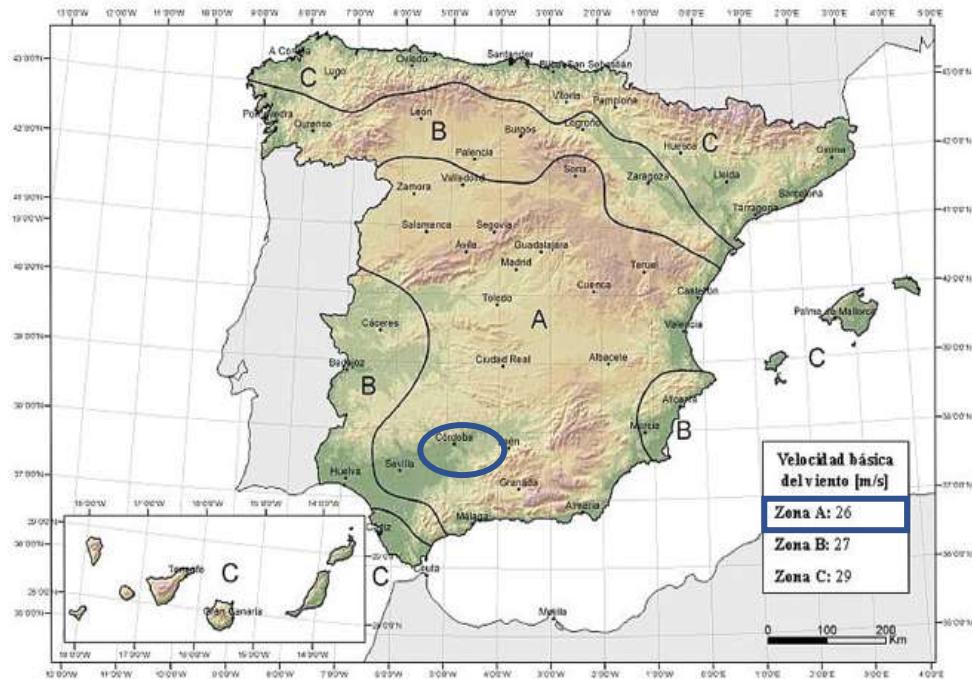
#### ❖ Velocidad básica del viento

La velocidad básica fundamental del viento  $v_{b,0}$  es la velocidad media a lo largo de un periodo de 10 minutos, con un periodo de retorno T de 50 años, medida con independencia de la dirección del viento y de la época del año en una zona plana y desprotegida frente al viento, equivalente a una altura de 10 m sobre el suelo.

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} \quad (3)$$

Donde:

- $V_b$  velocidad básica del viento para un periodo de retorno de 50 años [m/s]
- $C_{dir}$  factor direccional del viento que, a falta de estudios más precisos, puede tomarse igual a 1,0.
- $C_{season}$  factor estacional del viento que, a falta de estudios precisos, puede tomarse igual a 1,0.
- $V_{b,0}$  velocidad básica fundamental del viento [m/s], que se obtiene del mapa de isotacas.



**Figura 11.1. Mapa de isotacas para el cálculo de  $V_b(T)$ . Fuente: IAP-11**

Para un periodo de retorno diferente de 50 años, la velocidad básica del viento  $V_b(T)$  será:

$$V_b(T) = V_b \cdot C_{prob} \quad (4)$$

Donde:

- $V_b(T)$  velocidad básica del viento para un periodo de retorno T.
- T periodo de retorno
- $C_{prob}$  factor de probabilidad, obtenido de la siguiente fórmula:

$$C_{prob} = \left\{ \frac{1 - K \cdot \ln[-\ln(1 - \frac{1}{T})]}{1 - K \cdot \ln[-\ln(0,98)]} \right\}^n \quad (5)$$

Tomando para los parámetros K y n los valores siguientes: K = 0,2 y n = 0,5

Para situaciones persistentes, a falta de estudios específicos, se considerará un periodo de retorno de 100 años ( $C_{prob} = 1,04$ ).

Según el mapa de isotacas, Córdoba se encuentra en la zona A, con un valor de

$$V_{b,0} = 26 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, aplicando la ecuación (3) obtenemos una velocidad básica del viento para un periodo de retorno de 50 años de  $V_b = 1 \cdot 1 \cdot 26 = 26 \text{ m/s}$ . Dado que se prevé un periodo de vida útil de la pasarela de 100 años, aplicamos la fórmula (4) para el cálculo de la velocidad básica del viento en dicho periodo.

$$V_b(100) = 26 \cdot 1,04 = 27,04 \text{ m/s}$$

### ❖ Velocidad media del viento

La IAP-11 en su artículo 4.2.2 indica que la velocidad media del viento  $V_m(z)$  a una altura  $z$  sobre el terreno dependerá de la rugosidad del terreno, de la topografía y de la velocidad básica del viento  $V_b$ , y se determinará según la expresión siguiente:

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_o \cdot V_b(T) \quad (6)$$

Siendo:

- $V_b(T)$  velocidad básica del viento. Para 100 años es de 27,04 m/s
- $C_o$  factor de topografía, que se tomará habitualmente igual a 1.
- $C_r(z)$  factor de rugosidad obtenido de la siguiente fórmula:

$$C_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{para } z \geq z_{min} \quad (7)$$

$$C_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{para } z < z_{min} \quad (8)$$

Donde:

- $z$  altura del punto de aplicación del empuje del viento respecto del terreno respecto del nivel mínimo del agua bajo puente. En nuestro caso la altura bajo pasarela es de 5,50 m.
- $k_r$  factor del terreno, según tabla 11.5
- $z_0$  longitud de la rugosidad, según tabla 11.5
- $z_{min}$  altura mínima, según tabla 11.5

La norma contempla cuatro tipos de entornos para poder determinar los parámetros anteriores.

- Tipo 0: mar o zona costera expuesta al mar abierto.

- Tipo I: lagos o áreas planas y horizontales con vegetación despreciable y sin obstáculos.
- Tipo II: zona rural con vegetación baja y obstáculos aislados, con separaciones de al menos 20 veces la altura de los obstáculos.
- Tipo III: zona suburbana, forestal o industrial con construcciones y obstáculos aislados con una separación máxima de 20 veces la altura de los obstáculos. Este es el tipo de entorno en el que se va a considerar para la ciudad de Córdoba, para este proyecto.
- Tipo IV: zona urbana en la que al menos el 15% de la superficie esté edificada y la altura media de los edificios exceda de 15 m.

**Tabla 11.5. Tipos de entorno. Fuente: IAP-11**

| TIPO DE ENTORNO | $k_r$ | $z_0$ [m] | $z_{min}$ [m] |
|-----------------|-------|-----------|---------------|
| 0               | 0,156 | 0,003     | 1             |
| I               | 0,170 | 0,01      | 1             |
| II              | 0,190 | 0,05      | 2             |
| III             | 0,216 | 0,30      | 5             |
| IV              | 0,235 | 1,00      | 10            |

Se ha considerado que la ciudad de Córdoba está emplazada en un entorno tipo III, por lo tanto, los parámetros anteriores serán  $k_r = 0,216$ ,  $z_0 = 0,30$  m y  $z_{min} = 5$  m.

Puesto que  $z = 5,50$  m  $>$   $z_{min} = 5$  m aplicamos la ecuación (7) para determinar el factor de rugosidad, que, al sustituir los valores en dicha ecuación, equivaldrá a

$$C_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,216 \cdot \ln\left(\frac{5,50}{0,30}\right) = 0,63$$

Calculamos la velocidad media del viento a una altura de 5,50 m sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación (6).

$$V_m(5,50) = 0,63 \cdot 1 \cdot 27,04 = 17 \text{ m/s}$$

#### ❖ Empuje del viento

Según la IAP-11, el empuje producido por el viento se calculará por separado para cada elemento del puente, teniendo en cuenta el área expuesta al viento.

En este proyecto consideraremos que el empuje del viento se producirá en el tablero, en las vigas arcos y en las péndolas.

El empuje del viento sobre cualquier elemento se calculará mediante la expresión:

$$F_w = \left[ \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2(T) \right] \cdot c_e(z) \cdot c_f \cdot A_{ref} \quad (9)$$

Siendo:

- $F_w$  Empuje horizontal del viento [N]
- $\frac{1}{2} \rho v_b^2(T)$  presión de la velocidad básica del viento  $q_b$  [N/m<sup>2</sup>]
- $\rho$  densidad del aire, que se tomará igual a 1,25 kg/m<sup>3</sup>
- $v_b(T)$  velocidad básica del viento [m/s] para un periodo de retorno T
- $c_f$  coeficiente de fuerza del elemento considerado

Este parámetro se puede obtener de la tabla 9.6

- $A_{ref}$  área de referencia, que se obtendrá como la proyección del área sólida expuesta sobre el plano perpendicular a la dirección del viento [m<sup>2</sup>]
- $c_e(z)$  coeficiente de exposición en función de la altura z calculado según la fórmula siguiente:

$$c_e(z) = k_r^2 \left[ c_o^2 \ln^2 \left( \frac{z}{z_0} \right) + 7 k_l c_o \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \right] \quad \text{Para } z \geq z_{min} \quad (10)$$

$$C_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{para } z < z_{min} \quad (11)$$

- $k_l$  factor de turbulencia que se tomará igual a 1.
- $c_o$   $z_0$  y  $z_{min}$  determinados anteriormente según tabla 9.5

Puesto que  $z = 5,50 \text{ m} > z_{min} = 5 \text{ m}$  emplearemos la ecuación (10) para determinar el coeficiente de exposición de la pasarela. Por lo tanto, sustituyendo todos los valores obtenidos anteriormente, resulta finalmente que:

$$c_e(5,50) = 1,345$$

Por lo tanto, la ecuación (9) de la fuerza horizontal de empuje del viento queda de la siguiente manera:

$$F_w = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 27,04^2 \right] \cdot 1,345 \cdot c_f \cdot A_{ref} \quad (12)$$

El producto  $c_f \cdot A_{ref}$  se calculará considerando lo siguiente:

El empuje del viento se aplicará sobre el centro de gravedad del área de referencia del elemento  $A_{ref}$ .

Se supondrá que el efecto de la sobrecarga de uso equivale a un área expuesta cuya altura se considerará igual a:

- 2 m en puentes de carretera
- 1,25 m en pasarelas

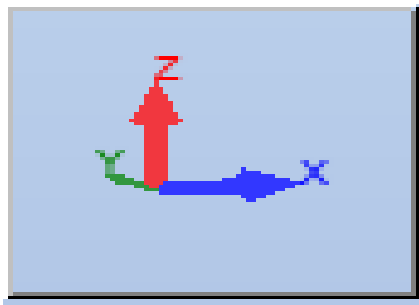
Dichas alturas se medirán desde la superficie del pavimento y se tendrán en cuenta para el cálculo tanto del coeficiente de fuerza, como el área.

#### ❖ Dirección del viento

Según la IAP-11, para evaluar la acción del viento sobre la estructura se considerará su actuación en dos direcciones:

- Perpendicular al eje del tablero: Dirección transversal (x). Esta componente podrá ir acompañada de una componente asociada en dirección vertical (z).
- Paralela al eje del tablero: dirección longitudinal (y).

El programa de cálculo empleado en este proyecto tiene un sistema de coordenadas tal que la dirección transversal de la estructura es el eje (y) y la longitudinal el eje (x).



**Figura 11.2. Sistema de coordenadas de Robot. Fuente: Robot**

#### ❖ Empuje del viento sobre tableros

- *Efectos provocados por el viento transversal*
  - *Empuje horizontal (eje y)*

Para este tipo de empujes, la instrucción de puentes distingue dos tipos de tableros: de alma llena y de celosía. Los tableros de alma llena son de tipo cajón (sencillo o múltiple), las losas o los tableros de vigas. En el proyecto se ha diseñado un tablero de vigas, por lo tanto, de alma llena.

Para el cálculo del empuje del viento en este tipo de tableros, el área de referencia  $A_{ref,y}$  es el producto de la longitud del tramo del puente considerado por la altura equivalente  $h_{eq}$ .

A falta de datos experimentales, el coeficiente de fuerza en la dirección y se determinará mediante la expresión:

$$c_{f,y} = 2,5 - 0,3 \cdot \left( \frac{B}{h_{eq}} \right) \quad (13)$$

Siendo:

- B anchura del tablero, que en nuestro caso es de 5 m.

- $h_{eq}$  altura equivalente [m] obtenido considerando, además del propio tablero, la altura de cualquier elemento no estructural que sea totalmente no opaco frente al viento o, si se tiene en cuenta la sobrecarga de uso, la altura de ésta, en el caso de ser más desfavorable.

En cualquier caso, el coeficiente  $c_{f,y}$  se considerará limitado por los siguientes valores:

$$1,3 \leq C_{f,y} \leq 2,4$$

Si los elementos no estructurales (sistemas de contención, barandillas o pantallas) son permeables al viento, no se consideran en la determinación de esta altura equivalente  $h_{eq}$ .

La altura equivalente vendrá determinada por la altura de pasarela del apartado anterior, 1,25 m en pasarelas sumado al canto de la viga longitudinal del tablero que es de 0,4 m

$$h_{eq} = 1,25 + 0,66 = 1,91 \text{ m}$$

Luego el coeficiente de fuerza  $c_{f,y}$  del tablero será:

$$c_{f,y} = 2,5 - 0,3 \cdot \left( \frac{5}{1,91} \right) = 1,71 \rightarrow 1,3 \leq c_{f,y} = 1,71 \leq 2,4 \rightarrow \text{cumple}$$

Considerando que el área de la viga longitudinal afectado por el empuje del viento es  $A_{ref,y} = h_{eq} \cdot \text{longitud viga} = 1,91 \cdot 42 = 80,22 \text{ m}$ , la fuerza de empuje en el tablero será:

$$F_{w,y} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 27,04^2 \right] \cdot 1,345 \cdot c_{f,y} \cdot A_{ref,y} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 27,04^2 \right] \cdot 1,345 \cdot 1,71 \cdot 80,22 = 84313 \text{ N}$$

Pero a efectos de cálculo con el programa Robot, se ha de expresar dicha fuerza en KN/m, para ello consideraremos el canto equivalente transversal de la viga longitudinal  $h_{eq} = 1,91 \text{ m}$ .

Por lo tanto, empleando la ecuación (12) para determinar el empuje horizontal sobre el tablero obtenemos el siguiente valor:

$$F_{w,y} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 27,04^2 \right] \cdot 1,345 \cdot 1,71 \cdot 1,91 = 2 \text{ KN/m}$$

#### – Empuje vertical (eje z)

La IAP-11 dice que el empuje vertical se considerará en la dirección Z, sobre el tablero actuando en el sentido más desfavorable, y será igual a:

$$F_{w,z} = \left[ \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2(T) \right] \cdot c_e(z) \cdot c_{f,z} \cdot A_{ref,z} \quad (14)$$

Los parámetros que conforman esta ecuación han sido definidos en la fórmula (9). Pero cabe señalar que el coeficiente de fuerza  $c_{f,z}$  en la dirección Z se tomará igual a  $\pm 0,9$ , según la IAP-11. También se considerará el área  $A_{ref,z}$  como el área en planta en  $m^2$  del tablero.

Hay que considerar que el viento vertical sobre el tablero afecta directamente a las vigas transversales que constituyen dicho tablero, por lo tanto, es importante que se tenga en cuenta las áreas tributarias de cada una de ellas a efectos de cálculo del empuje vertical del viento sobre las mismas.

Por lo tanto, dicho empuje se determinará mediante la ecuación (14):

➤ Vigas extremas:  $A_t = 1,5 \text{ m}$

$$F_{w,z} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 27,04^2 \right] \cdot 1,345 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 829,75 \text{ N/m} = \mathbf{0,83 \text{ KN/m}}$$

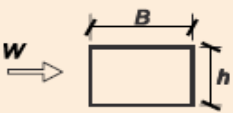
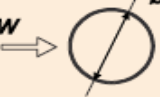
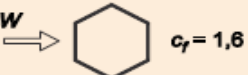
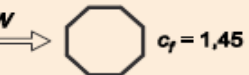
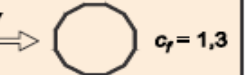
➤ Vigas intermedias:  $A_t = 3 \text{ m}$

$$F_{w,z} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 27,04^2 \right] \cdot 1,345 \cdot 0,9 \cdot 3 = 1659,51 \text{ N/m} = \mathbf{1,66 \text{ KN/m}}$$

#### ❖ Empuje del viento sobre arcos y péndolas

Para determinar estos empujes, hay que apoyarse en la IAP-11, en su apartado 4.2.7 “empuje del viento sobre otros elementos del puente”. Este apartado señala que el cálculo del empuje del viento sobre estos elementos se realiza a partir de las áreas de referencia y los coeficientes de fuerza  $c_f$  de la tabla siguiente.

**Tabla 11.6. Determinación del coeficiente de fuerza  $c_f$ . Fuente: IAP-11**

|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                   |                                                                                                   |      |     |     |      |     |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|-----|------|-----|-------------|
|              | $\frac{B}{h}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $\leq 0,2$                                                                                        | 0,4                                                                                               | 0,6  | 0,7 | 1,0 | 2,0  | 5,0 | $\geq 10,0$ |
|                                                                                                 | $c_f$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2,0                                                                                               | 2,2                                                                                               | 2,35 | 2,4 | 2,1 | 1,65 | 1,0 | 0,9         |
|  $c_f = 1,4$ | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>sección circular con superficie lisa y tal que:<br/> <math>\varnothing v_b (T) \sqrt{c_{\theta}(z)} &gt; 6 \text{ m}^2/\text{s}</math><br/> <math>c_f = 0,7</math></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>sección circular con superficie rugosa<sup>(*)</sup>, o lisa tal que:<br/> <math>\varnothing v_b (T) \sqrt{c_{\theta}(z)} &lt; 6 \text{ m}^2/\text{s}</math><br/> <math>c_f = 1,2</math></p> </div> </div> |                                                                                                   |                                                                                                   |      |     |     |      |     |             |
|  $c_f = 1,8$ |  $c_f = 1,6$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  $c_f = 1,45$ |  $c_f = 1,3$ |      |     |     |      |     |             |
|  $c_f = 1,6$ |  $c_f = 2,2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                   |  $c_f = 2,0$ |      |     |     |      |     |             |

(\*) Se tomará siempre superficie rugosa excepto si la rugosidad superficial equivalente resulta menor de  $\phi \cdot 10^{-5} \text{ m}$

○ **Empuje en arcos**

Como se ha visto anteriormente, los arcos están diseñados con perfiles circulares del tipo TRON 457 X 10, con un diámetro  $\emptyset = 0,457 \text{ m}$ .

Hay que señalar que el viento se dispondrá en el sentido perpendicular al eje de los arcos, es decir, que consideraremos el coeficiente de fuerza en la dirección (Y), tanto para arcos como para péndolas.

Según esta tabla tenemos dos valores de coeficiente de fuerza  $c_{f,y}$ :

$$\triangleright c_{f,y} = 0,7 \text{ si } \emptyset \cdot v_b(T) \cdot \sqrt{c_e(z)} > 6 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\triangleright c_{f,y} = 1,2 \text{ si } \emptyset \cdot v_b(T) \cdot \sqrt{c_e(z)} < 6 \text{ m}^2/\text{s}$$

Teniendo que  $\emptyset = 0,457 \text{ m}$ ,  $v_b(100) = 27,04 \text{ m/s}$  y  $c_e(5,50) = 1,345$  se cumple que  $0,457 \cdot 27,04 \cdot \sqrt{1,345} = 14,33 \text{ m}^2/\text{s} > 6 \text{ m}^2/\text{s}$ . Luego  $c_{f,y} = 0,7$

El área  $A_{ref}$  sobre el que se va a aplicar el empuje en los arcos será equivalente al diámetro del mismo, es decir,  $A_{ref,y}$ .

Aplicando la fórmula (12), la fuerza de empuje del viento sobre arcos será:

$$F_{w,y} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 27,04^2 \right] \cdot 1,345 \cdot 0,7 \cdot 0,457 = 124,13 \frac{\text{N}}{\text{m}} = \mathbf{0,196 \text{ KN/m}}$$

○ **Empuje en péndolas**

Las péndolas han sido diseñadas, al igual que los arcos, con el perfil de acero circular tipo TRON 355x8, con un diámetro  $\emptyset = 0,355 \text{ m}$ .

Considerando el mismo procedimiento que en el apartado anterior, tendremos el siguiente valor de empuje del viento en péndolas:

$$0,355 \cdot 27,04 \cdot \sqrt{1,345} = 11,13 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} > 6 \text{ m}^2/\text{s} \text{ con } c_{f,y} = 0,7$$

Por lo tanto, aplicando la ecuación (12) tendremos:

$$F_{w,y} = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 27,04^2 \right] \cdot 1,345 \cdot 0,7 \cdot 0,355 = \mathbf{0,53 \text{ KN/m}}$$

❖ **Empuje provocado por el viento longitudinal**

La IAP-11, en su apartado 4.2.5.2 “empuje provocado por el viento longitudinal” dice que se considerará un empuje horizontal paralelo al eje del puente (dirección X) sobre los elementos de desarrollo longitudinal (Tablero, pretiles y barandillas).

Este empuje longitudinal será una fracción del empuje transversal producido por el viento transversal (dirección Y), multiplicado por un coeficiente reducir. El valor de dicha fracción será:

- 25% para los elementos sólidos (tableros tipo cajón, losa o vigas, sistemas de contención no permeables, pantallas anti-ruido, sobrecarga de uso, etc.). Para el cálculo de este empuje longitudinal no se considerará la reducción debida a la inclinación de las almas en los tableros de alma llena.
- 50% para los elementos que presentan huecos (tableros tipo celosía, sistemas de contención permeables, barandillas, y en su caso, sobrecarga de uso).

El coeficiente reductor, será definido por la expresión:

$$C_{red.} = 1 - \left[ \frac{7}{c_o \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) + 7} \right] \cdot \phi \cdot \left[ \frac{L}{L(z)} \right] \quad (15)$$

Donde:

- $C_{red.}$ : coeficiente reductor.
- $c_o$ : factor de topografía definido anteriormente e igual a 1.
- $\phi \cdot \left[ \frac{L}{L(z)} \right] = 0,230 + 0,182 \cdot \ln\left[\frac{L}{L(z)}\right]$ , siendo  $0 \leq \phi \cdot \left[ \frac{L}{L(z)} \right] \leq 1$
- L: longitud sobre la cual actúa el empuje longitudinal [m]. Se tomará igual a la longitud total del puente. En este proyecto  $L = 42$  m.
- $L(z)$ : longitud integral de la turbulencia [m] definida por:
 
$$L(z) = \begin{cases} 300 \cdot \left(\frac{z_{min}}{200}\right)^\alpha & \text{Para } z < z_{min} \\ 300 \cdot \left(\frac{z}{200}\right)^\alpha & \text{Para } z_{min} \leq z \leq 200 \\ 300 & \text{Para } z > 200 \end{cases}$$
- Z: altura del punto de aplicación del empuje del viento respecto al terreno, igual a 5,50 m para este proyecto.
- $z_0, z_{min}$  valores determinados anteriormente.  $z_0 = 0,3$  m y  $z_{min} = 5$  m.
- $\alpha$ : coeficiente definido en la siguiente tabla, relacionado al tipo de entorno.

**Tabla 11.7. Determinación del coeficiente  $\alpha$ . Fuente: IAP-11**

| TIPO DE ENTORNO | $\alpha$ |
|-----------------|----------|
| 0               | 0,38     |
| I               | 0,44     |
| II              | 0,52     |
| III             | 0,61     |
| IV              | 0,67     |

Por tanto,  $\alpha = 0,61$ .

Puesto que  $z_{min} = 5 \text{ m} < z = 5,50 \text{ m} < 200$ , la longitud integral de la turbulencia será  $L(z) = 300 \cdot \left(\frac{5,50}{200}\right)^{0,61} = 33,51 \text{ m}$ .

A continuación, comprobamos si se cumple que  $0 \leq \phi \cdot \left[\frac{L}{L(z)}\right] \leq 1$

$$\phi \cdot \left[\frac{L}{L(z)}\right] = 0,230 + 0,182 \cdot \ln \left[\frac{L}{L(z)}\right] = 0,230 + 0,182 \cdot \ln \left[\frac{42}{33,51}\right] = 0,27 \rightarrow \textbf{Cumple}$$

Estamos en disposición de determinar el coeficiente reductor aplicando la ecuación (15). Dicho coeficiente será:

$$C_{red.} = 1 - \left[ \frac{7}{1 \cdot \ln \left(\frac{5,50}{0,3}\right) + 7} \right] \cdot 0,27 = 0,81$$

Puesto que el empuje longitudinal es una fracción del empuje transversal producido por el viento en la dirección Y (empuje en el tablero, arcos y péndolas) y que se dispone de un tablero de vigas metálicas, tenemos que:

$$F_{w,x} = 25\% \cdot \sum F_{w,y} \cdot C_{red} = 0,25 \cdot (2 + 0,196 + 0,53) \cdot 0,81 = \mathbf{0,55 \text{ KN/m}}$$

Esta fuerza se aplica igual en todas las vigas transversales en la dirección x.

#### 11.1.2.3. Acciones térmicas

##### ❖ Tableros

La IAP-11 determina que para evaluar el efecto de la acción térmica en tableros se considerarán los siguientes tipos de tableros:

- Tipo 1: Tableros de acero con sección transversal en cajón, viga armada o celosía.
- Tipo 2: Tableros mixtos compuestos por acero estructural y hormigón armado o pretensado.
- Tipo 3: Tableros de hormigón armado o pretensado, sean losas, vigas o cajones.

Los valores representativos de la acción térmica se evaluarán considerando la componente uniforme de temperatura y las componentes de la diferencia de temperatura vertical y horizontal.

##### ○ **Componente uniforme de la temperatura del tablero**

##### – **Temperatura máxima y mínima del aire**

El valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra  $T_{max}$  depende del clima del lugar y de la altitud sobre el nivel del mar, mientras que para el valor

característico de la temperatura mínima del aire a la sobra  $T_{min}$  se determina en función del emplazamiento y la zona climática invernal.

Para periodos de retornos diferentes de 50 años, se deben de ajustar los valores de  $T_{max,p}$  y  $T_{min,p}$  según las expresiones siguientes:

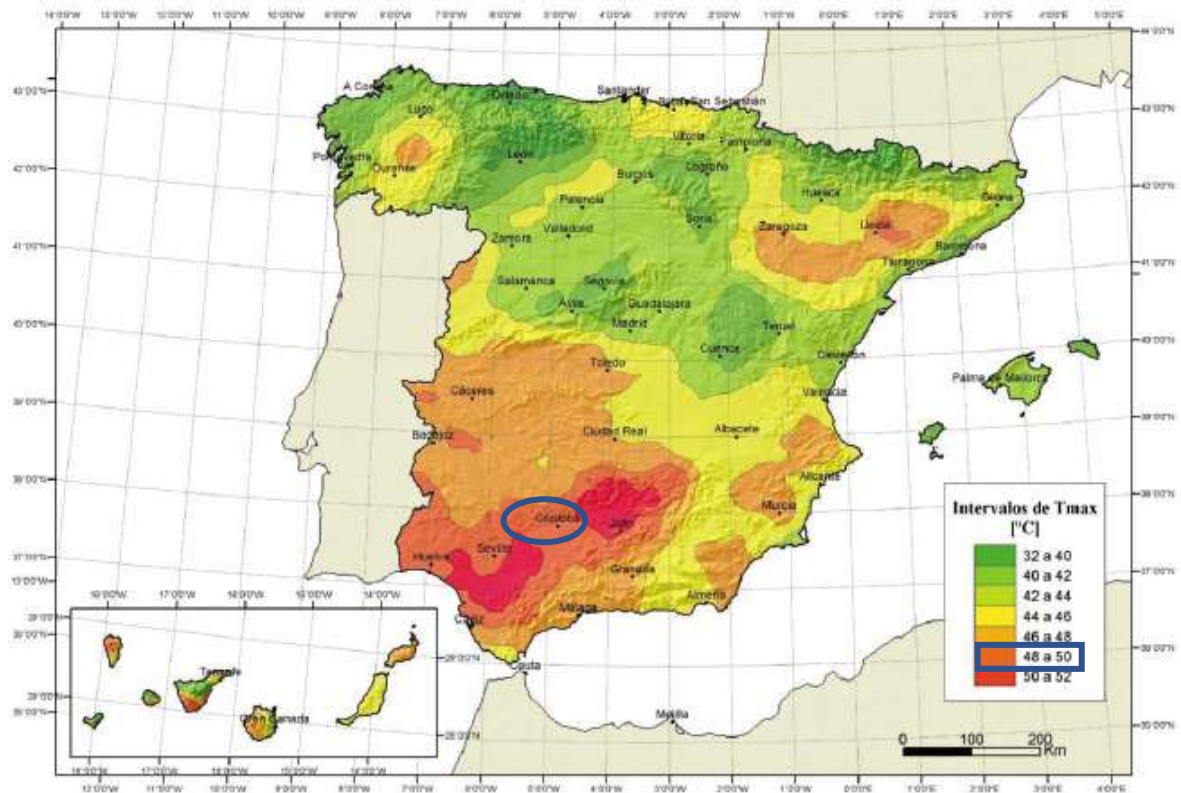
$$T_{max,p} = T_{max}\{k_1 - k_2 \ln [-\ln(1 - p)]\} \quad (16)$$

$$T_{min,p} = T_{min}\{k_3 + k_4 \ln [-\ln(1 - p)]\} \quad (17)$$

Siendo  $p$  el inverso del periodo de retorno y considerando para los coeficientes los valores:  $k_1 = 0,781$ ;  $k_2 = 0,056$ ;  $k_3 = 0,393$ ;  $k_4 = -0,156$ .

Para situaciones persistentes, se considerará un periodo de retorno de 100 años ( $p = 0,01$ ).

El valor de temperatura máxima anual del aire  $T_{max}$  se obtiene de la siguiente figura:



**Figura 11.3. Mapa de temperatura máxima anual  $T_{max}$ . Fuente: IAP-11**

La temperatura máxima anual en la ciudad de Córdoba está en un intervalo de 48 a 50 °C, por lo tanto, consideraremos la temperatura más desfavorable  $T_{max} = 50$  °C. Mientras que para determinar la temperatura mínima anual  $T_{min}$  se emplea la siguiente tabla:

**Tabla 11.8. Temperatura mínima anual. Fuente: IAP-11**

| ALTITUD [m] | ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 4.3-b) |     |     |     |     |     |   |
|-------------|---------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|             | 1                                           | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7 |
| 0           | -7                                          | -11 | -11 | -6  | -5  | -6  | 6 |
| 200         | -10                                         | -13 | -12 | -8  | -8  | -8  | 5 |
| 400         | -12                                         | -15 | -14 | -10 | -11 | -9  | 3 |
| 600         | -15                                         | -16 | -15 | -12 | -14 | -11 | 2 |

Teniendo en cuenta que la ciudad de Córdoba está a una altitud de 100 m sobre el nivel del mar, y que, como se aprecia en la figura 9.4 la ciudad se encuentra enclavada en la zona 6 del clima invernal, podemos determinar la temperatura mínima anual de dicha ciudad.

Puesto que en la tabla anterior no disponemos de un valor de altitud de 100 m, interpolamos entre 0 y 200 m respecto de la zona 6 correspondiente a la ciudad de Córdoba, resultando  $T_{min} = -7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 11.4. Mapa de Zonas climáticas de invierno  $T_{min}$ . Fuente: IAP-11**

Aplicando las ecuaciones (16) y (17) tendremos unos valores de temperaturas máximas y mínimas para un periodo de retorno de 100 años de:

$$T_{max,0,01} = 50 \{0,781 - 0,056 \ln[-\ln(1 - 0,01)]\} = 51,93 \cong 52\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{min,0,01} = -7 \{0,393 - 0,156 \ln[-\ln(1 - 0,01)]\} = -7,77 \cong -8\text{ }^{\circ}\text{C}$$

○ **Temperatura media de la sección transversal**

La componente uniforme de la temperatura del tablero, también denominado temperatura efectiva (temperatura media de la sección transversal), tendrá un valor mínimo  $T_{e,min}$  y un valor máximo  $T_{e,max}$  que se determinará a partir de la temperatura del aire, mediante las expresiones siguientes:

$$T_{e,min} = T_{min,0,01} + \Delta T_{e,min} \quad (18)$$

$$T_{e,max} = T_{max,0,01} + \Delta T_{e,max} \quad (19)$$

Donde  $T_{max}$  y  $T_{min}$  son respectivamente los valores característicos de la temperatura máxima y mínima del aire a la sombra, determinados anteriormente. Los valores de  $\Delta T_{e,max}$  y  $\Delta T_{e,min}$  se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 11.9. Incremento de temperatura mínima y máxima. Fuente: IAP-11**

| TIPO DE TABLERO             | $\Delta T_{e,min} [^{\circ}\text{C}]$ | $\Delta T_{e,max} [^{\circ}\text{C}]$ |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Tipo 1: Tablero de acero    | -3                                    | +16                                   |
| Tipo 2: Tablero mixto       | +4                                    | +4                                    |
| Tipo 3: Tablero de hormigón | +8                                    | +2                                    |

Aplicando las ecuaciones (17) y (18) tendremos que:

$$T_{e,min} = -8 - 3 = -11^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,max} = 52 + 16 = 68^{\circ}\text{C}$$

○ **Rango de la componente uniforme de la temperatura**

La variación de la componente uniforme de temperatura ocasionará, en una estructura sin coacción al movimiento, un cambio en la longitud del elemento. El rango de la componente uniforme de temperatura en el tablero será:

$$\Delta T_N = T_{e,max} - T_{e,min} \quad (20)$$

El valor característico de la máxima variación de la componente uniforme de temperatura en contracción  $\Delta T_{N,con}$  será:

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} \quad (21)$$

El valor característico de la máxima variación de la componente uniforme de temperatura en dilatación  $\Delta T_{N,exp}$  será:

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 \quad (22)$$

Donde  $T_0$  es la temperatura inicial o temperatura media del tablero en el momento en que se coacciona su movimiento. Este parámetro se puede tomar igual a 15 °C siempre y cuando no sea posible determinarlo previamente.

Por lo tanto, aplicando las ecuaciones (21) y (22) tendremos el siguiente rango de contracción y dilatación:

$$\Delta T_{N,con} = 15 - (-11) = 26 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{N,exp} = 68 - 15 = 53 \text{ °C}$$

Hay que señalar que la colocación de la estructura en su posición definitiva no se llevará a cabo en periodos de máximas temperaturas ni de mínimas temperaturas, por lo que el rango calculado anteriormente se puede alterar considerando la temperatura media anual de Córdoba. Para ello, la IAP-11 señala que podrá considerarse como máxima variación de contracción de la componente uniforme de la temperatura del puente el valor  $(\Delta T_{N,con} + 5)$  °C, y como máxima variación de dilatación el valor de  $(\Delta T_{N,exp} + 5)$  °C.

Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), la temperatura media anual en la ciudad de Córdoba es de 18,2 °C.

$$\Delta T_{N,con} = 18,2 + 5 = -23,2 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{N,exp} = 18,2 + 5 = +23,2 \text{ °C}$$

Los signos determinan el intervalo o la variación entre la contracción y la dilatación.

#### ❖ **Componente de la diferencia de temperatura**

##### ○ ***Diferencia vertical***

Para la determinación de dicho diferencial, la instrucción tiene en cuenta el tipo de tablero de puente, considerando que el diferencial vertical de temperatura se debe considerar mediante el empleo de una componente lineal equivalente de la diferencia de temperatura con  $\Delta T_{M,heat}$  y  $\Delta T_{M,cool}$ . Estos valores son diferencias de temperatura entre las fibras superior e inferior del tablero.

Para tableros de acero (tipo 1) o tableros de hormigón (tipo 3), los valores  $\Delta T_{M,heat}$  y  $\Delta T_{M,cool}$  se obtienen de la siguiente tabla:

**Tabla 11.10. Variación de temperatura en fibras. Fuente: IAP-11**

| TIPO DE TABLERO             | FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE            | FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA                |
|-----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|                             | $\Delta T_{M,heat} [^{\circ}\text{C}]$ | $\Delta T_{M,cool} [^{\circ}\text{C}]$ |
| Tipo 1: Tablero de acero    | 18                                     | 13                                     |
| Tipo 3: Tablero de hormigón |                                        |                                        |
| — Sección cajón             | 10                                     | 5                                      |
| — Sección de vigas          | 15                                     | 8                                      |
| — Sección losa              | 15                                     | 8                                      |

$$\Delta T_{M,heat} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = 13 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

La diferencia vertical de temperatura está muy influenciada por el tipo y espesor de pavimento. Los valores de la tabla anterior corresponden a un espesor de pavimento de 50 mm. Para espesores diferentes, será necesario aplicar un factor corrector  $k_{sur}$  dado en la siguiente tabla:

**Tabla 11.11. Factores de corrección según el espesor del pavimento. Fuente: IAP-11**

| ESPESOR DEL PAVIMENTO                                 | TABLERO TIPO 1              |                         | TABLERO TIPO 3              |                         |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|                                                       | FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE | FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA | FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE | FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA |
|                                                       | $k_{sur}$                   | $k_{sur}$               | $k_{sur}$                   | $k_{sur}$               |
| Sin impermeabilización ni pavimento                   | 0,7                         | 0,9                     | 0,8                         | 1,1                     |
| Con impermeabilización y sin pavimento <sup>(1)</sup> | 1,6                         | 0,6                     | 1,5                         | 1,0                     |
| 50 mm                                                 | 1,0                         | 1,0                     | 1,0                         | 1,0                     |
| 100 mm                                                | 0,7                         | 1,2                     | 0,7                         | 1,0                     |
| 150 mm                                                | 0,7                         | 1,2                     | 0,5                         | 1,0                     |

<sup>(1)</sup> Estos valores representan valores límite superiores para superficies de color oscuro.

Disponemos de un espesor de pavimento total de 145 mm (capa superficial o bituminosa + capa de regulación + losa de hormigón armado), pero considerando que en robot se realizan los cálculos del armazón estructural sin el pavimento, se ha considerado un tablero sin impermeabilización ni pavimento, obteniendo los siguientes coeficientes correctores  $k_{sur} = 0,7$  para la fibra superior más caliente y  $k_{sur} = 0,9$  para la fibra superior más fría. Por lo que resulta:

$$\Delta T_{M,heat} = 0,7 \cdot 18 = 12,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = 0,9 \cdot 13 = 11,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

#### ❖ Simultaneidad de la componente uniforme y de la diferencia de temperatura

La instrucción determina que para tener en cuenta la actuación simultánea de la variación de la componente uniforme,  $\Delta T_{N,exp}$  o  $\Delta T_{N,con}$ , y la diferencia de temperatura,  $\Delta T_{N,heat}$  o  $\Delta T_{N,cool}$  ambas componentes se combinarán de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\Delta T_M + \omega_N \Delta T_N \quad (23)$$

$$\omega_M \Delta T_M + \Delta T_N \quad (24)$$

Donde  $\omega_N = 0,35$  y  $\omega_M = 0,75$ .

Estas expresiones dan lugar a ocho posibles formas de considerar la concomitancia de las distintas componentes de la acción térmica, de las que se elegirán las que den lugar a los efectos más desfavorables para el elemento en estudio.

**Tabla 11.12. Expresiones de simultaneidad. Fuente: propia.**

| Expresiones de simultaneidad       | Concomitancia                                   | Valores [°C]  |
|------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|
| $\Delta T_M + \omega_N \Delta T_N$ | $\Delta T_{M,heat} + \omega_N \Delta T_{N,exp}$ | 20,72         |
|                                    | $\Delta T_{M,heat} + \omega_N \Delta T_{N,con}$ | 4,48          |
|                                    | $\Delta T_{M,cool} + \omega_N \Delta T_{N,exp}$ | 19,82         |
|                                    | $\Delta T_{M,cool} + \omega_N \Delta T_{N,con}$ | 3,58          |
| $\omega_M \Delta T_M + \Delta T_N$ | $\omega_M \Delta T_{M,heat} + \Delta T_{N,exp}$ | <b>32,65</b>  |
|                                    | $\omega_M \Delta T_{M,heat} + \Delta T_{N,con}$ | -13,75        |
|                                    | $\omega_M \Delta T_{M,cool} + \Delta T_{N,exp}$ | 31,65         |
|                                    | $\omega_M \Delta T_{M,cool} + \Delta T_{N,con}$ | <b>-14,43</b> |

Los valores más desfavorables tanto para la dilatación como para la contracción son respectivamente **+32,65 °C** y **-14 °C**.

#### 11.1.2.4. Nieve

Según la IAP-11, en su artículo 4.4 “nieve” señala que solo será necesario considerar la sobrecarga de nieve en puentes situados en zonas de alta montaña o durante la construcción.

##### ❖ Sobrecarga de nieve en tableros

Esta instrucción determina que el valor característico de la sobrecarga de nieve sobre tableros  $q_k$ , se ha de obtener de la siguiente expresión:

$$q_k = 0,8 \cdot s_k \quad (25)$$

Donde  $s_k$  es el valor característico de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal, según la siguiente tabla:

**Tabla 9.13. Valor característico de la sobrecarga de nieve. Fuente: IAP-11**

| CAPITAL     | ALTITUD [m] | $s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] | CAPITAL           | ALTITUD [m] | $s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] | CAPITAL         | ALTITUD [m] | $s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-------------|-------------|----------------------------|-------------------|-------------|----------------------------|-----------------|-------------|----------------------------|
| Albacete    | 690         | 0,6                        | Guadalajara       | 680         | 0,6                        | Pontevedra      | 0           | 0,3                        |
| Alicante    | 0           | 0,2                        | Huelva            | 0           | 0,2                        | Salamanca       | 780         | 0,5                        |
| Almería     | 0           | 0,2                        | Huesca            | 470         | 0,7                        | San Sebastián   | 0           | 0,3                        |
| Ávila       | 1130        | 1,0                        | Jaén              | 570         | 0,4                        | Santander       | 0           | 0,3                        |
| Badajoz     | 180         | 0,2                        | León              | 820         | 1,2                        | Segovia         | 1000        | 0,7                        |
| Barcelona   | 0           | 0,4                        | Lleida            | 150         | 0,5                        | Sevilla         | 10          | 0,2                        |
| Bilbao      | 0           | 0,3                        | Logroño           | 380         | 0,6                        | Soria           | 1090        | 0,9                        |
| Burgos      | 860         | 0,6                        | Lugo              | 470         | 0,7                        | Tarragona       | 0           | 0,4                        |
| Cáceres     | 440         | 0,4                        | Madrid            | 660         | 0,6                        | Tenerife        | 0           | 0,2                        |
| Cádiz       | 0           | 0,2                        | Málaga            | 0           | 0,2                        | Teruel          | 950         | 0,9                        |
| Castellón   | 0           | 0,2                        | Murcia            | 40          | 0,2                        | Toledo          | 550         | 0,5                        |
| Ciudad Real | 640         | 0,6                        | Ourense           | 130         | 0,4                        | Valencia        | 0           | 0,2                        |
| Córdoba     | 100         | 0,2                        | Oviedo            | 230         | 0,5                        | Valladolid      | 690         | 0,4                        |
| A Coruña    | 0           | 0,3                        | Palencia          | 740         | 0,4                        | Vitoria         | 520         | 0,7                        |
| Cuenca      | 1010        | 1,0                        | Palma de Mallorca | 0           | 0,2                        | Zamora          | 650         | 0,4                        |
| Girona      | 70          | 0,4                        | Palmas, Las       | 0           | 0,2                        | Zaragoza        | 210         | 0,5                        |
| Granada     | 690         | 0,5                        | Pamplona          | 450         | 0,7                        | Ceuta y Melilla | 0           | 0,2                        |

Con  $s_k = 0,2 \text{ KN/m}^2$ , tenemos que  $q_k = 0,8 \cdot s_k = 0,8 \cdot 0,2 = 0,16 \text{ KN/m}^2$ .

Determinamos la sobrecarga que se va a generar en las vigas transversales sobre las que se apoya el pavimento, es decir, teniendo en cuenta el área tributaria de dichas vigas.

➤ Vigas extremas:  $A_t = 1,5 \text{ m}$

$$q_{k,vigas \text{ ext.}} = q_k \cdot A_t = 0,16 \cdot 1,5 = \mathbf{0,24 \text{ KN/m}}$$

➤ Vigas intermedias:  $A_t = 3 \text{ m}$

$$q_{k,vigas \text{ ext.}} = q_k \cdot A_t = 0,16 \cdot 3 = \mathbf{0,48 \text{ KN/m}}$$

### 11.1.3. ACCIONES ACCIDENTALES (A)

La IAP-11 clasifica las acciones accidentales en impactos y acción sísmica. A efectos de cálculo de estas acciones, este proyecto se centrará exclusivamente en la acción sísmica puesto que no se ha contemplado el dimensionamiento de la infraestructura de la pasarela.

#### 11.1.3.1. Acción sísmica ( $A_E$ )

En esta acción no se calcula un determinado valor de fuerza de sismo, ya que el software de cálculo introduce dichas cargas automáticamente atendiendo a los parámetros que se determinan en este apartado y que se señalan en la figura 9.5.

Según la IAP-11, se considerará la norma vigente o Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)

Parámetros de la norma española NCSR-02

Caso: Sísmico español NCSR-02

☐ Caso auxiliar

Acceleración sísmica básica  $a_b/g$  0,05

Coeficiente de contribución  $K$  1,1

Coeficiente de riesgo  $p$  1

Coeficiente de terreno  $C$  1

Coeficiente de comportamiento por ductilidad  $\mu$  2

Dirección

☒ Horizontal

☐ Vertical

Definición de la excentricidad

Definición de la dirección

Filtros

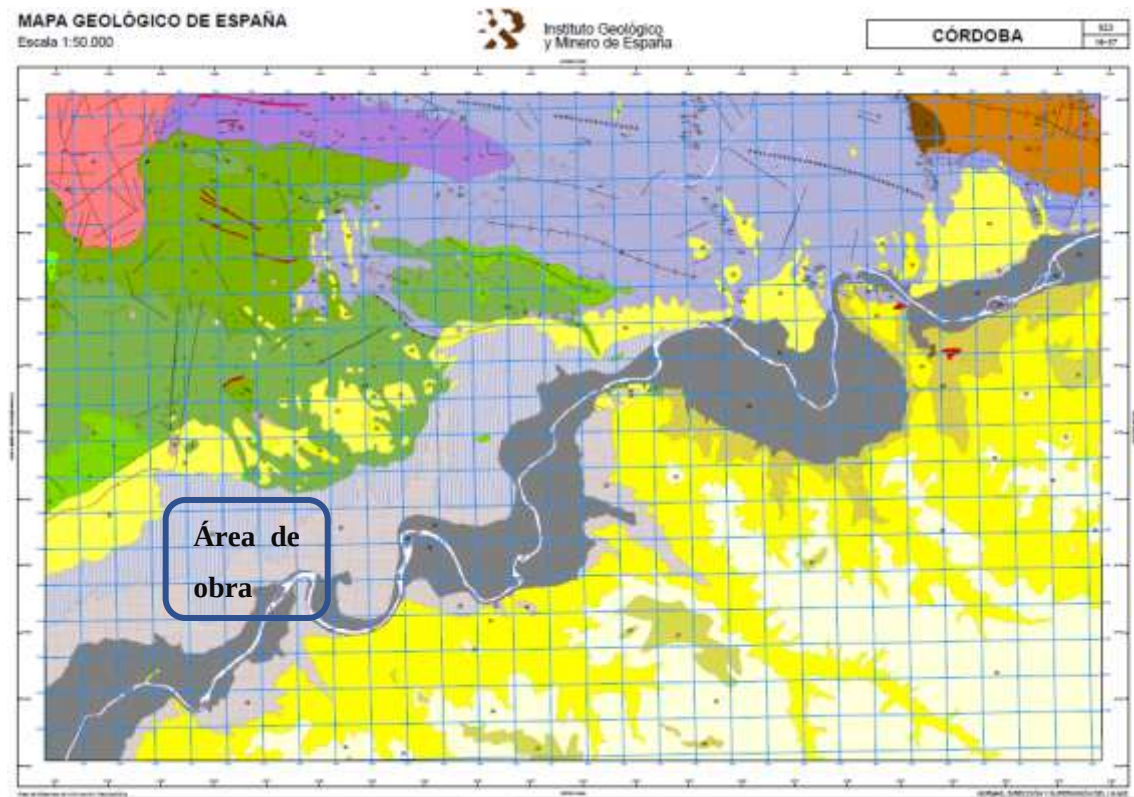
Figura 11.5. Parámetros de la norma de construcción sismorresistente. Fuente: IAP-11

#### ❖ Coeficiente de terreno (C)

Para determinar este parámetro, la NCSP-07 contempla cuatro tipos de terrenos en su capítulo III, apartado 3.2 “caracterización del terreno” y que pueden ser:

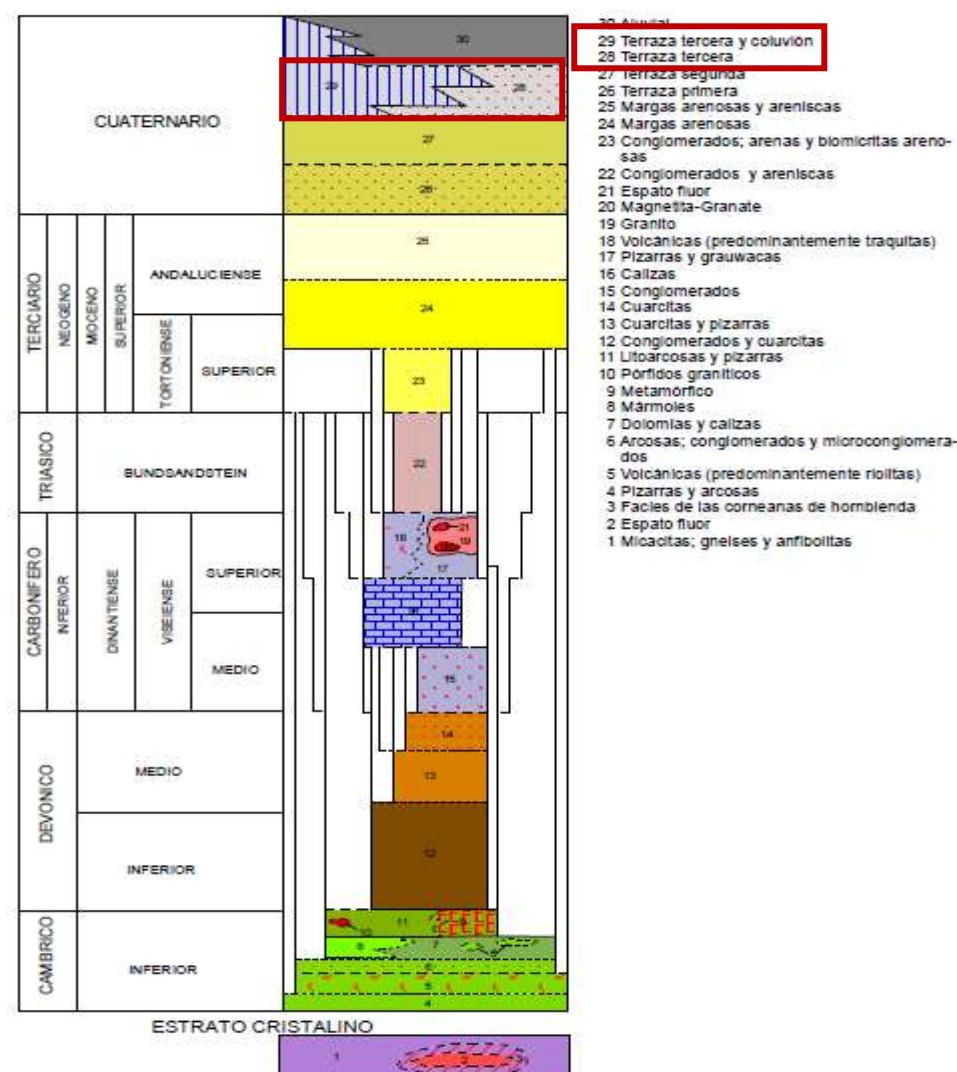
- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $v_s > 750 \text{ m/s}$ .
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelo granular denso o cohesivo duro. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400 \text{ m/s}$ .
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de ondas elásticas transversales o de cizalla,  $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200 \text{ m/s}$ .
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $v_s \leq 200 \text{ m/s}$ .

A falta de un estudio geotécnico de referencia para determinar el tipo de terreno en la zona de obra, nos hemos basado en los mapas geológicos del Instituto Geológico y Minero de España (MAGNA 50, hoja 923 Córdoba).



**Figura 11.6. Mapa geológico de Córdoba. Fuente: IGME**

El área marcada en el recuadro azul es el considerado como la zona de ejecución de la pasarela. En dicha zona podemos ver que predominan las dolomías y calizas, como se aprecia en la leyenda del mapa.



**Figura 11.7. Leyenda del mapa geológico de Córdoba. Fuente: IGME**

Los materiales de esta área corresponden a los números 28 y 29 de la leyenda, es decir, que la obra se ejecuta sobre terrazas del periodo cuaternario.

Dichos materiales se pueden considerar como material de tránsito, con una velocidad de ondas sísmicas  $V_s$  superior a 1000 m/s e inferior a 2000 m/s. Por lo tanto, podemos concluir que estamos ante un terreno **tipo I** ( $V_s > 750$  m/s).

Teniendo en cuenta la tabla siguiente, podemos obtener el valor del coeficiente del terreno.

**Tabla 11.14. Expresiones de simultaneidad. Fuente: IAP-11**

| Tipo de terreno | Coeficiente $C$ |
|-----------------|-----------------|
| I               | 1,0             |
| II              | 1,3             |
| III             | 1,6             |
| IV              | 2,0             |

Este coeficiente  $C$  depende de los espesores y rigideces de las capas de suelo superficial existentes en cada punto, por lo que puede variar su valor. Pero en este proyecto consideraremos que dicho coeficiente no varía entre apoyos. Por lo tanto,  $C = 1$ .

❖ **Aceleración sísmica básica ( $a_b/g$ ) y coeficiente de contribución ( $K$ )**

La aceleración sísmica básica la define la NCSP-07 en su apartado 3.4. “aceleración sísmica horizontal de cálculo” como el valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

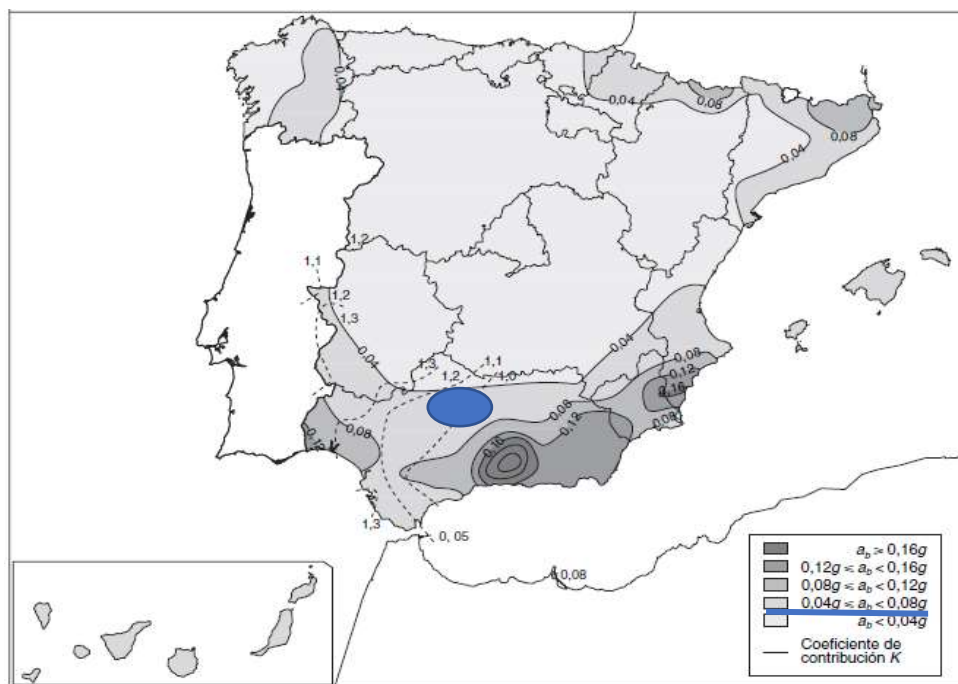
Estos valores se obtienen en el Anejo 1 de la misma norma, donde recoge los siguientes parámetros para la ciudad de Córdoba.

**Tabla 11.15. Parámetros de ( $a_b/g$ ) y de  $K$ . Fuente: NCSP-07**

| Municipio      | $a_b/g$ | $K$ |
|----------------|---------|-----|
| Castro del Río | 0,06    | 1   |
| Córdoba        | 0,05    | 1,1 |
| Doña Mencía    | 0,07    | 1   |

Podemos constatar que la aceleración sísmica básica  $a_b/g = 0,05$  y el coeficiente de contribución  $K = 1,1$ .

A través del mapa de peligrosidad sísmica de la NCSP-02 podemos ver si el valor obtenido de la aceleración sísmica básica está en el rango correspondiente a la ciudad de Córdoba.



**Figura 11.8. Mapa de peligrosidad sísmica en España. Fuente: NCSP-07**

La zona redondeada en azul equivale al área de la ciudad de Córdoba. Podemos ver que el valor de la aceleración sísmica básica  $a_b/g = 0,05 \rightarrow a_b = \mathbf{0,05g}$  se encuentra en el rango subrayado en azul ( $0,04g \leq a_b = 0,05g < 0,08g \rightarrow \text{Cumple}$ ).

❖ **Coefficiente de riesgo ( $\rho$ )**

Según la NCSP-07, este valor se obtiene como producto de dos factores:

$$\rho = \gamma_I \cdot \gamma_{II} \quad (26)$$

Donde:

- $\gamma_I$ : es el factor de importancia, función importancia del puente que se obtiene de la tabla 11.16
- $\gamma_{II}$ : factor modificador para considerar un período de retorno diferente de 500 años.

Puesto que para las acciones de sismo consideraremos un periodo de retorno de 500 años, implica que  $\gamma_{II} = 1$ .

**Tabla 11.16. Parámetro de importancia del puente. Fuente: NCSP-07**

| Importancia del puente | $\gamma_I$ |
|------------------------|------------|
| Normal                 | 1,0        |
| Especial               | 1,3        |

Según la norma, durante la etapa constructiva, para todos los puentes se considerará, salvo justificación especial, un factor de importancia  $\gamma_I = 1,0$ .

Aplicando la ecuación (26) tendremos que  $\rho = 1 \cdot 1 = 1$

Con los valores de aceleración sísmica básica  $a_b$  y del coeficiente de riesgo  $\rho$  obtenidos anteriormente se puede calcular tanto el coeficiente de amplificación de terreno  $S$  como la aceleración sísmica de cálculo  $a_c$  que según la NCSP-07 en su apartado 3.4 “aceleración sísmica horizontal de cálculo” recoge las siguientes condiciones:

$$- \text{Para } \rho \cdot a_b \leq 0,1 \cdot g \rightarrow S = \frac{C}{1,25} \quad (27)$$

$$- \text{Para } 0,1 \cdot g < \rho \cdot a_b < 0,4 \cdot g \rightarrow S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \cdot \left( \rho \cdot \frac{C}{g} - 0,1 \right) \cdot \left( 1 - \frac{C}{1,25g} \right) \quad (28)$$

$$- \text{Para } 0,4 \cdot g \leq \rho \cdot a_b \rightarrow S = 1,0 \quad (29)$$

Por lo tanto, como  $\rho \cdot a_b = 1 \cdot 0,05 \cdot g = 0,05 \cdot g < 0,1 \cdot g$  y con un coeficiente del terreno  $C=1$ , obtenemos el coeficiente  $S$  mediante la ecuación (17), resultando:

$$S = \frac{C}{1,25} = \frac{1}{1,25} = \mathbf{0,8}$$

Finalmente, la aceleración sísmica horizontal de cálculo se obtiene mediante la ecuación (20) resultando un valor de  $a_c = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,05 \cdot g = \mathbf{0,04 \cdot g}$ :

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b \quad (30)$$

Con este valor de cálculo de la aceleración sísmica horizontal podemos concluir que es necesario considerar las acciones sísmicas puesto que sigue el valor estando en el rango de  $0,04g \leq a_b = 0,05g < 0,08g$

#### ❖ Coefficiente de comportamiento por ductilidad ( $\mu$ )

Este coeficiente se obtiene de la tabla 4.1 del apartado 4.2.2.1. “factor de comportamiento en puentes regulares” de la NCSP-07 y que reflejamos a continuación.

**Tabla 11.17. Parámetro de comportamiento del puente. Fuente: NCSP-07**

| Tipo de elemento dúctil                                | Tipo de comportamiento |                              |
|--------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|
|                                                        | Ductilidad limitada    | Dúctil                       |
| Pilas de hormigón armado:                              |                        |                              |
| Pilas verticales trabajando a flexión <sup>(1)</sup>   | 1,5                    | 3,5 $\lambda$ ( $\alpha_g$ ) |
| Pilas inclinadas trabajando a flexión                  | 1,2                    | 2,1 $\lambda$ ( $\alpha_g$ ) |
| Pilas de acero                                         |                        |                              |
| Pilas verticales trabajando a flexión                  | 1,5                    | 3,5                          |
| Pilas inclinadas trabajando a flexión                  | 1,2                    | 2,0                          |
| Pilas con arriostramientos centrados                   | 1,5                    | 2,5                          |
| Pilas con arriostramientos descentrados <sup>(2)</sup> | —                      | 3,5                          |
| Estribos rígidamente unidos al tablero                 |                        |                              |
| En general                                             | 1,5                    | 1,5                          |
| Marcos encajados en el terreno                         | 1,0                    | 1,0                          |
| Arcos                                                  | 1,2                    | 2,0                          |

Al determinar una pasarela tipo arco con un comportamiento dúctil obtenemos un factor de comportamiento de  $\mu = 2$ .

Resumimos los valores de los coeficientes calculados en la siguiente tabla:

**Tabla 11.18. Parámetros de la norma sismorresistente en puentes. Fuente: propia**

| Parámetros                                   |         | Valores |
|----------------------------------------------|---------|---------|
| Aceleración sísmica básica                   | $a_b/g$ | 0,05    |
| Coeficiente de contribución                  | $K$     | 1,1     |
| Coeficiente de riesgo                        | $\rho$  | 1       |
| Coeficiente de terreno                       | $C$     | 1       |
| Coeficiente de comportamiento por ductilidad | $\mu$   | 2       |

## 11.2. RESUMEN DE ACCIONES

**Tabla 11.19. Resumen de acciones calculadas para la pasarela. Fuente: propia**

| Acción                             | Tipo de carga         |                          |                 | Valor                  |
|------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
|                                    |                       |                          |                 |                        |
| Permanentes de valor constante (G) | Peso propio           |                          |                 | $\gamma_{mat} \cdot A$ |
|                                    | Cargas Muertas        | Pavimento                | Vigas extremas  | -6,44 KN/m             |
|                                    |                       |                          | Vigas centrales | -12,87 KN/m            |
|                                    |                       | Barandillas              |                 |                        |
| Variables (Q)                      | Sobrecarga de uso     | Vertical ( $q_{fk}$ )    | Vigas extremas  | -7,5 KN/m              |
|                                    |                       |                          | Vigas centrales | -15 KN/m               |
|                                    |                       | Horizontal ( $Q_{flk}$ ) | Vigas extremas  | $\pm 0,75$ KN/m        |
|                                    |                       |                          | Vigas centrales | $\pm 1,5$ KN/m         |
|                                    | Viento sobre tablero  | Vertical                 | Vigas extremas  | -0,83 KN/m             |
|                                    |                       |                          | Vigas centrales | -1,66 KN/m             |
|                                    |                       | Transversal              |                 | $\pm 2$ KN/m           |
|                                    |                       | Horizontal               |                 | $\pm 0,55$ KN/m        |
|                                    | Viento sobre arco     | Transversal              |                 | $\pm 0,197$ KN/m       |
|                                    | Viento sobre péndolas | Transversal              |                 | $\pm 0,53$ KN/m        |
|                                    | Nieve                 |                          | Vigas extremas  | -0,24 KN/m             |
|                                    |                       |                          | Vigas centrales | -0,48 KN/m             |
| Acción térmica                     | Contracción           |                          | -14,43 °C       |                        |
|                                    | Expansión             |                          | 32,65 °C        |                        |
| Accidentales (A)                   | Sismo                 |                          |                 | $S_a(T)$               |

Los signos de los valores de la tabla indican el sentido de las cargas.

## 11.3. COMPROBACIONES A CONSIDERAR

La IAP-11 es la instrucción base de este proyecto, pero dado que estamos dimensionando una pasarela peatonal constituido casi en su totalidad por acero, es necesario también tener en cuenta la EAE, que es la instrucción que recoge las condiciones generales, las bases de proyecto, análisis estructural, propiedades, dimensionamiento y comprobación, uniones, ejecución, control y mantenimiento en todos los proyectos de acero estructural. Por lo tanto, emplearemos la EAE para comprobar los estados límites últimos (ELU) y estados límites de servicio (ELS).

Tanto los ELU (de resistencia de las secciones y de inestabilidad) así como los ELS (de deformaciones y vibraciones en pasarelas) serán comprobados tras los cálculos con el software Robot.

### 11.3.1. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMO (ELU)

En la comprobación de los ELU que consideran el colapso o rotura de una sección o elemento estructural, se debe satisfacer la condición:

$$R_d \geq E_d \quad (31)$$

Donde

- $R_d$  Valor de cálculo de la respuesta de la estructura.
- $E_d$  Valor de cálculo del efecto de las acciones.

➤ *Estado límite de equilibrio.* Es el estado en el cual no se ha de sobrepasar los límites de equilibrio de la estructura.

Para la evaluación del estado límite de equilibrio

$$E_{d,estab} \geq E_{d,desestab} \quad (32)$$

Donde:

- $E_{d,estab}$  Valor de cálculo de los efectos de las acciones estabilizadoras.
- $E_{d,desestab}$  Valor de cálculo de los efectos de las acciones desestabilizadoras.

➤ *Estado límite de resistencia de la estructura.*

➤ *Estado límite de resistencia de las secciones.* Se estudian para cada sección transversal, en función de los esfuerzos que solicitan.

➤ *Estado límite de inestabilidad.* Se estudian, según los casos, para la estructura completa (pandeo global), para parte de la misma o para elementos considerados como aislados, tales como soportes (pandeo), vigas (pandeo lateral, abolladura, barras de celosía, etc.

➤ *Estado límite de resistencia de las uniones.*

➤ *Estado límite de fatiga.*

Este proyecto se centrará en la comprobación del estado límite de resistencia de las secciones y del estado límite de inestabilidad de las mismas, como veremos en el apartado 14.3 “Comprobación de algunas barras más desfavorables” de este proyecto.

### 11.3.2. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO (ELS)

Los ELS son aquellas situaciones de la estructura para las que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, de comodidad o confort, de durabilidad o de aspecto requeridos.

Para su comprobación hay que aplica la siguiente condición:

$$C_d \geq E_d \quad (33)$$

Donde:

- $C_d$  Valor límite admisible para el estado límite a comprobar (deformaciones, vibraciones, etc.).
- $E_d$  Valor de cálculo del efecto de las acciones (tensiones, nivel de vibración, etc.).

La EAE recoge los siguientes ELS:

- *Estado límite de deformaciones.* Es el producido por las deformaciones que pueden afectar a las acciones aplicadas o a la apariencia o al uso de la estructura o causar daños en elementos no estructurales.
- *Estado límite de vibraciones.* Es el producido por vibraciones que pueden ser desagradables o causar inquietud a los usuarios, o provocar daños en la estructura o equipos.
- *Estado límite de deslizamiento* en uniones con tornillos de alta resistencia pretensados.
- *Estado límite de deformaciones* transversales en paneles esbeltos. Riesgo de fisuración por fatiga.
- *Estado límite de plastificaciones locales.*

#### 11.3.2.1. *Estado límite de deformaciones en puentes y pasarelas*

El apartado 37.3 “límites de deformaciones en puentes y pasarelas” de la EAE dice que el control de las deformaciones (desplazamientos y giros) en puentes y pasarelas debe garantizar la adecuada apariencia y funcionalidad de la obra, evitando:

- Efectos dinámicos amplificados, o no deseados, debidos a impactos del tráfico circulante.
- Daños en la capa de rodadura de puentes de carretera, o en balasto y sistemas de vía de puentes ferroviarios.
- Alteraciones en el correcto funcionamiento del sistema de drenaje.
- Impresiones visuales no adecuadas de la geometría final de la estructura.
- Sensaciones que afecten al confort de los usuarios.
- Alteraciones en las condiciones finales de la rasante (planta, alzado, peraltes) respecto de las alineaciones previstas en proyecto.

- Afecciones al funcionamiento y durabilidad de juntas, apoyos, barandillas, instalaciones, etc., muy sensibles a quiebros o cambios bruscos de pendiente en la deformada.

Esta misma instrucción recomienda que en puentes de carretera la rigidez del tablero sea tal que, bajo la actuación del valor frecuente de las sobrecargas de tráfico establecido por la IAP, la flecha correspondiente a dichas sobrecargas no supere los valores siguientes:

- $L/1000$  en puentes de carretera.
- $L/1200$  en puentes urbanos con aceras transitables.

Siendo  $L$  la longitud del vano.

Además, la IAP en su apartado 7.1.1 “estado límite de deformaciones” señala que se deberá verificar que la flecha vertical máxima correspondiente al valor frecuente de la sobrecarga de uso no supera el de  $L/1200$  en pasarelas.

#### *11.3.2.2. Estados límites de vibraciones en puentes y pasarelas*

El artículo 38. “Estado límite de vibraciones” de la EAE indica que las vibraciones pueden afectar a la funcionalidad o durabilidad de las estructuras bajo condiciones de servicio.

Un elemento o estructura cumple este estado si garantiza:

- El confort de los usuarios.
- La ausencia de deterioros en la propia estructura, o en los elementos no resistentes soportados por ella, originados por defectos dinámicos.
- El correcto funcionamiento y durabilidad de posibles maquinarias, servicios, instalaciones, etc., sensibles a estos fenómenos.

Según la IAP, para garantizar el estado límite de vibraciones en pasarelas peatonales, las frecuencias naturales se situarán fuera de los dos rangos siguientes:

- Rango crítico para vibraciones verticales y longitudinales: de 1,25 a 4,60 Hz.
- Rango crítico para vibraciones laterales: de 0,50 a 1,20 Hz.

En pasarelas peatonales cuyas frecuencias naturales se encuentren dentro de estos rangos, será necesario efectuar estudios dinámicos específicos para asegurar los requisitos de confort de los peatones.

Independientemente del valor de las frecuencias naturales, se ha de comprobar mediante estudios dinámicos la adecuada respuesta vibratoria de las pasarelas cuando se produzca alguna de las siguientes circunstancias:

- Luz superior a 50 m.
- Anchura útil superior a 3,0 m.
- Tipología estructural singular o nuevos materiales.
- Ubicación en una zona urbana donde sea previsible un tráfico intenso de peatones o exista riesgo de concentración de personas sobre la propia pasarela.

Puesto que diseñamos una pasarela de 5 m de anchura, es imprescindible comprobar las frecuencias vibratorias que afectarán a esta estructura.

## 11.4. COMBINACIÓN DE ACCIONES

La combinación de acciones consiste en contemplar y analizar la posibilidad de que dos o más acciones distintas puedan actuar simultáneamente en la estructura o en cada uno de sus elementos.

La IAP señala que las combinaciones para las comprobaciones de acciones de fatiga serán las indicadas en la normativa específica correspondiente a cada material estructural.

### 11.4.1. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES

La IAP-11 define el valor representativo de una acción como el valor de la misma acción utilizada para la verificación de los estados límite.

El principal valor de las acciones es su valor característico, que para acciones permanentes se considerará un único valor, coincidiendo con el valor característico  $G_k$ .

En el caso del peso del pavimento y de tuberías u otros servicios situados en el puente, se tomarán los dos valores característicos,  $G_{k,sup}$  y  $G_{k,inf}$ , definidos en el apartado...

En referencia a las acciones variables, se considerarán además de su valor característico,  $Q_k$ , calculados anteriormente, los valores representativos, según la comprobación de que se trate:

- *Valor de combinación*  $\psi_0 \cdot Q_k$ : Será el valor de la acción cuando actúe con alguna otra acción variable. Este valor es para la comprobación de los estados límite últimos en situaciones persistentes o transitorias y de estados límite de servicio irreversibles.
- *Valor frecuente*  $\psi_1 \cdot Q_k$ : Será el valor de la acción tal que sea sobrepasado durante un periodo corto de duración respecto a la vida útil del puente. Corresponde a un periodo de retorno de una semana, a comprobaciones de estados límite últimos en situaciones accidentales y de estados límite de servicio reversibles.

- *Valor casi-permanente  $\psi_2 \cdot Q_k$* : Será el valor de la acción tal que sea sobrepasado durante una gran parte de la vida útil del puente. Se utilizará para las comprobaciones de estados límite últimos en situación accidental y de estados límite de servicio reversibles.

El valor de los factores de simultaneidad  $\psi$  será diferente según la acción de que se trate. Según la IAP-11, se adoptarán los valores recogidos en la siguiente tabla:

**Tabla 11.20. Factores de simultaneidad  $\psi$  . Fuente: IAP-11**

| Acción                         | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|--------------------------------|----------|----------|----------|
| Sobrecarga de uso en pasarelas | 0,4      | 0,4      | 0        |
| Viento en pasarelas            | 0,3      | 0,2      | 0        |
| Acción térmica                 | 0,6      | 0,6      | 0,5      |
| Nieve                          | 0,8      | 0        | 0        |

#### 11.4.2. VALOR DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

La mayoración de acciones se lleva a cabo multiplicando el valor característico de la acción por el correspondiente coeficiente parcial  $\gamma_F$ . Dichos coeficientes tendrán valores diferentes según la situación de proyecto de que se trate (persistente o transitoria, accidental o sísmica) y según el estado límite objeto de comprobación (equilibrio de la estructura o comprobaciones resistentes).

Los valores de dichos coeficientes parciales se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 11.21. Coeficientes parciales de mayoración de acciones. Fuente: propia**

| Acción                            |                   | ELU       |              | ELS       |              |
|-----------------------------------|-------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
|                                   |                   | Efecto    |              |           |              |
|                                   |                   | Favorable | Desfavorable | Favorable | Desfavorable |
| Permanente de valor constante (G) | Peso propio       | 1,0       | 1,35         | 1,0       | 1,0          |
|                                   | Cargas muertas    | 1,0       | 1,35         | 1,0       | 1,0          |
| Variable (Q)                      | Sobrecarga de uso | 0         | 1,35         | 0         | 1,0          |
|                                   | Otras             | 0         | 1,5          | 0         | 1,0          |

### 11.4.3. COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELU

#### 11.4.3.1. En situación persistente o transitoria

La combinación de acciones se hará de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} \cdot G^*_{k,m} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (34)$$

Donde:

- $G_{k,j}$  valor característico de cada acción permanente.
- $G^*_{k,m}$  Valor característico de cada acción permanente de valor no constante. No considerado en este proyecto.
- $Q_{k,1}$  valor característico de cada acción variable dominante.
- $\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$  valor de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante.
- $\gamma_G, \gamma_Q$  coeficientes parciales.

#### 11.4.3.2. En situación sísmica

La combinación de acciones en situación sísmica se realizará mediante la siguiente expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} G^*_{k,m} + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + A_{Ed} \quad (35)$$

Donde:

- $G_{k,j}$  valor representativo de cada acción permanente.
- $G^*_{k,m}$  valor representativo de cada acción permanente de valor no constante, descartado para este proyecto.
- $\psi_{2,1} \cdot Q_{k,1}$  valor casi-permanente de la sobrecarga de uso.
- $A_{Ed}$  valor de cálculo de la acción sísmica.

### 11.4.4. COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELS

En este apartado se considerará exclusivamente la combinación frecuente, que es la genérica para la verificación de ELS reversibles.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} \cdot G^*_{k,m} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (36)$$

## 11.5. DEFINICIÓN DE CASOS DE CARGAS

En este apartado se va a proceder a la definición de las cargas en el software de cálculo “Robot Structural Analysis Professional 2019” previamente calculadas.

Se creará diferentes casos de cargas que se recogerán en una sección para luego poder combinarlas al calcular la estructura.

Lista de casos definidos:

| Número | Nombre del caso | Naturaleza  |
|--------|-----------------|-------------|
| 1      | DL 1            | permanente  |
| 2      | PAVIMENTO       | permanente  |
| 3      | BARANDILLA      | permanente  |
| 4      | NIEVE           | nieve       |
| 5      | VIENTO YZ       | viento      |
| 6      | SOBRECARGA 1    | explotación |
| 7      | SOBRECARGA 2    | explotación |
| 8      | SOBRECARGA 3    | explotación |
| 9      | SOBRECARGA 4    | explotación |

**Figura 11.9. Casos de carga creados. Fuente: Robot**

Como se puede apreciar en la imagen anterior, cada caso de carga se caracteriza por el tipo o naturaleza, pudiendo definir también el tipo de análisis en la misma. DL1 es la carga correspondiente al peso propio de la estructura que se ha introducido automáticamente por el software.

La sobrecarga de uso se ha introducido considerando la categoría C de la tabla 11.22, considerando que la pasarela tendrá accesos al público en general.

| Categoría de uso |                                                                                                            | Subcategorías de uso |                                                                                                                                                                           | Carga uniforme<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Carga concentrada<br>[kN] |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| A                | Zonas residenciales                                                                                        | A1                   | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles                                                                                                                | 2                                      | 2                         |
|                  |                                                                                                            | A2                   | Trasteros                                                                                                                                                                 | 3                                      | 2                         |
| B                | Zonas administrativas                                                                                      |                      |                                                                                                                                                                           | 2                                      | 2                         |
| C                | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1                   | Zonas con mesas y sillas                                                                                                                                                  | 3                                      | 4                         |
|                  |                                                                                                            | C2                   | Zonas con asientos fijos                                                                                                                                                  | 4                                      | 4                         |
|                  |                                                                                                            | C3                   | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles, salas de exposición en museos, etc. | 5                                      | 4                         |
|                  |                                                                                                            | C4                   | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas                                                                                                                         | 5                                      | 7                         |
|                  |                                                                                                            | C5                   | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc.)                                                                                                               | 5                                      | 4                         |
|                  |                                                                                                            | C6                   | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc.)                                                                                                               | 5                                      | 4                         |
| D                | Zonas comerciales                                                                                          | D1                   | Locales comerciales                                                                                                                                                       | 5                                      | 4                         |
|                  |                                                                                                            | D2                   | Supermercados, hipermercados o grandes superficies                                                                                                                        | 5                                      | 7                         |
| E                | Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)                             |                      |                                                                                                                                                                           | 2                                      | 20 <sup>(1)</sup>         |
| F                | Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>                                         |                      |                                                                                                                                                                           | 1                                      | 2                         |
| G                | Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>                                           | G1 <sup>(1)</sup>    | Cubiertas con inclinación inferior a 20°                                                                                                                                  | 1 <sup>(1)(2)</sup>                    | 2                         |
|                  |                                                                                                            | G2                   | Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(1)(2)</sup>                                                                                                           | 0,4 <sup>(1)</sup>                     | 1                         |
|                  |                                                                                                            |                      | Cubiertas con inclinación superior a 40°                                                                                                                                  | 0                                      | 2                         |

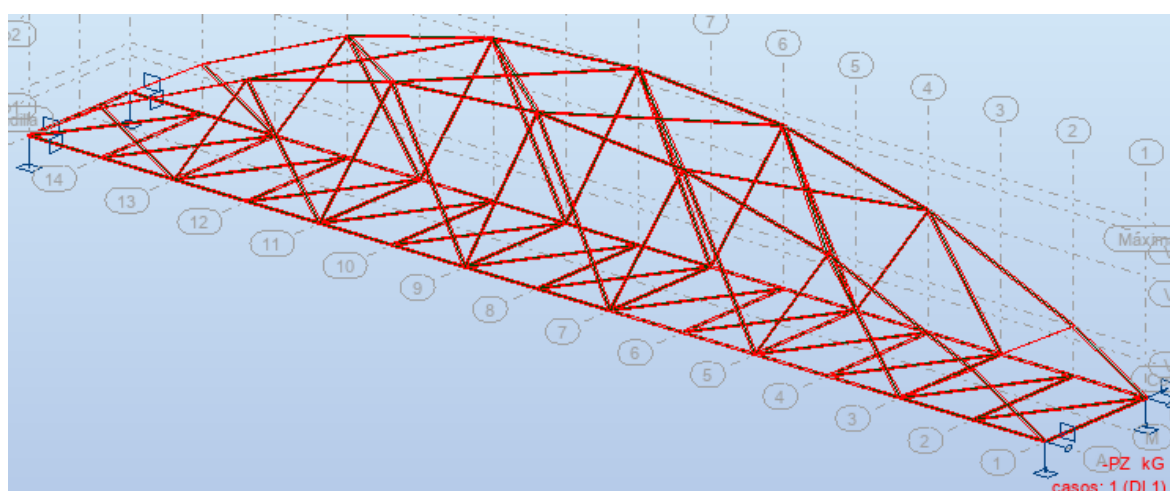
**Tabla 11.22. Carga uniforme según la categoría de uso. Fuente: CTE**

### 11.5.1. PESO PROPIO

Como se ha comentado anteriormente, el peso propio de la estructura se obtiene automáticamente en el programa. Una vez definido en Revit el tipo de material a emplear y las secciones de los perfiles elegidos, Robot determina automáticamente el peso propio de cada perfil multiplicando el volumen del material por la densidad correspondiente, obteniendo así la siguiente tabla de pesos:

**Tabla 11.23. Pesos de las diferentes barras de la estructura. Fuente: Robot**

| Tipo         | Número | Longitud (m) | Peso por unidad (kg/m) | Peso de la barra (kg) | Peso total (kg) | Superficie pintada (m2) |
|--------------|--------|--------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------|
| S 275        |        |              |                        |                       |                 |                         |
| SHSH 150x150 | 14     | 5,83         | 28,11                  | 163,90                | 2295            | 47,67                   |
| Total        |        |              |                        |                       |                 |                         |
| SHSH 150x150 | 14     | 81,62        | 28,11                  | 2294,60               | 2295            | 47,67                   |
| Total:       |        |              |                        |                       | 2295            | 47,67                   |
| S 355        |        |              |                        |                       |                 |                         |
| CHS 660x32   | 2      | 42,00        | 495,53                 | 20812,06              | 41624           | 174,08                  |
| TCAR 350x12  | 15     | 5,00         | 123,92                 | 619,59                | 9294            | 101,14                  |
| TRON 355x8   | 4      | 3,45         | 68,60                  | 236,68                | 947             | 15,42                   |
| TRON 355x8   | 8      | 5,12         | 68,60                  | 351,25                | 2810            | 45,76                   |
| TRON 355x8   | 8      | 6,31         | 68,60                  | 432,89                | 3463            | 56,39                   |
| TRON 355x8   | 4      | 6,71         | 68,60                  | 460,33                | 1841            | 29,98                   |
| TRON 355x8   | 4      | 7,83         | 68,60                  | 537,17                | 2149            | 34,99                   |
| TRON 355x8   | 4      | 7,94         | 68,60                  | 544,71                | 2179            | 35,48                   |
| TRON 457x10  | 4      | 3,45         | 110,28                 | 380,45                | 1522            | 19,81                   |
| TRON 457x10  | 4      | 6,02         | 110,28                 | 663,87                | 2655            | 34,57                   |
| TRON 457x10  | 4      | 6,17         | 110,28                 | 680,41                | 2722            | 35,43                   |
| TRON 457x10  | 4      | 6,48         | 110,28                 | 714,59                | 2858            | 37,21                   |
| Total        |        |              |                        |                       |                 |                         |
| CHS 660x32   | 2      | 84,00        | 495,53                 | 41624,11              | 41624           | 174,08                  |
| TCAR 350x12  | 15     | 75,00        | 123,92                 | 9293,83               | 9294            | 101,14                  |
| TRON 355x8   | 32     | 195,16       | 68,60                  | 13388,65              | 13389           | 218,02                  |
| TRON 457x10  | 16     | 88,48        | 110,28                 | 9757,28               | 9757            | 127,03                  |
| Total:       |        |              |                        |                       | 74064           | 620,27                  |



**Figura 11.10. Peso propio de la superestructura. Fuente: Propia**

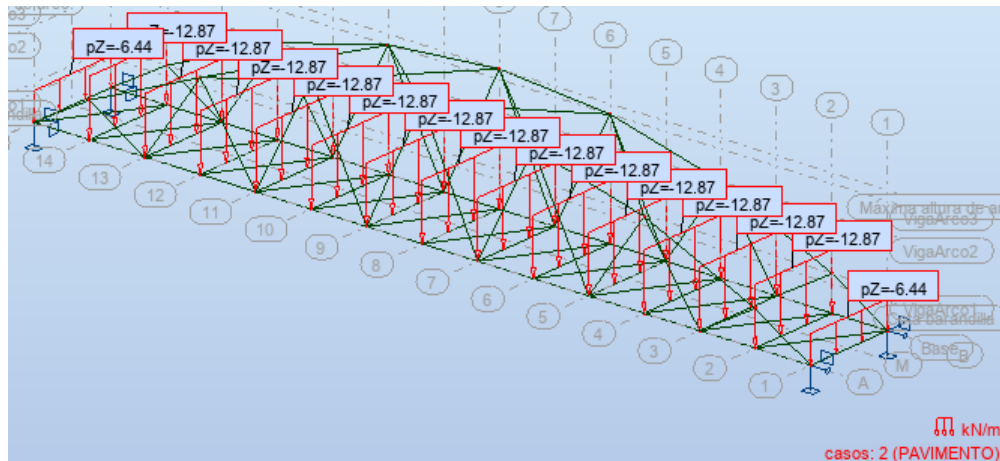
El color rojo de la estructura implica que el programa ha considerado el peso propio de cada una de las barras de esta estructura, teniendo un peso propio total de 74064 Kg. Dado que 1Kg equivale a 9,8 N implica que la estructura pesa 725827,2 N = 725,83 KN.

### 11.5.2. PESO DEL PAVIMENTO

La tabla de valores del pavimento es la siguiente:

**Tabla 11.24. Valores de las cargas del pavimento. Fuente: propia**

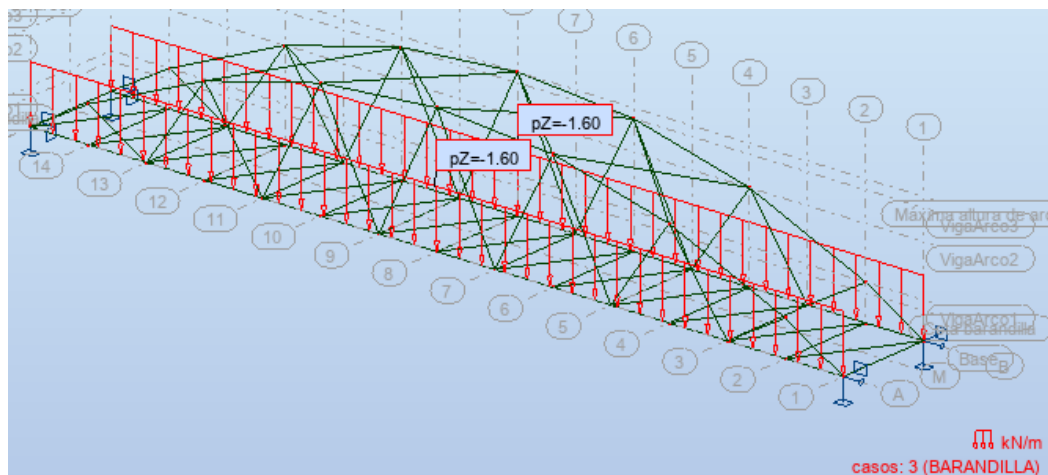
| Capas de pavimento            | Vigas extremas (KN/m) | Vigas intermedias (KN/m) |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Superficial o bituminosa      | 1,035                 | 2,07                     |
| Intermedia o de regulación    | 0,9                   | 1,8                      |
| Inferior o de hormigón armado | 4,5                   | 9                        |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>6,44</b>           | <b>12,87</b>             |



**Figura 11.11. Representación de la carga de pavimento. Fuente: Propia**

### 11.5.3. PESO DE LAS BARANDILLAS

El peso de las barandillas se ha calculado en el apartado 9.1.2.2. “Barandillas”, obteniendo un valor de 1,6 KN/m.



**Figura 11.12. Peso de las barandillas. Fuente: Propia**

#### 11.5.4. SOBRECARGA DE USO

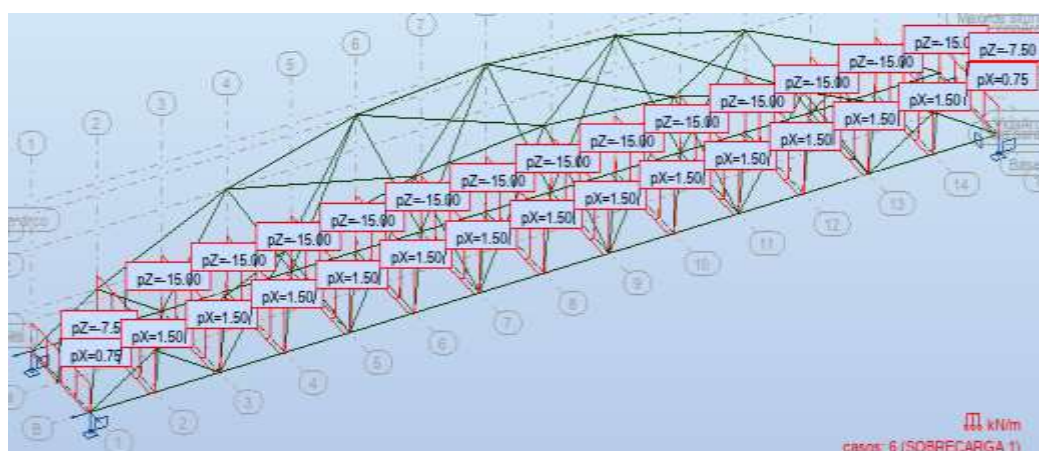
Estas cargas se han calculado anteriormente, obteniendo la siguiente tabla de valores:

**Tabla 11.25. Sobrecarga de uso de la estructura. Fuente: propia**

| Carga                 | Vigas extremas (KN/m) | Vigas intermedias (KN/m) |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Vertical, $q_{fk}$    | 7,5                   | 15                       |
| Horizontal, $Q_{flk}$ | 0,75                  | 1,5                      |

##### 11.5.4.1. PASARELA COMPLETAMENTE OCUPADA

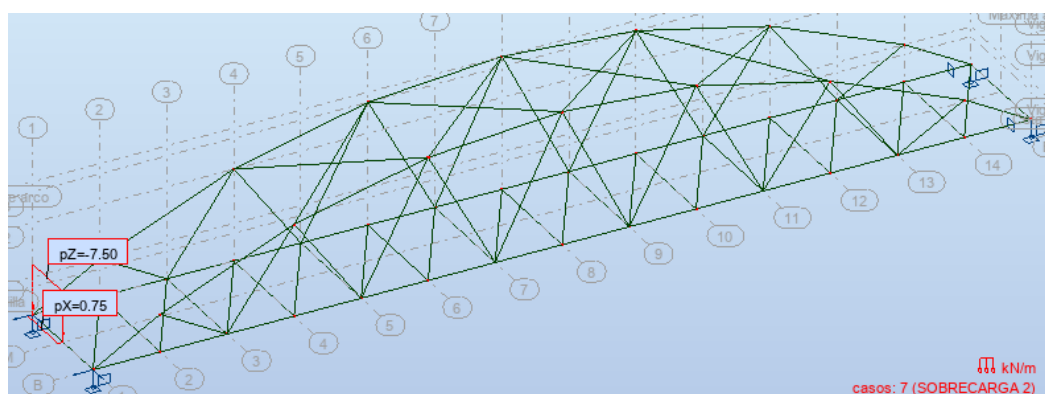
Este es el caso de carga en el que la pasarela se encuentra totalmente ocupada por los usuarios, considerando que están en movimiento, transmitiendo simultáneamente una carga vertical y horizontal.



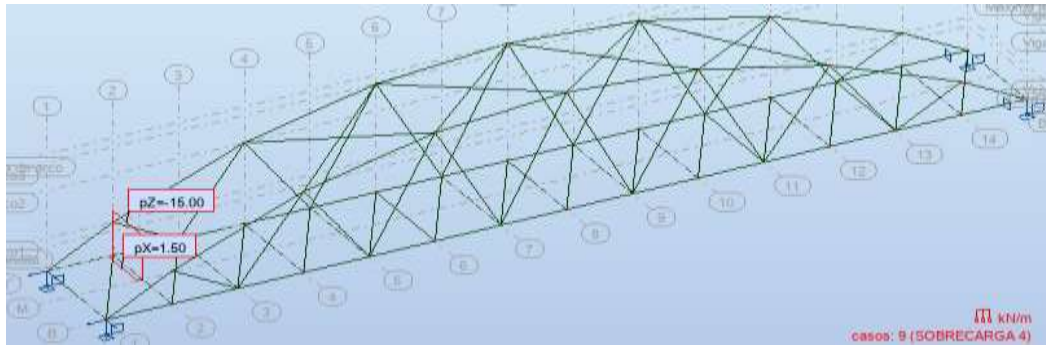
**Figura 11.13. Sobrecarga en todo el tablero. Fuente: Propia**

##### 11.5.4.2. PASARELA CARGADA TRANSVERSALMENTE A LA MITAD

En estos casos, se considera que la pasarela está ocupada hasta la mitad del ancho, pero para mayor precisión de los cálculos, y dado que el software aplica el método de los elementos finitos, se podría realizar muchas más divisiones para mayor precisión de los resultados.



**Figura 11.14. Viga extrema parcialmente cargada. Fuente: Propia**



**Figura 11.15. Viga intermedia parcialmente cargada. Fuente: Propia**

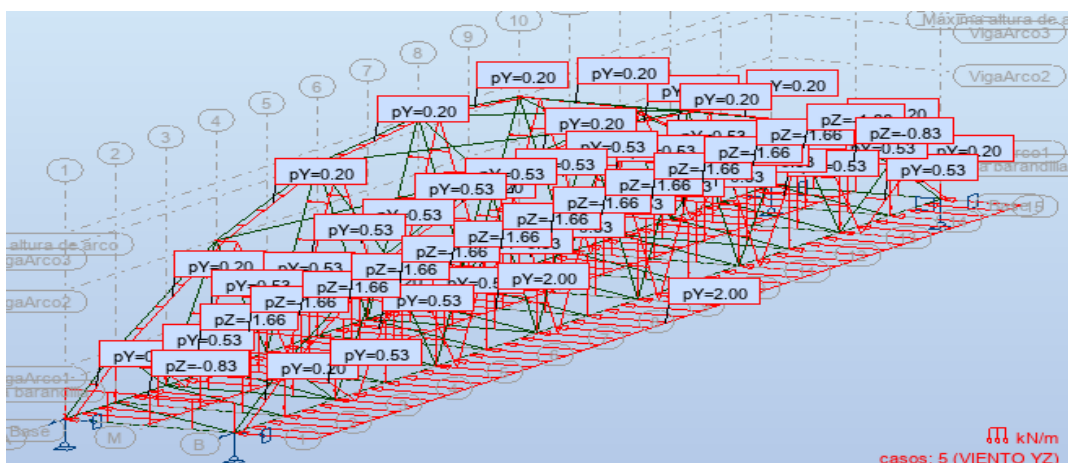
### 11.5.5. VIENTO

Los empujes del viento que se han calculado anteriormente en el apartado 9.3.2. “viento” se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 11.26. Cargas de viento. Fuente: propia**

| Elemento            | Dirección | Fuerza [KN/m] |
|---------------------|-----------|---------------|
| Tablero             | Y         | 2             |
| Vigas extremas      | -Z        | 0,83          |
| Vigas intermedias   | -Z        | 1,66          |
| Arco                | Y         | 0,197         |
| Péndolas            | Y         | 0,53          |
| Vigas transversales | X         | 0,55          |

Como se indica en el subapartado 9.2.2.4. “Dirección del viento”, el viento en la dirección Y puede ir acompañado con el viento en la dirección Z, de ahí que en la siguiente imagen se haya aplicado simultáneamente el viento transversal y vertical.



**Figura 11.16. Carga de viento transversal y vertical (yz). Fuente: Propia**

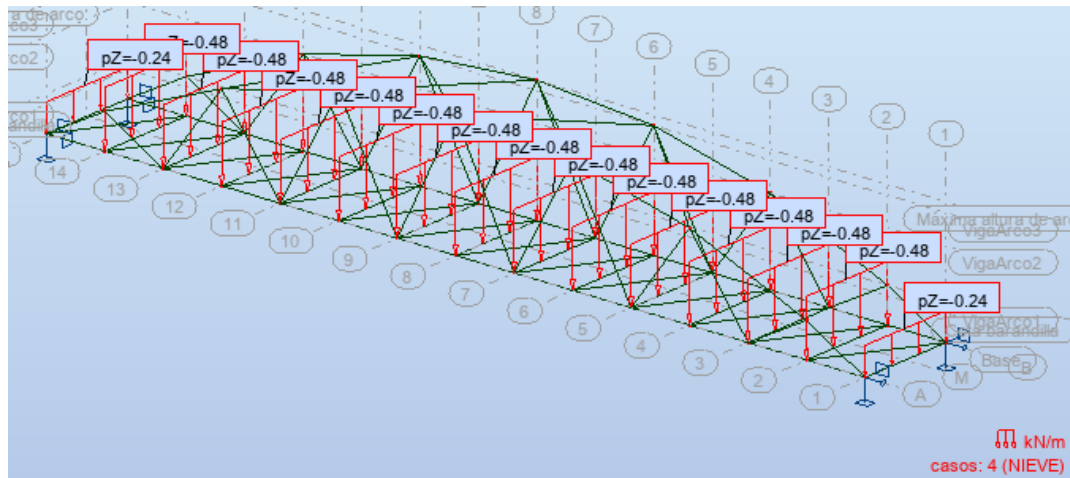


Se ha considerado acciones térmicas que afectan tanto al tablero como a las barras que conforman los arcos de la pasarela.



### 11.5.7. NIEVE

Las cargas de viento calculadas anteriormente se aplican sobre las vigas transversales, obteniendo la siguiente imagen:



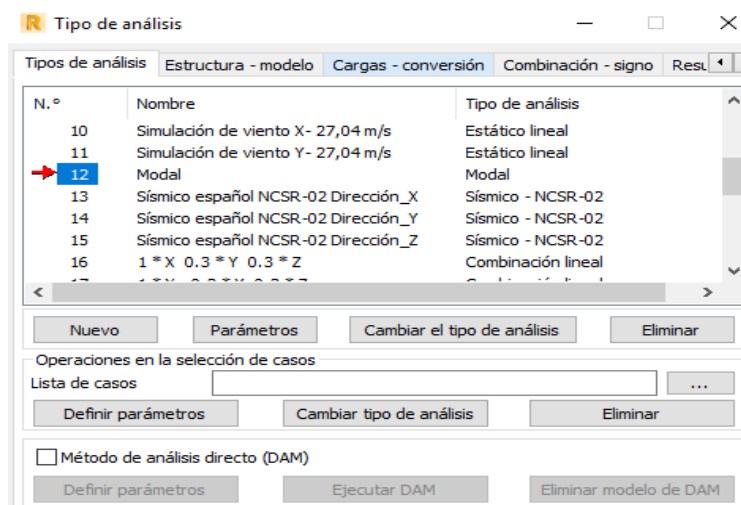
**Figura 11.20. Carga de nieve. Fuente: Propia**

### 11.5.8. SISMO

Para la definición de cargas sísmicas en Robot, se ha de determinar primero un análisis modal que servirá como base de cálculo del análisis sísmico.

Un análisis modal de una estructura tiene como objetivo determinar las frecuencias naturales y modos de vibración de la misma. Por lo tanto, en este proyecto se estudiará el sismo como el fenómeno principal de generación de frecuencias y vibraciones.

La introducción del análisis modal se lleva a cabo desde la pestaña “análisis”, teniendo el siguiente caso de carga.



**Figura 11.21. Tipos de análisis. Fuente: Robot**

Para la determinación de un factor de amortiguamiento necesario para el análisis sísmico, la EAE en su apartado 38.3 “comprobación de vibraciones en puentes y pasarelas”, indica que para los cálculos dinámicos en servicio de puentes de acero se adoptara, salvo justificación específica, un factor de amortiguamiento crítico del 0,2% al 0,4%, que podría llegar a incrementarse hasta un 50 % en caso de puentes mixtos. En este proyecto se ha considera un factor de amortiguamiento de 0,3%.

Se ha considerado también 100 modos de vibraciones en las tres direcciones y 40 iteraciones.

En la matriz de masas se ha seleccionado la opción de “concentradas sin rotación”, es decir, estamos considerando la pasarela como un diafragma flexible en las direcciones x, y, z.

**Parámetros del análisis modal**

Caso: Modal

Parámetros

Número de modos: 100

Tolerancia: 0,0001

Número de iteraciones: 40

Aceleración: 9,80665

Matriz de masas

☐ Coherentes

☐ Concentradas con rotaciones

☒ Concentradas sin rotaciones

Direcciones activas de la masa

☒ X ☒ Y ☒ Z

☐ Ignorar densidad

☐ Verificación de Sturm

Parámetros simplificados <<

Modo de análisis

☒ Modal

☐ Sísmico

☐ Sísmico (pseudomodal)

Tolerancia: 0.01

Método

☐ Iter. en el subespacio por bloques

☒ Iteración en el subespacio

☐ Bloquear algoritmo de Lanczos

☐ Lanczos

☐ Reducción de la base

Definir parámetros

Definición de la base

Límites

☒ Inactivo

☐ Periodo, frecuencia, pulsación

☐ Porcentaje de masas participantes

Definir límites

Parámetros para el análisis sísmico

Amortiguamiento: 0,03

☐ Tener en cuenta el amortiguamiento (según PS92)

**Figura 11.22. Parámetros del análisis modal con itinerancia en el subespacio. Fuente: Robot**

Tras los pasos anteriores, se procede a la definición del caso sísmico repitiendo el proceso anterior y cambiando el tipo de análisis modal a sísmico.

Aunque en este nuevo caso aparezca la Norma de Construcción Sismorresistente en Puentes NCSP-02, se ha tenido en cuenta, para los cálculos la NCSP-07 que es idéntica a la primera y exactamente igual para los parámetros empleados en el cálculo dinámico de este proyecto.

**Definición de un nuevo caso**

Nombre:

Tipo de análisis

- ☐ Modal
- ☐ Modal con definición automática de casos sísmicos
- ☐ Sísmica (Método del esfuerzo lateral equivalente)
- ☒ Sísmico
- ☐ Espectral
- ☐ Armónico
- ☐ Temporal
- ☐ Push over
- ☐ Análisis armónico en el dominio de frecuencia (FRF)
- ☐ Excitación dinámica por pasantes (Footfall)

**Figura 11.23. Definición de caso sísmico. Fuente: Robot**

A continuación, podemos introducir los diferentes coeficientes calculados en el apartado 9.4.1. “acciones sísmicas”, como se aprecia en la siguiente figura:

**Parámetros de la norma española NCSR-02**

Caso:

☐ Caso auxiliar

|                                               |        |                                   |
|-----------------------------------------------|--------|-----------------------------------|
| Acceleración sísmica básica                   | ab/g   | <input type="text" value="0,05"/> |
| Coefficiente de contribución                  | K      | <input type="text" value="1,1"/>  |
| Coefficiente de riesgo                        | $\rho$ | <input type="text" value="1"/>    |
| Coefficiente de terreno                       | C      | <input type="text" value="1"/>    |
| Coefficiente de comportamiento por ductilidad | $\mu$  | <input type="text" value="2"/>    |

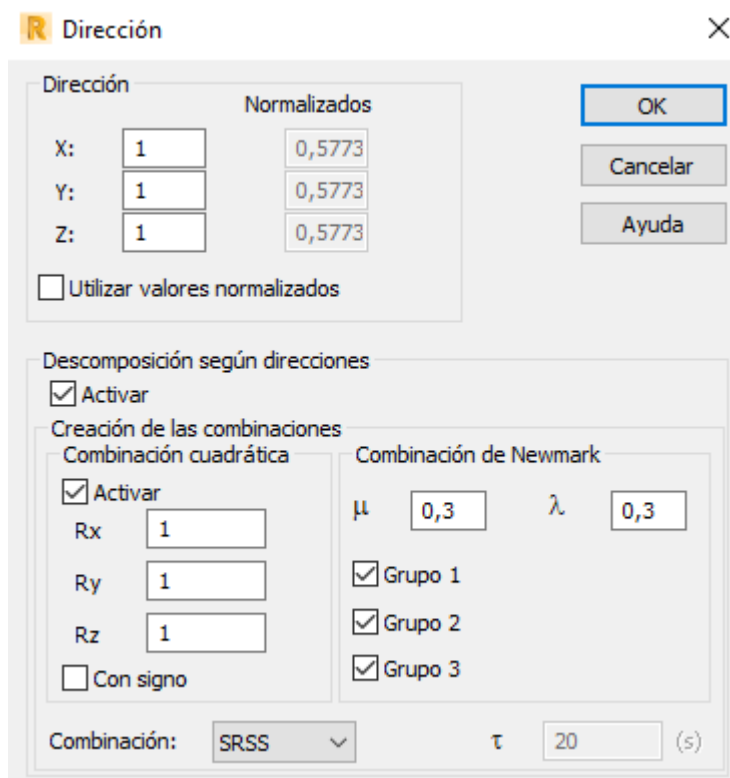
Dirección: ☒ Horizontal ☐ Vertical

Definición de la excentricidad

Definición de la dirección

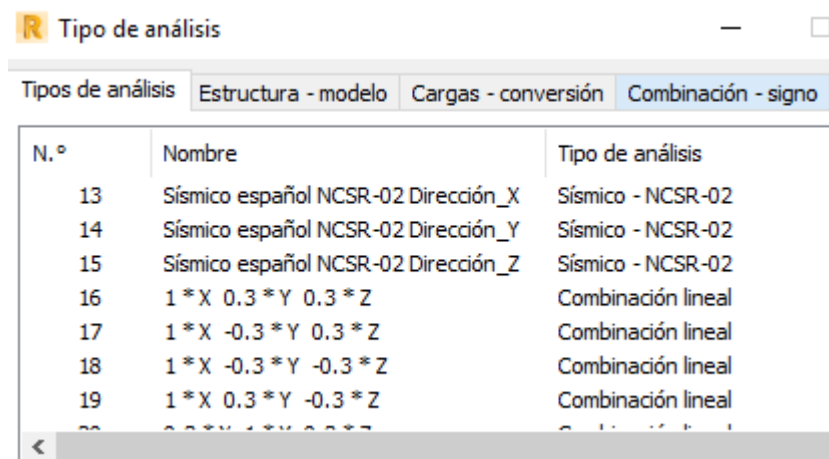
Filtros

**Figura 11.24. Parámetros de la norma española NCSR-07. Fuente: Robot**



**Figura 11.25. Dirección del sismo. Fuente: Robot**

Los casos de carga resultantes de este análisis se muestran en la siguiente imagen:



| N.º | Nombre                            | Tipo de análisis   |
|-----|-----------------------------------|--------------------|
| 13  | Sismo español NCSR-02 Dirección_X | Sismo - NCSR-02    |
| 14  | Sismo español NCSR-02 Dirección_Y | Sismo - NCSR-02    |
| 15  | Sismo español NCSR-02 Dirección_Z | Sismo - NCSR-02    |
| 16  | 1 * X 0.3 * Y 0.3 * Z             | Combinación lineal |
| 17  | 1 * X -0.3 * Y 0.3 * Z            | Combinación lineal |
| 18  | 1 * X -0.3 * Y -0.3 * Z           | Combinación lineal |
| 19  | 1 * X 0.3 * Y -0.3 * Z            | Combinación lineal |
| 20  | 0.3 * X 1 * Y 0.3 * Z             | Combinación lineal |

**Figura 11.26. Algunas cargas sísmicas introducidas en robot. Fuente: Robot**

### 11.5.9. COMBINACIÓN DE ACCIONES EN ROBOT

El programa ofrece la posibilidad de poder introducir manualmente las combinaciones de acciones según los casos de cargas contemplados, pero también existe la posibilidad de una combinación automática de acciones. Ambas posibilidades se rigen por normas que el programa trae por defecto (CTE DB-SE:2006, EN 1990:2002 y EHE99), de los cuales no se

contempla la IAP-11, empleada para el cálculo de acciones en la estructura. Por lo tanto, se introducirá manualmente las combinaciones de acciones.

Combinaciones según norma

Combinaciones según la norma: EHE99

Ausente/Eliminar

Combinaciones automáticas completas

Combinaciones automáticas simplificadas...

Combinaciones manuales - generación

Número de combinaciones estimado: 334

Generación automática de todas las combinaciones. Los tipos de combinaciones (ELU, ELS, ACC) se agrupan en casos complejos con componentes conteniendo las combinaciones sucesivas. Funciona sólo para los casos lineales. En necesario efectuar los cálculos. Se generan también casos de envolvente de combinación (+/-).

OK

Cancelar

Ayuda

Más >

Figura 11.27. Número de combinaciones automáticas completas. Fuente: Robot

Code: IAP-11

Version: 32.0

|   | Nature      | Subnature | $\gamma_{\max}$ | $\gamma_{\min}$ | $\gamma_s$ | $\gamma_a$ | $\Psi_{0,1}$ | $\Psi_{0,2}$ | $\Psi_{0,3}$ | $\Psi_{0,n}$ | $\Psi_1$ | $\Psi_{2,1}$ | $\Psi_{2,n}$ | $\Psi_K$ | $\xi_l$ | $\xi_z$ |
|---|-------------|-----------|-----------------|-----------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|----------|---------|---------|
| 1 | Dead        |           | 1.35            | 1               | 1          | 1          |              |              |              |              |          |              |              |          |         |         |
| 2 | Live        |           | 1.5             |                 | 1          |            | 0.4          |              |              |              | 0.4      |              |              |          |         |         |
| 3 | Wind        |           | 1.5             |                 | 1          |            | 0.3          |              |              |              | 0.2      |              |              |          |         |         |
| 4 | Snow        |           | 1.5             |                 | 1          |            | 0.8          |              |              |              |          |              |              |          |         |         |
| 5 | Temperature |           | 1.5             |                 | 1          |            | 0.6          |              |              |              | 0.5      |              |              |          |         |         |
| 6 | Accidental  |           |                 |                 |            | 1          |              |              |              |              |          |              |              |          |         |         |
| 7 | Seismic     |           |                 |                 |            | 1          |              |              |              |              |          |              |              |          |         |         |
| 8 |             |           |                 |                 |            |            |              |              |              |              |          |              |              |          |         |         |

|   |     | Combination type | User-defined type | Loads                                                                                                   |                                                                                              |            |
|---|-----|------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|   |     |                  |                   | Dead                                                                                                    | Live                                                                                         | Accidental |
| 1 | ULS | STD              |                   | (4)<br>$\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \begin{cases} \gamma_{\max}^{(i)} \\ \gamma_{\min}^{(i)} \end{cases}$ | (19)<br>$Q_i \cdot \gamma_i + \sum_{j \geq 1, i \neq j} Q_j \cdot \gamma_j \cdot \Psi_{0,1}$ | (0)<br>—   |
| 2 | SLS | RAR              |                   | (1)<br>$\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \gamma_s^{(i)}$                                                       | (21)<br>$Q_i + \sum_{j \geq 1, i \neq j} Q_j \cdot \Psi_{0,1}$                               | (0)<br>—   |
| 3 | SLS | FRE              |                   | (2)<br>$\sum_{i \geq 1} G_i \cdot \gamma_{\max}^{(i)}$                                                  | (20)<br>$Q_i \cdot \Psi_1 + \sum_{j \geq 1, i \neq j} Q_j \cdot \Psi_{2,1}$                  | (0)<br>—   |

Figura 11.28. Valores de Número de combinaciones automáticas completas. Fuente: Robot

### R Combinaciones según norma IAP-11

Casos Combinaciones Grupos Relaciones

Coef. multiplicador para la nieve

Combinaciones calculadas según los modelos seleccionados:

|                                         |                                         |                       |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> ELU | <input checked="" type="checkbox"/> ELU | estándar              |
| <input type="checkbox"/> ELS            | <input type="checkbox"/> ELS            | característica (CHR)  |
| <input type="checkbox"/> ACC            | <input checked="" type="checkbox"/> ELS | frecuente (FRE)       |
| <input type="checkbox"/> ESP            | <input type="checkbox"/> ELS            | casi permanente (QPR) |
|                                         | <input type="checkbox"/> ACC            | accidental            |
|                                         | <input checked="" type="checkbox"/> ACC | sísmica               |

Figura 11.29. Combinaciones consideradas. Fuente: Robot

### R Combinaciones según norma IAP-11

Casos Combinaciones Grupos Relaciones

Naturaleza: permanente

Casos del grupo: 1

Formar un grupo de casos:

Operador

☒ y

☐ o (incl.)

☐ o (excl.)

3: BARANDILLA

> <

>> <<

Figura 11.30. Grupos creados según la naturaleza de la carga. Fuente: Robot

Casos Combinaciones Grupos Relaciones

Naturaleza: permanente

Grupos:

G1(y): 3

G2(y): 1

G3(y): 2

Relaciones: Eliminar

G1 y G3 y G1

Eliminar todo

Operador

☒ y

☐ o (incl.)

☐ o (excl.)

> <

>> <<

( )

( )

Completas

Simplificadas

< Precedente

Nota

Ayuda

Generar

Figura 11.31. Relaciones según carga. Fuente: Robot

***Lista de las relaciones definidas:***

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| permanente:  | G1 y G3 y G1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| explotación: | Q1 o (excl.) Q10 o (excl.) Q11 o (excl.) Q12 o (excl.) Q13 o (excl.) Q14 o (excl.) Q15 o (excl.) Q16 o (excl.) Q17 o (excl.) Q18 o (excl.) Q19 o (excl.) Q2 o (excl.) Q20 o (excl.) Q21 o (excl.) Q22 o (excl.) Q23 o (excl.) Q24 o (excl.) Q25 o (excl.) Q26 o (excl.) Q27 o (excl.) Q28 o (excl.) Q29 o (excl.) Q30 o (excl.) Q31 o (excl.) Q4 o (excl.) Q5 o (excl.) Q6 o (excl.) Q7 o (excl.) Q8 o (excl.) Q9 |
| viento:      | W1 o (excl.) W3 o (excl.) W5 o (excl.) W6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| nieve:       | S1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| temperatura: | T1 o (excl.) T2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| sísmica:     | E1 o (excl.) E10 o (excl.) E11 o (excl.) E12 o (excl.) E13 o (excl.) E14 o (excl.) E15 o (excl.) E16 o (excl.) E2 o (excl.) E3 o (excl.) E4 o (excl.) E5 o (excl.) E6 o (excl.) E7 o (excl.) E8 o (excl.) E9                                                                                                                                                                                                      |

**Figura 11.32. Lista de las relaciones definidas. Fuente: Robot**

Como se aprecia en la figura anterior, las cargas permanentes pueden actuar todas al mismo tiempo, mientras que las sobrecargas o de explotación es muy poco probable que todas sucedan al mismo tiempo. Por esa razón, las relaciones de grupos de cargas permanentes han sido introducidas con un operador “y” mientras que las sobrecargas podrán combinarse de forma independiente con un operador “o (excl.)”.

## **11.6. ANÁLISIS ESTÁTICO**

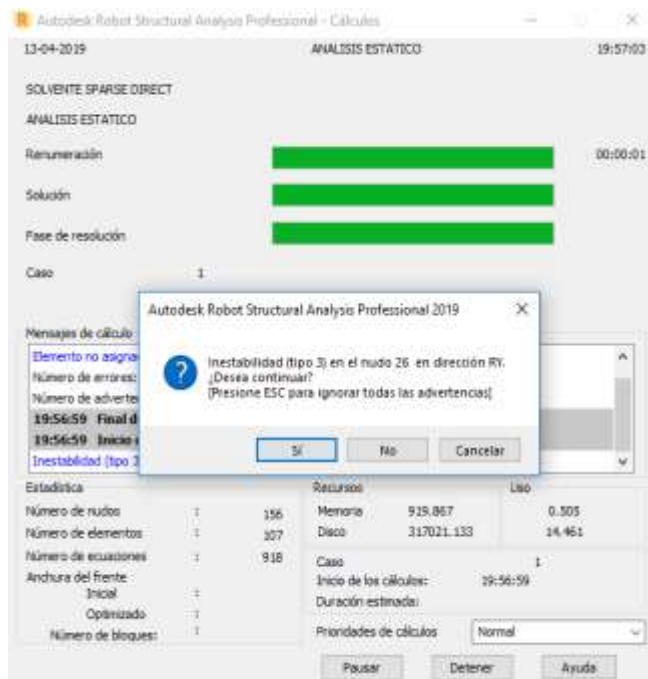
Una vez introducidas todas las cargas anteriores y establecido todas las combinaciones de cargas, se procede a calcular la estructura.

Es importante señalar que el programa Robot Structural Analysis presenta principalmente 3 tipos de inestabilidades en el cálculo de estructura.

- *Inestabilidad tipo 1.* Hay un elemento de valor cero en la diagonal de la matriz de rigidez.
- *Inestabilidad tipo 2.* Hay un elemento de valor cero en la diagonal de la matriz de rigidez invertida.
- *Inestabilidad tipo 3.* La relación entre los valores máximos y mínimos en la diagonal de la matriz de rigidez invertida es sospechosamente alta.

Las inestabilidades tipo 1 o 2 implican que los resultados son erróneos y por tanto hay que corregir el modelo. Por lo contrario, la inestabilidad tipo 3 puede ser ignorada en el 98% de los casos puesto que no implica error, pero es recomendable revisar el modelo.

En este proyecto disponemos de una inestabilidad tipo 3 en el nudo 26 en la dirección RY que ha sido revisada pero que no se ha podido corregir, procediendo así al cálculo de la estructura ignorando dicha inestabilidad, como se aprecia en la siguiente figura.



**Figura 11.33. Cálculo de la estructura. Fuente: Robot**

## 11.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COMPROBACIONES

### 11.7.1. COMPROBACIÓN DE LOS PERFILES ESTRUCTURALES

Tras la introducción de casos de cargas y combinaciones de acciones en Robot, se procede al cálculo de la estructura y posteriormente a la comprobación de los perfiles empleados para verificar si cumplen con los estados límites introducidos.



**Figura 11.34. Temperatura de contracción en tablero y arcos. Fuente: Propia**

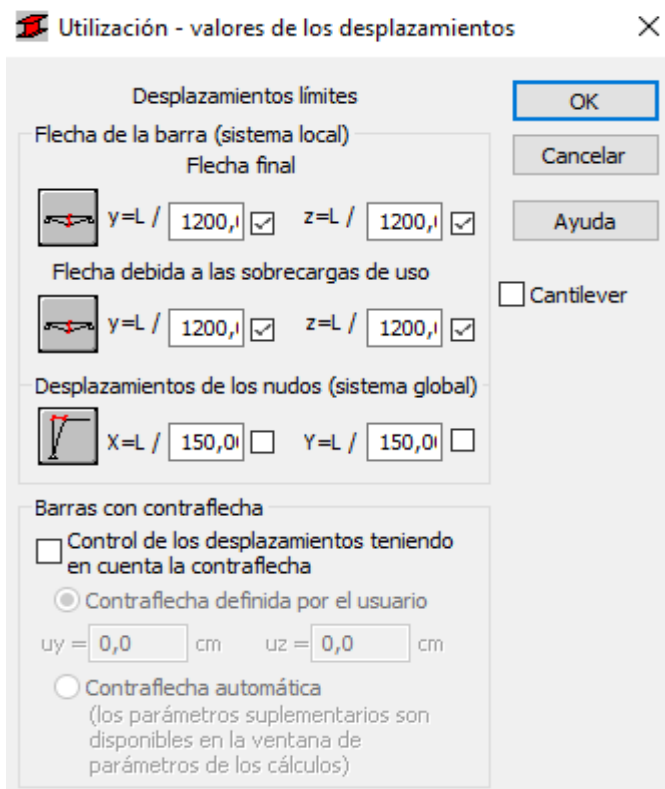


Figura 11.35. Desplazamientos límites de las barras. Fuente: Robot

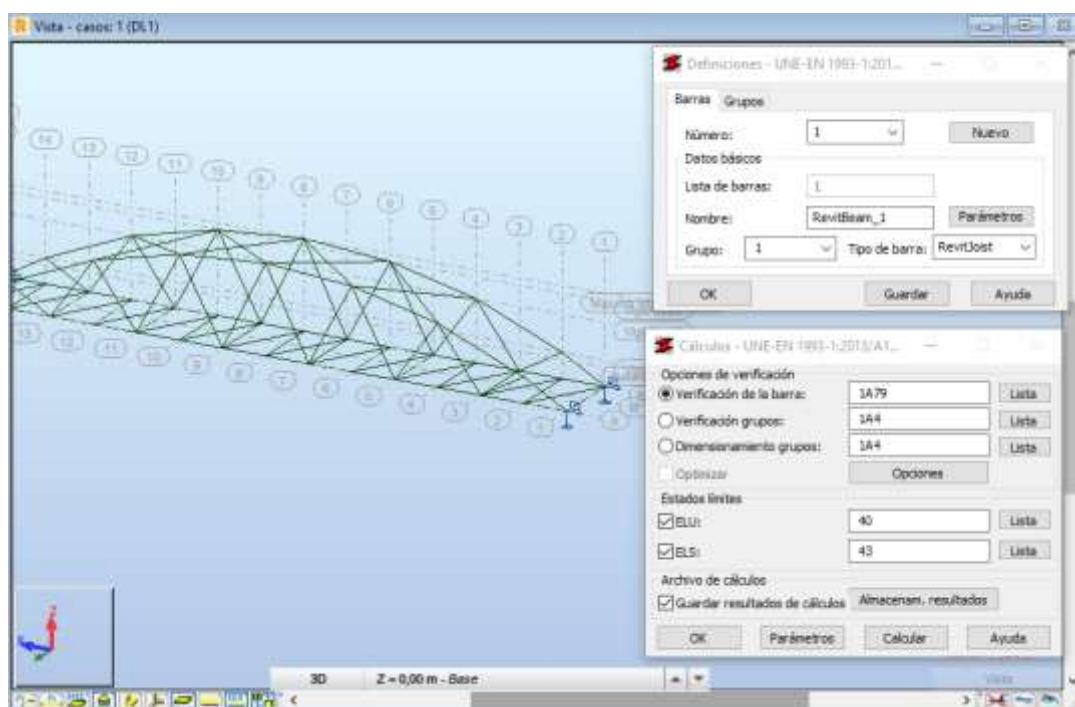


Figura 11.36. Dimensionamiento y cálculo de barras de acero. Fuente: Robot

Tabla 11.27. Verificación de los perfiles de la estructura. Fuente: Robot. Parte 1/2

| Barra                | Perfil         | Material | Lay    | Laz    | Solicit. | Caso         | Ratio(uy) | Caso (uy)       | Ratio(uz) | Caso (uz)   |
|----------------------|----------------|----------|--------|--------|----------|--------------|-----------|-----------------|-----------|-------------|
| 1 RevitBeam 1        | OK CHS 660x32  | S 355    | 188.92 | 188.92 | 0.30     | 40 ELU /67/  | 0.01      | 43 ELS /13/     | 0.34      | 43 ELS /11/ |
| 2 RevitBeam 2        | OK TRON 457x10 | S 355    | 21.80  | 21.80  | 0.15     | 40 ELU /69/  | 0.00      | 0.2*39 + 0.5*66 | 0.00      | 43 ELS /15/ |
| 3 RevitBeam 3        | OK TRON 457x10 | S 355    | 41.00  | 41.00  | 0.18     | 40 ELU /69/  | 0.00      | 43 ELS /13/     | 0.00      | 43 ELS /15/ |
| 4 RevitBeam 4        | OK TRON 457x10 | S 355    | 38.97  | 38.97  | 0.16     | 40 ELU /77/  | 0.00      | 0.2*39 + 0.5*66 | 0.00      | 43 ELS /15/ |
| 5 RevitBeam 5        | OK TRON 457x10 | S 355    | 38.07  | 38.07  | 0.17     | 40 ELU /77/  | 0.00      | 0.2*39 + 0.5*66 | 0.00      | 43 ELS /14/ |
| 6 RevitBeam 6        | OK TRON 457x10 | S 355    | 38.07  | 38.07  | 0.17     | 40 ELU /93/  | 0.00      | 43 ELS /13/     | 0.00      | 43 ELS /10/ |
| 7 RevitBeam 7        | OK TRON 457x10 | S 355    | 38.97  | 38.97  | 0.17     | 40 ELU /69/  | 0.00      | 43 ELS /11/     | 0.00      | 43 ELS /13/ |
| 8 RevitBeam 8        | OK TRON 457x10 | S 355    | 41.00  | 41.00  | 0.19     | 40 ELU /69/  | 0.00      | 43 ELS /13/     | 0.00      | 43 ELS /11/ |
| 9 RevitBeam 9        | OK TRON 457x10 | S 355    | 21.80  | 21.80  | 0.16     | 40 ELU /69/  | 0.00      | 43 ELS /10/     | 0.00      | 43 ELS /12/ |
| 10 RevitColGravity 1 | OK TRON 355x8  | S 355    | 28.03  | 28.03  | 0.04     | 40 ELU /69/  | 0.01      | 43 ELS /10/     | 0.06      | 0.6*66      |
| 11 RevitColGravity 1 | OK TRON 355x8  | S 355    | 41.63  | 41.63  | 0.13     | 40 ELU /211/ | 0.20      | 43 ELS /13/     | 0.07      | 43 ELS /14/ |
| 12 RevitColGravity 1 | OK TRON 355x8  | S 355    | 41.63  | 41.63  | 0.14     | 40 ELU /93/  | 0.23      | 43 ELS /13/     | 0.03      | 43 ELS /14/ |
| 13 RevitColGravity 1 | OK TRON 355x8  | S 355    | 51.28  | 51.28  | 0.07     | 40 ELU /69/  | 0.21      | 43 ELS /10/     | 0.02      | 43 ELS /15/ |
| 14 RevitColGravity 1 | OK TRON 355x8  | S 355    | 51.28  | 51.28  | 0.06     | 40 ELU /69/  | 0.19      | 43 ELS /10/     | 0.02      | 43 ELS /14/ |
| 15 RevitColGravity 1 | OK TRON 355x8  | S 355    | 54.57  | 54.57  | 0.10     | 40 ELU /53/  | 0.27      | 0.2*5 + 0.5*66  | 0.02      | 43 ELS /14/ |
| 16 RevitColGravity 1 | OK TRON 355x8  | S 355    | 54.57  | 54.57  | 0.11     | 40 ELU /53/  | 0.28      | 43 ELS /8/      | 0.02      | 43 ELS /14/ |
| 17 RevitColGravity 1 | OK TRON 355x8  | S 355    | 51.28  | 51.28  | 0.05     | 40 ELU /93/  | 0.16      | 43 ELS /13/     | 0.02      | 43 ELS /11/ |
| 18 RevitColGravity 1 | OK TRON 355x8  | S 355    | 51.28  | 51.28  | 0.07     | 40 ELU /93/  | 0.21      | 43 ELS /13/     | 0.02      | 43 ELS /15/ |
| 19 RevitColGravity 1 | OK TRON 355x8  | S 355    | 41.63  | 41.63  | 0.25     | 40 ELU /69/  | 0.30      | 43 ELS /10/     | 0.03      | 43 ELS /14/ |
| 20 RevitColGravity 2 | OK TRON 355x8  | S 355    | 41.63  | 41.63  | 0.19     | 40 ELU /69/  | 0.25      | 43 ELS /10/     | 0.07      | 43 ELS /14/ |
| 21 RevitColGravity 2 | OK TRON 355x8  | S 355    | 28.03  | 28.03  | 0.04     | 40 ELU /69/  | 0.01      | 43 ELS /10/     | 0.06      | 0.6*66      |
| 22 RevitBeam 22      | OK CHS 660x32  | S 355    | 188.92 | 188.92 | 0.37     | 40 ELU /91/  | 0.01      | 43 ELS /13/     | 0.34      | 43 ELS /8/  |
| 23 RevitBeam 23      | OK TRON 457x10 | S 355    | 21.80  | 21.80  | 0.15     | 40 ELU /93/  | 0.00      | 43 ELS /10/     | 0.00      | 43 ELS /15/ |
| 24 RevitBeam 24      | OK TRON 457x10 | S 355    | 41.00  | 41.00  | 0.18     | 40 ELU /93/  | 0.00      | 0.2*5 + 0.5*66  | 0.00      | 43 ELS /15/ |
| 25 RevitBeam 25      | OK TRON 457x10 | S 355    | 38.97  | 38.97  | 0.16     | 40 ELU /69/  | 0.00      | 43 ELS /10/     | 0.00      | 43 ELS /8/  |
| 26 RevitBeam 26      | OK TRON 457x10 | S 355    | 38.07  | 38.07  | 0.17     | 40 ELU /69/  | 0.00      | 43 ELS /8/      | 0.00      | 43 ELS /15/ |
| 27 RevitBeam 27      | OK TRON 457x10 | S 355    | 38.07  | 38.07  | 0.17     | 40 ELU /53/  | 0.00      | 43 ELS /13/     | 0.00      | 43 ELS /10/ |
| 28 RevitBeam 28      | OK TRON 457x10 | S 355    | 38.97  | 38.97  | 0.17     | 40 ELU /77/  | 0.00      | 43 ELS /8/      | 0.00      | 43 ELS /8/  |
| 29 RevitBeam 29      | OK TRON 457x10 | S 355    | 41.00  | 41.00  | 0.19     | 40 ELU /93/  | 0.00      | 0.2*39 + 0.5*67 | 0.00      | 43 ELS /10/ |
| 30 RevitBeam 30      | OK TRON 457x10 | S 355    | 21.80  | 21.80  | 0.16     | 40 ELU /93/  | 0.00      | 0.2*39 + 0.5*66 | 0.00      | 43 ELS /8/  |
| 31 RevitColGravity 3 | OK TRON 355x8  | S 355    | 28.03  | 28.03  | 0.04     | 40 ELU /93/  | 0.01      | 43 ELS /10/     | 0.06      | 0.6*66      |
| 32 RevitColGravity 3 | OK TRON 355x8  | S 355    | 41.63  | 41.63  | 0.11     | 40 ELU /232/ | 0.19      | 43 ELS /13/     | 0.07      | 43 ELS /14/ |
| 33 RevitColGravity 3 | OK TRON 355x8  | S 355    | 41.63  | 41.63  | 0.14     | 40 ELU /93/  | 0.23      | 43 ELS /13/     | 0.03      | 43 ELS /14/ |
| 34 RevitColGravity 3 | OK TRON 355x8  | S 355    | 51.28  | 51.28  | 0.07     | 40 ELU /69/  | 0.21      | 43 ELS /10/     | 0.02      | 43 ELS /15/ |
| 35 RevitColGravity 3 | OK TRON 355x8  | S 355    | 51.28  | 51.28  | 0.06     | 40 ELU /69/  | 0.18      | 43 ELS /10/     | 0.02      | 43 ELS /14/ |
| 36 RevitColGravity 3 | OK TRON 355x8  | S 355    | 54.57  | 54.57  | 0.10     | 40 ELU /77/  | 0.27      | 43 ELS /11/     | 0.02      | 43 ELS /8/  |
| 37 RevitColGravity 3 | OK TRON 355x8  | S 355    | 54.57  | 54.57  | 0.11     | 40 ELU /77/  | 0.28      | 0.2*39 + 0.5*66 | 0.02      | 43 ELS /14/ |
| 38 RevitColGravity 3 | OK TRON 355x8  | S 355    | 51.28  | 51.28  | 0.05     | 40 ELU /93/  | 0.16      | 43 ELS /13/     | 0.02      | 43 ELS /8/  |

Tabla 11.28. Verificación de los perfiles de la estructura. Fuente: Robot. Parte 2/2

| Barra                | Perfil      | Material | Lay   | Laz   | Solicit. | Caso        | Ratio(uy) | Caso (uy)       | Ratio(uz) | Caso (uz)       |
|----------------------|-------------|----------|-------|-------|----------|-------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| 39 RevitColGravity 3 | TRON 355x8  | S 355    | 51.28 | 51.28 | 0.07     | 40 ELU /93/ | 0.21      | 43 ELS /13/     | 0.02      | 43 ELS /15/     |
| 40 RevitColGravity 4 | TRON 355x8  | S 355    | 41.63 | 41.63 | 0.25     | 40 ELU /69/ | 0.30      | 43 ELS /10/     | 0.03      | 43 ELS /14/     |
| 41 RevitColGravity 4 | TRON 355x8  | S 355    | 41.63 | 41.63 | 0.19     | 40 ELU /69/ | 0.25      | 43 ELS /10/     | 0.07      | 43 ELS /14/     |
| 42 RevitColGravity 4 | TRON 355x8  | S 355    | 28.03 | 28.03 | 0.04     | 40 ELU /93/ | 0.01      | 0.2*39 + 0.5*66 | 0.06      | 0.6*66          |
| 43 RevitBracing 43   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.81     | 40 ELU /53/ | 0.00      | 43 ELS /10/     | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 44 RevitBracing 44   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.71     | 40 ELU /53/ | 0.00      | 43 ELS /13/     | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 45 RevitBracing 45   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.59     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 43 ELS /15/     | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 46 RevitBracing 46   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.44     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 43 ELS /11/     | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 47 RevitBracing 47   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.34     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 43 ELS /15/     | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 48 RevitBracing 48   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.33     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 0.6*66          | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 49 RevitBracing 49   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.35     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 43 ELS /15/     | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 50 RevitBracing 50   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.37     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 0.2*5 + 0.5*66  | 0.00      | 0.2*5 + 0.5*66  |
| 51 RevitBracing 51   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.39     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 43 ELS /15/     | 0.00      | 43 ELS /13/     |
| 52 RevitBracing 52   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.39     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 43 ELS /10/     | 0.00      | 43 ELS /13/     |
| 53 RevitBracing 53   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.31     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 43 ELS /15/     | 0.00      | 43 ELS /13/     |
| 54 RevitBracing 54   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.19     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 43 ELS /10/     | 0.00      | 43 ELS /13/     |
| 55 RevitBracing 55   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.08     | 40 ELU /53/ | 0.00      | 43 ELS /10/     | 0.00      | 43 ELS /13/     |
| 56 RevitBracing 56   | SHSH 150x15 | S 275    | 99.76 | 99.76 | 0.04     | 40 ELU /53/ | 0.00      | 43 ELS /15/     | 0.00      | 43 ELS /11/     |
| 57 RevitBracing 57   | TRON 355x8  | S 355    | 63.64 | 63.64 | 0.01     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 43 ELS /10/     | 0.00      | 0.2*39 + 0.5*66 |
| 58 RevitBracing 58   | TRON 355x8  | S 355    | 63.64 | 63.64 | 0.01     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 43 ELS /8/      | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 59 RevitBracing 59   | TRON 355x8  | S 355    | 63.64 | 63.64 | 0.02     | 40 ELU /69/ | 0.00      | 0.2*39          | 0.00      | 43 ELS /11/     |
| 60 RevitBracing 60   | TRON 355x8  | S 355    | 63.64 | 63.64 | 0.02     | 40 ELU /91/ | 0.00      | 43 ELS /10/     | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 61 RevitBracing 61   | TRON 355x8  | S 355    | 64.59 | 64.59 | 0.04     | 40 ELU /91/ | 0.00      | 43 ELS /8/      | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 62 RevitBracing 62   | TRON 355x8  | S 355    | 64.59 | 64.59 | 0.04     | 40 ELU /69/ | 0.00      | 43 ELS /13/     | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 63 RevitBracing 63   | TRON 355x8  | S 355    | 64.55 | 64.55 | 0.03     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 43 ELS /13/     | 0.00      | 43 ELS /11/     |
| 64 RevitBracing 64   | TRON 355x8  | S 355    | 64.55 | 64.55 | 0.03     | 40 ELU /67/ | 0.00      | 43 ELS /10/     | 0.00      | 43 ELS /8/      |
| 65 RevitJoist 65     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.04     | 40 ELU /53/ | 0.00      | 0.2*37 + 0.5*67 | 0.21      | 43 ELS /8/      |
| 66 RevitJoist 66     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.15     | 40 ELU /97/ | 0.00      | 0.2*37 + 0.5*66 | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 67 RevitJoist 67     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.15     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 0.2*38 + 0.5*66 | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 68 RevitJoist 68     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.13     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 43 ELS /4/      | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 69 RevitJoist 69     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.12     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 0.2*38 + 0.5*67 | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 70 RevitJoist 70     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.12     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 43 ELS /5/      | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 71 RevitJoist 71     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.12     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 0.2*37 + 0.5*66 | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 72 RevitJoist 72     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.12     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 43 ELS /1/      | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 73 RevitJoist 73     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.12     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 0.2*38 + 0.5*67 | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 74 RevitJoist 74     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.12     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 0.2*38 + 0.5*66 | 0.41      | 43 ELS /10/     |
| 75 RevitJoist 75     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.12     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 43 ELS /4/      | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 76 RevitJoist 76     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.11     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 43 ELS /4/      | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 77 RevitJoist 77     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.10     | 40 ELU /93/ | 0.00      | 0.2*37 + 0.5*66 | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 78 RevitJoist 78     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.09     | 40 ELU /97/ | 0.00      | 43 ELS /1/      | 0.41      | 43 ELS /8/      |
| 79 RevitJoist 79     | TCAR 350x12 | S 355    | 36.51 | 36.51 | 0.05     | 40 ELU /97/ | 0.00      | 0.2*37 + 0.5*66 | 0.21      | 43 ELS /8/      |

Como se puede apreciar en esta tabla 14.1, todos los perfiles cumplen (color verde) con los estados límites, donde la barra 43 es la más solicitada por el ELU.

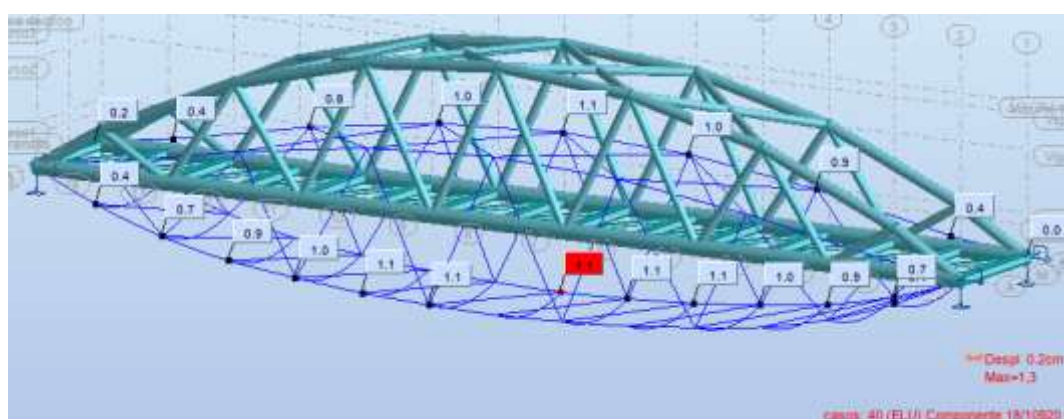
### 11.7.2. DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA SEGÚN LOS ESTADOS LÍMITES

Como se ha determinado anteriormente en el apartado 9.2.2. “VIENTO” de este proyecto, la deformación o flecha máxima de la estructura está limitada por  $L/1200$ , siendo  $L$  la longitud de la pasarela en mm. Esta limitación siempre tiene que ser mayor que las deformaciones resultantes del cálculo de los estados límites.

$$\frac{L}{1200} = \frac{42}{1200} = 0,035 \text{ m} = 35 \text{ mm}$$

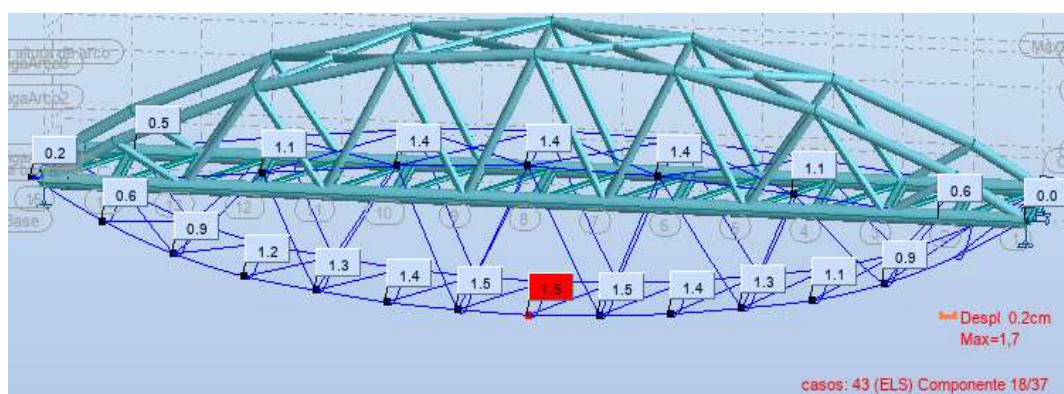
Este valor de flecha es superior a los valores máximos de desplazamientos en ELU (13mm de desplazamiento máximo) y ELS (17mm de desplazamiento máximo) como se puede comprobar en los siguientes apartados.

#### 11.7.2.1. ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (ELU)



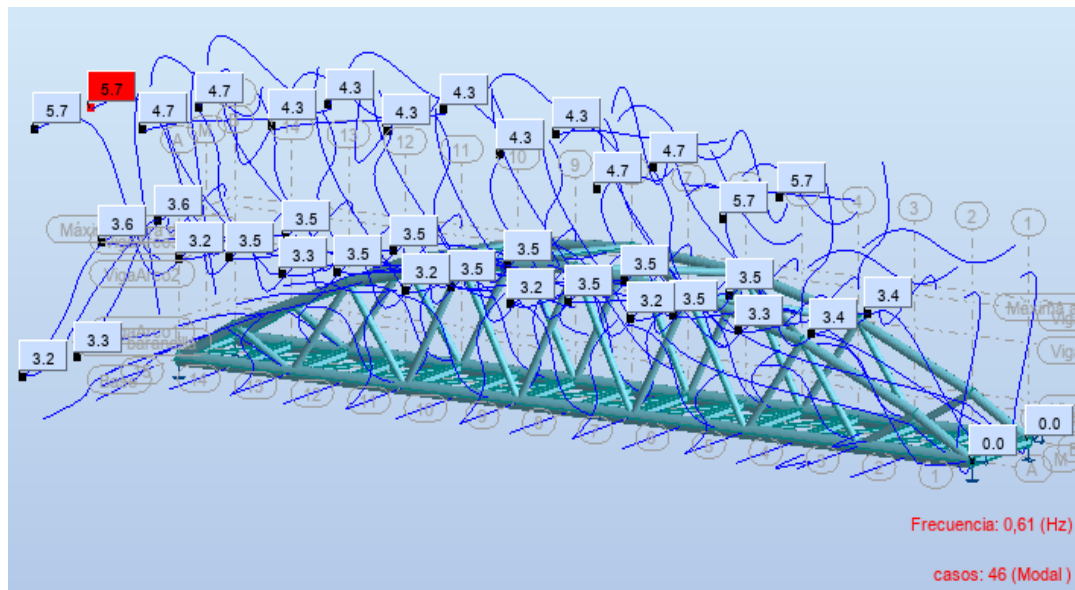
**Figura 11.37. Deformación según el ELU. Fuente: Robot**

#### 11.7.2.2. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO (ELS)



**Figura 11.38. Deformación según el ELS. Fuente: Robot**

### 11.7.2.3. VIBRACIONES



**Figura 11.39. Temperatura de contracción en tablero y arcos. Fuente: Propia**

### 11.7.3. COMPROBACIÓN DE ALGUNAS BARRAS MÁS DESFAVORABLES.

En este apartado nos enfocaremos a mostrar el procedimiento de la comprobación de la resistencia y estabilidad de algunas de las barras más solicitadas como cajones longitudinales, viguetas transversales y las que conforman el arco. Para dicha comprobación emplearemos principalmente la Instrucción de Acero Estructural EAE y nos apoyaremos también en el DBSE-AE.

#### 11.7.3.1. CAJONES LONGITUDINALES.

Los cajones longitudinales son dos de tipo CHS (barra 1 y 22), que conforman el ancho del tablero. La más desfavorable tiene una solicitación de 37% (barra 22), por lo que será la que condicione la verificación de los estados límites, ya que, si éstos se verifican, implícitamente se estaría verificando también la barra menos solicitada.

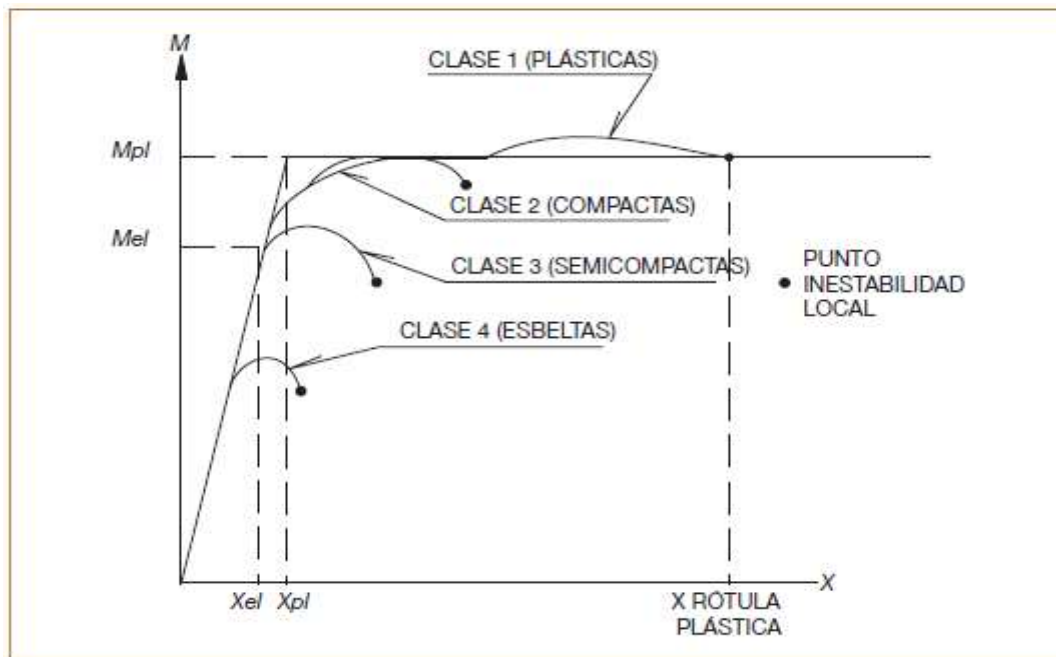
#### ❖ Clasificación de la sección

La clasificación de la sección de una barra de acero lo determina el artículo 20 de la EAE “Clasificación de las secciones transversales”.

Las secciones se pueden clasificar en:

- *Secciones de clase 1 (plásticas)* son secciones que alcanzan su capacidad plástica sin abolladuras en sus zonas comprimidas, y que en un análisis global plástico no requieren la reducción de la sección.

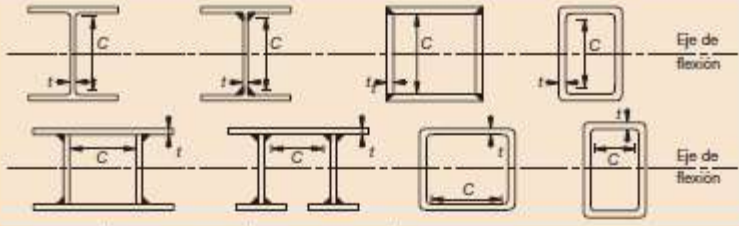
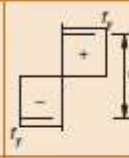
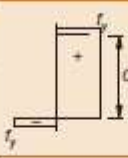
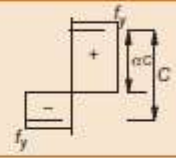
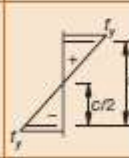
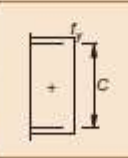
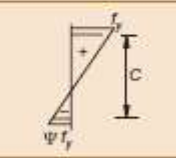
- *Sección de clase 2 (compactas)* son aquellas que pueden alcanzar su momento resistente plástico, pero en las que los fenómenos de abolladura limitan su capacidad de rotación por debajo de las exigencias de aplicabilidad del análisis global.
- *Sección de clase 3 (semicompactas)* son secciones en las que la tensión en la fibra más comprimida, estimada a partir de una distribución elástica de tensiones, puede alcanzar el límite elástico del acero, pero en la que los fenómenos de abolladura impiden garantizar la deformación necesaria para alcanzar el momento resistente plástico de la selección.
- *Selecciones de clase 4 (esbeltas)* son aquellas en las que los fenómenos de abolladura limitan incluso el desarrollo de su capacidad resistente elástica, no llegando a alcanzarse el límite elástico del acero en la fibra más comprimida.



**Figura 11.40. Leyes momento-curvatura de secciones transversales de clase 1 a 4.**

**Fuente:** EAE

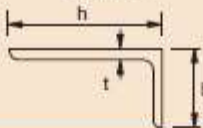
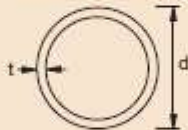
Dado que los perfiles que se están empleando no requieren de rigidizadores longitudinales, la clasificación de las secciones parcial o totalmente comprimidas se lleva a cabo mediante las siguientes tablas.

|  |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                                                                             |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
| Clase                                                                              | Panel flexado                                                                      | Panel comprimido                                                                   | Panel flexocomprimido                                                                                                                       |      |      |      |
| Ley de tensiones en los paneles (compresión +)                                     |   |   |                                                           |      |      |      |
| 1                                                                                  | $\frac{C}{t} \leq 72\epsilon$                                                      | $\frac{C}{t} \leq 33\epsilon$                                                      | Cuando $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$<br>Cuando $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$      |      |      |      |
| 2                                                                                  | $\frac{C}{t} \leq 83\epsilon$                                                      | $\frac{C}{t} \leq 38\epsilon$                                                      | Cuando $\alpha > 0,5$ : $c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$<br>Cuando $\alpha \leq 0,5$ : $c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$    |      |      |      |
| Ley de tensiones en los paneles (compresión +)                                     |  |  |                                                          |      |      |      |
| 3                                                                                  | $\frac{C}{t} \leq 124\epsilon$                                                     | $\frac{C}{t} \leq 42\epsilon$                                                      | Cuando $\psi > -1$ : $c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$<br>Cuando $\psi \leq -1$ : $c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$ |      |      |      |
| $E = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$                                                       | $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )                                                         | 235                                                                                | 275                                                                                                                                         | 355  | 420  | 460  |
|                                                                                    | $\epsilon$                                                                         | 1,00                                                                               | 0,92                                                                                                                                        | 0,81 | 0,75 | 0,71 |

\*  $\psi \leq -1$  se aplica cuando la deformación en la fibra comprimida es menor que la deformación en la fibra traccionada, pudiendo esta última estar parcialmente plastificada. En este caso,  $\psi$  es la relación algebraica entre la deformación plástica en la fibra traccionada ( $> f_y/E$ ) y la deformación elástica en la fibra comprimida ( $< f_y/E$ ).

**Figura 11.41. Esbelteces máximas para paneles comprimidos interiores (alas y almas).**

**Fuente: EAE**

|                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| <p><b>Angulares</b></p>  <p>Véase también «alas voladas» (tabla 20.3.b)</p> <p>No se aplica a angulares en contacto continuo con otros elementos</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| <b>Clase</b>                                                                                                                                                                                                                          | <b>Sección comprimida</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                            |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| Ley de tensiones en los paneles (compresión +)                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                              |                            |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 3                                                                                                                                                                                                                                     | $h/t \approx 15e : \frac{b+h}{2t} \approx 11,5e$                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                            |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| <p><b>Secciones tubulares</b></p>                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| <b>Clase</b>                                                                                                                                                                                                                          | <b>Sección flexada y/o comprimida</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                            |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                     | $\frac{d}{t} \approx 50e^2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                     | $\frac{d}{t} \approx 70e^2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 3                                                                                                                                                                                                                                     | $\frac{d}{t} \approx 90e^2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| $e = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$                                                                                                                                                                                                          | <table> <tr> <td><math>f_y</math> (N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>235</td> <td>275</td> <td>355</td> <td>420</td> <td>460</td> </tr> <tr> <td><math>e</math></td> <td>1,00</td> <td>0,92</td> <td>0,81</td> <td>0,75</td> <td>0,71</td> </tr> <tr> <td><math>e^2</math></td> <td>1,00</td> <td>0,85</td> <td>0,66</td> <td>0,56</td> <td>0,51</td> </tr> </table> | $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 235  | 275  | 355  | 420 | 460 | $e$ | 1,00 | 0,92 | 0,81 | 0,75 | 0,71 | $e^2$ | 1,00 | 0,85 | 0,66 | 0,56 | 0,51 |
| $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )                                                                                                                                                                                                            | 235                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 275                        | 355  | 420  | 460  |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| $e$                                                                                                                                                                                                                                   | 1,00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,92                       | 0,81 | 0,75 | 0,71 |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
| $e^2$                                                                                                                                                                                                                                 | 1,00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,85                       | 0,66 | 0,56 | 0,51 |     |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |

**Figura 11.42. Esbelteces máximas para casos especiales de paneles comprimidos.**  
**Fuente: EAE**

Con las indicaciones anteriores se puede clasificar la barra 22, cuya resistencia es de 355 MPa. Dicha barra es una CHS tubular, por lo tanto, para la clasificación del ala y el alma se ha de aplicar la anterior figura 11.42.

**Tabla 11.29. Datos de la sección del cajón longitudinal. Fuente: Robot**

| Clase de la sección |       |    |                     |             |
|---------------------|-------|----|---------------------|-------------|
| cf                  | 3.2   | cm | anchura del ala     | (Tabla 5.2) |
| tf                  | 3.2   | cm | espesor del ala     | (Tabla 5.2) |
| cf/tf               | 1.00  |    | esbeltez del ala    | (Tabla 5.2) |
| KLF                 | 1     |    | clase de ala        | (5.5.2)     |
| cw                  | 66.0  | cm | altura del alma     | (Tabla 5.2) |
| tw                  | 3.2   | cm | espesor del alma    | (Tabla 5.2) |
| cw/tw               | 20.63 |    | esbeltez alma       | (Tabla 5.2) |
| KLW                 | 1     |    | clase de alma       | (5.5.2)     |
| KL                  | 1     |    | clase de la sección | (5.5.2)     |

- **Clasificación del ala.**

Para la clasificación del ala hemos de ir comprobando las condiciones de la figura 11.42 de la sección tubular flectada y/o comprimida, por lo tanto.

$$\text{Clase 1} \rightarrow \frac{d}{t_f} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \rightarrow \frac{660}{32} = 20,63 < 50 \cdot 0,66 = 33 \rightarrow \text{Cumple}$$

- **Clasificación del alma.**

$$\text{Clase 1} \rightarrow \frac{d}{t_w} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \rightarrow \frac{660}{32} = 20,63 \leq 50 \cdot 0,66 = 33 \rightarrow \text{Cumple}$$

Puesto que el ala y el alma son de clase 1, implica que la sección tubular del perfil CHS es de clase 1 tal como se puede corroborar en la tabla 11.29

❖ **1.Resistencia de la sección**

La comprobación de la resistencia de la sección se realiza mediante el artículo 34 “Estado límite de resistencia de las secciones” de la EAE. Teniendo en cuenta la tabla siguiente:

**Tabla 11.30. Coeficientes parciales para el ELU de resistencia. Fuente: EAE-11**

|                                                                                   |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Resistencia de las secciones transversales.                                       | $\gamma_{M0} = 1,05^{(1)}$      |
| Resistencia de elementos estructurales frente a inestabilidad.                    | $\gamma_{M1} = 1,05^{(1), (2)}$ |
| Resistencia a rotura de las secciones transversales en tracción.                  | $\gamma_{M2} = 1,25$            |
| Resistencia de las uniones.                                                       | $\gamma_{M2} = 1,25$            |
| Resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados:                |                                 |
| — En estado límite último (uniones categoría C) (ver apartados 58.2 y 58.8).      | $\gamma_{M3} = 1,25$            |
| — En estado límite de servicio (uniones categoría B) (ver apartados 58.2 y 58.8). | $\gamma_{M3} = 1,10$            |

<sup>(1)</sup> En el proyecto de estructuras de edificación se podrá adoptar un coeficiente parcial  $\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1,00$  siempre y cuando se cumplan simultáneamente los siguientes requisitos:

- Tolerancias «más estrictas» según el Artículo 80.
- Garantías adicionales para el acero según el Artículo 84. Se deberá garantizar que el límite elástico del acero empleado en la obra presente una dispersión acorde con el coeficiente parcial reducido, según un análisis basado en la teoría de fiabilidad estructural.
- Control de ejecución intenso según el Artículo 89.

<sup>(2)</sup> En el proyecto de puentes de acero se adoptará en todos los casos un coeficiente parcial  $\gamma_{M1} = 1,10$ .

En la siguiente imagen se muestran de forma resumida las fuerzas de cálculo obtenidas con el programa de cálculo Robot Analysis para la barra longitudinal más solicitada.

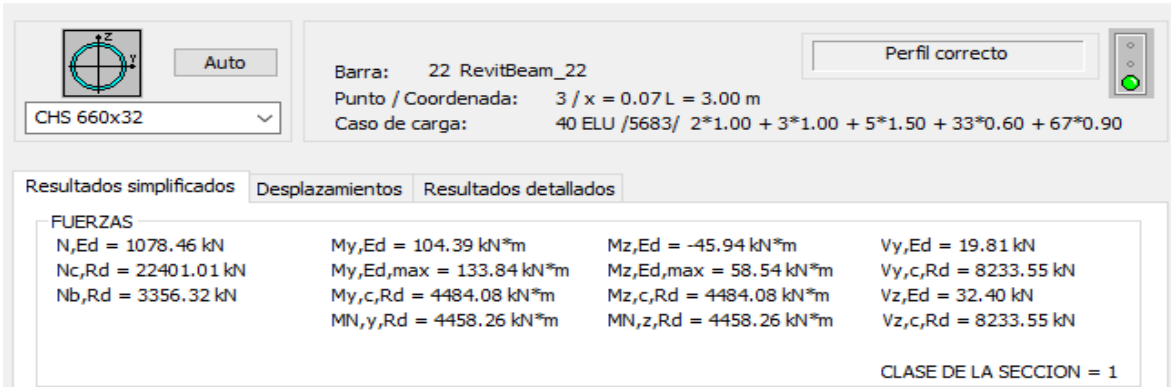


Figura 11.43. Esfuerzos de cálculo del cajón longitudinal. Fuente: Robot

### • Esfuerzo axil de compresión

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción  $N_{Ed}$  deberá cumplir para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd} \quad (37)$$

Donde,

$N_{Ed}$  Valor de cálculo del esfuerzo axil.  $N_{Ed} = 1078,46$  kN (figura 11.43)

$N_{C,Rd}$  Resistencia de cálculo de la sección a compresión, que para la clase de sección

1,2 ó 3  $N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ , siendo  $A = 63101$  mm<sup>2</sup> (figura 8.3),  $f_y = 355$  N/mm<sup>2</sup> y  $\gamma_{M0} = 1,05$ .

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{63101 \cdot 355}{1,05} = 21334,15 \text{ kN}$$

Podemos ver que se cumple la condición de la ecuación (37). Esta verificación se puede corroborar en el robot considerando que:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{C,Rd}} \leq 1 \rightarrow \frac{1078,46}{21334,15} = 0,05 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Tal y como se puede apreciar en la figura 14.11.

### • Momento flector en el eje y

El valor de cálculo del momento flector  $M_{y,Ed}$  deberá cumplir para cualquier sección transversal:

$$M_{y,Ed} \leq M_{y,C,Rd} \quad (38)$$

Donde,

$M_{y,Ed}$  Valor de cálculo del momento flector en y.  $M_{y,Ed} = 104,39$  kN·m (figura 11.43)

$M_{y,C,Rd}$  Resistencia de cálculo de la sección a flexión en y, que para la sección de clase 1 ó 2  $M_{y,C,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ , siendo  $W_{pl}=12631210 \text{ mm}^3$ ,  $f_y=355 \text{ N/mm}^2$  y  $\gamma_{M0}=1,05$

$$M_{y,C,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{12631210 \cdot 355}{1,05} = 4270,55 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Por tanto, **se cumple** que  $M_{y,Ed} = 104,39 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{y,C,Rd} = 4270,55 \text{ kN} \cdot \text{m}$

- **Momento flector en el eje z**

Aplicando la ecuación (38) para el eje z tendremos los mismos valores de resistencia de cálculo de la sección a flexión en el eje z que en el eje y, por lo tanto,  $M_{z,C,Rd} = M_{y,C,Rd} = 4270,55 \text{ kN} \cdot \text{m}$ .

Siendo el valor de cálculo del momento flector en z  $M_{z,Ed} = -45,94 \text{ kN} \cdot \text{m}$  (figura 11.43), **se cumple** que  $M_{z,Ed} = -45,94 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{z,C,Rd} = 4270,55 \text{ kN} \cdot \text{m}$ .

- **Esfuerzo cortante**

El valor de cálculo del esfuerzo cortante  $V_{y,Ed}$  deberá cumplir para cualquier sección transversal:

$$V_{y,Ed} \leq V_{y,C,Rd} \quad (39)$$

Donde,

$V_{y,Ed}$  Valor de cálculo del esfuerzo cortante en y.  $V_{y,Ed} = 19,81 \text{ kN}$  (figura 1.43).

$V_{y,C,Rd}$  Resistencia de cálculo de la sección a cortante en y. Puesto que en este tipo de barras la torsión no es significativa,  $V_{y,C,Rd}$  es la resistencia plástica de cálculo a cortante  $V_{y,pl,Rd} = \frac{A_v(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$ , donde  $A_v = 2A/\pi$  correspondiente a perfiles huecos circulares y tubos de espesor constante.

Teniendo que  $A = 63101 \text{ mm}^2$ ,  $A_v = 40171,34 \text{ mm}^2$ ,  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$  y  $\gamma_{M0} = 1,05$

Luego,

$$V_{y,pl,Rd} = \frac{A_v(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{40171,34 \cdot (355/\sqrt{3})}{1,05} = 7841,4 \text{ kN}$$

Como se puede apreciar,  $V_{y,Ed} = 19,81 \text{ kN} < V_{y,pl,Rd} = 7841,4 \text{ kN} \rightarrow$  **Cumple**

Sabiendo que  $V_{z,pl,Rd} = V_{y,pl,Rd} = 7841,4 \text{ kN}$  y que  $V_{z,Ed} = 32,40 \text{ kN}$  (figura 11.43), vemos que **se cumple** la condición de la ecuación (39) para el eje z.

| Fórmulas de verificación:                |      |  |                                                                                                                       |               |
|------------------------------------------|------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Control de la resistencia de la sección: |      |  |                                                                                                                       |               |
| UFS[Nc]                                  | 0.05 |  | N <sub>Ed</sub> /N <sub>c,Rd</sub>                                                                                    | (6.2.4.(1))   |
| UFS[NcMyMz]                              | 0.00 |  | (M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>N,y,Rd</sub> ) <sup>2.00</sup> + (M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>N,z,Rd</sub> ) <sup>2.00</sup> | (6.2.9.1.(6)) |
| UFS[Vy]                                  | 0.00 |  | V <sub>y,Ed</sub> /V <sub>y,c,Rd</sub>                                                                                | (6.2.6.(1))   |
| UFS[Vz]                                  | 0.00 |  | V <sub>z,Ed</sub> /V <sub>z,c,Rd</sub>                                                                                | (6.2.6.(1))   |

**Figura 11.44. Control de la resistencia de la sección del cajón longitudinal. Fuente: Robot**

### ❖ Interacciones de esfuerzos

Según la EAE, en su artículo 34.7.1. “Flexión y cortante”, cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante  $V_{Ed}$  no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección  $V_{pl,Rd}$  no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

$$V_{y,Ed} = 19,81 \text{ kN} \text{ y } V_{z,Ed} = 32,40 \text{ kN} < V_{y,pl,Rd} = V_{z,pl,Rd} = 0,5 \cdot 7841,41 = 3920,7 \text{ kN}$$

De la misma manera, esta Instrucción indica que lo anteriormente señalado puede ser válido para interacciones de flexión, cortante y axil, en su artículo 34.7.3. “Flexión, cortante y axil”.

#### • Flexión y esfuerzo axil

Para las secciones transversales de clase 1 y 2, se debe satisfacer la siguiente ecuación:

$$M_{y,Ed} \leq M_{N,Rd} \quad (40)$$

Donde  $M_{N,Rd}$  es la resistencia plástica de cálculo a flexión reducida, debido a la existencia del esfuerzo axil  $N_{Ed}$ .

Para el caso de las secciones huecas circulares, podrá aplicarse la siguiente expresión aproximada para la obtención de la resistencia plástica a flexión reducida:

$$M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = M_{c,Rd} \cdot (1 - n^{1,7}) \quad (41)$$

El valor de  $M_{c,Rd} = 4270,55 \text{ kNm}$  calculado en el apartado anterior y el valor de  $n$  se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{N_{Ed}}{N_{c,y,Rd}} \quad (42)$$

Habiendo calculado anteriormente el valor de  $N_{c,y,Rd} = 21334,15 \text{ kN}$  y obteniendo de la figura 11.43 el valor de  $N_{Ed} = 1078,46 \text{ kN}$ , estamos en disposición de aplicar la fórmula (42) para obtener que  $n = \frac{1078,46 \text{ kN}}{21334,14 \text{ kN}} = 0,05$ .

Aplicando la ecuación (41) tendremos que:

$$M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = 4270,55 \cdot (1 - 0,05^{1,7}) = 2956,13 \text{ kNm}$$

Y verificando la ecuación (40) se puede comprobar que, tanto  $M_{y,Ed}$  como  $M_{z,Ed}$  de la figura 11.43 son inferiores  $M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = 2956,13 \text{ kNm}$ .

### ❖ Estabilidad de la barra longitudinal

Para la verificación de este apartado nos apoyaremos en el artículo 35. “Estado límite de inestabilidad” de la EAE.

Para la verificación de la estabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión, y además, que no son susceptibles a deformaciones por torsión, tales como elementos con secciones huecas circulares o secciones con torsión impedida, se deberá verificar las siguientes condiciones:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (43)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (44)$$

Donde:

$N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$  Valores de cálculo del esfuerzo axial de compresión y momentos flectores máximos a lo largo del elemento alrededor de los ejes “y-y” y “z-z” respectivamente. Estos valores se obtienen de la figura 11.43.

$\Delta M_{y,Ed}$ ,  $\Delta M_{z,Ed}$  Momentos adicionales debidos al desplazamiento del eje baricéntrico del área reducida  $A_{ef}$  con respecto al eje baricéntrico de la sección transversal bruta (tabla 11.31).

$\chi_y$ ,  $\chi_z$  Coeficientes de reducción para pandeo por flexión.

$\chi_{LT}$  Coeficiente de reducción para pandeo lateral. Para elementos no susceptibles a deformaciones por torsión como es en este caso,  $\chi_{LT} = 1$ .

$k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$  Coeficientes de interacción que se obtendrá mediante el método 1 de la EAE. (Tabla 11.34).

Los valores de  $N_{Rk}$  y de  $M_{i,Rk}$  se determinan mediante la siguiente tabla:

**Tabla 11.31. Valores de  $N_{Rk}$ ,  $M_{i,Rk}$  y  $\Delta M_{y,Ed}$  para comprobación frente a pandeo.**

**Fuente: EAE-11**

Valores de  $N_{Rk} = f_y A_i$ ,  $M_{i,Rk} = f_y W_i$  y  $\Delta M_{i,Ed}$  en las expresiones de comprobación frente a pandeo

| Clase             | 1          | 2          | 3          | 4                      |
|-------------------|------------|------------|------------|------------------------|
| $A$               | $A$        | $A$        | $A$        | $A_{ef}$               |
| $W_y$             | $W_{pl,y}$ | $W_{pl,y}$ | $W_{el,y}$ | $W_{ef,y}$             |
| $W_z$             | $W_{pl,z}$ | $W_{pl,z}$ | $W_{el,z}$ | $W_{ef,z}$             |
| $\Delta M_{y,Ed}$ | 0          | 0          | 0          | $e_{N,y} \cdot N_{Ed}$ |
| $\Delta M_{z,Ed}$ | 0          | 0          | 0          | $e_{N,z} \cdot N_{Ed}$ |

A continuación, determinamos los valores de las incógnitas para poder verificar la estabilidad de la barra.

$$N_{Ed} = 1078,46 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 104,39 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -45,94 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A_i = 355 \text{ N/mm}^2 \cdot 63101 \text{ mm}^2 = 22400,855 \text{ kN}$$

$$M_{y=z,Rk} = M_{z,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 12631210 \text{ mm}^3 = 4484,08 \text{ kNm}$$

$$\Delta M_{y,Ed} = \Delta M_{z,Ed} = 0 \text{ (tabla 11.31)}$$

$$\chi_{LT} = 1$$

- **Cálculo de los coeficientes de reducción para pandeo por flexión  $\chi_y$  y  $\chi_z$**

La determinación de estos coeficientes, que en este caso serán iguales, se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1 \quad (45)$$

Siendo:

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$\alpha$  Coeficiente de imperfección, que depende de la curva de pandeo y que se obtiene de la siguiente tabla:

**Tabla 11. 32. Coeficiente de imperfección según curva de pandeo. Fuente: EAE-11**

| Curva de pandeo                      | $a_0$ | a    | b    | c    | d    |
|--------------------------------------|-------|------|------|------|------|
| Coeficiente de imperfección $\alpha$ | 0,13  | 0,21 | 0,34 | 0,49 | 0,76 |

La curva de pandeo se determina mediante la siguiente tabla:

**Tabla 11.33. Curvas de pandeo. Fuente: EAE-11**

| Sección transversal                          |  | Límites                                                       |                                           | Pandeo alrededor del eje | Curva de pandeo                  |                                  |
|----------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                              |  |                                                               |                                           |                          | S 235<br>S 275<br>S 355<br>S 420 | S 460                            |
| Secciones de perfiles laminados              |  | $h/b > 1,2$                                                   | $t_f \leq 40 \text{ mm}$                  | Y-Y<br>Z-Z               | a<br>b                           | a <sub>0</sub><br>a <sub>0</sub> |
|                                              |  |                                                               | $40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$ | Y-Y<br>Z-Z               | b<br>c                           | a<br>a                           |
|                                              |  | $h/b \leq 1,2$                                                | $t_f \leq 100 \text{ mm}$                 | Y-Y<br>Z-Z               | b<br>c                           | a<br>a                           |
|                                              |  |                                                               | $t_f > 100 \text{ mm}$                    | Y-Y<br>Z-Z               | d<br>d                           | c<br>c                           |
| Secciones de vigas en I armadas soldadas     |  | $t_f \leq 40 \text{ mm}$                                      |                                           | Y-Y<br>Z-Z               | b<br>c                           | b<br>c                           |
|                                              |  | $t_f > 40 \text{ mm}$                                         |                                           | Y-Y<br>Z-Z               | c<br>d                           | c<br>d                           |
| Secciones de perfiles huecos                 |  | Acabados en caliente                                          |                                           | Cualquiera               | a                                | a <sub>0</sub>                   |
|                                              |  | Conformados en frío                                           |                                           | Cualquiera               | c                                | c                                |
| Secciones de vigas en cajón armadas soldadas |  | En general (excepto caso recuadro inferior)                   |                                           | Cualquiera               | b                                | b                                |
|                                              |  | Soldadura gruesa $a > 0,5t_f$<br>$b/t_f < 30$<br>$h/t_w < 30$ |                                           | Cualquiera               | c                                | c                                |
| Secciones de perfiles en U, en T y macizas   |  |                                                               |                                           | Cualquiera               | c                                | c                                |
| Secciones de perfiles angulares              |  |                                                               |                                           | Cualquiera               | b                                | b                                |

Por lo tanto, con una curva de pandeo “a”, tendremos un coeficiente de imperfección  $\alpha = 0,21$ .

$\bar{\lambda}_{y=z} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}}$  en secciones de clase 1, 2 y 3. Siendo  $N_{cr}$  el esfuerzo axial crítico para el

modo de pandeo considerado y que equivale a  $N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2}$

$$A = 63101 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$I_y = I_z = 311885,20 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \rightarrow \text{valor obtenido de la figura 10.19.}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 42 \text{ m} \quad \text{correspondiente a la longitud de pandeo.}$$

$$N_{y,cr} = N_{z,cr} = 3664,504 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_{y=z} = 2,47$$

$$\Phi = 3,79$$

Aplicando la ecuación (45) de este proyecto, verificaremos que:

$$\chi_y = \chi_z = 0,15 < 1 \rightarrow \text{cumple}$$

• Cálculo de los coeficientes de interacción  $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$

Para la determinación de estos coeficientes, la EAE indica dos métodos. En este proyecto emplearemos el método 1 que se recoge en la siguiente tabla.

**Tabla 11.34. Método 1. Coeficientes de interacción  $k_{ij}$  y términos auxiliares. Fuente: EAE-11.**

| Coeficiente de interacción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Segundo de diseño                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Propiedades estáticas secciones clase 3 o 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Propiedades plásticas secciones clase 1 o 2                                                             |
| $k_{yy}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $C_{my} C_{m1,y} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $C_{my} C_{m1,y} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{yf}}$                            |
| $k_{yz}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $C_{mz} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{yz}} 0,6 \sqrt{\frac{W_z}{W_y}}$          |
| $k_{zy}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $C_{my} C_{m1,y} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $C_{my} C_{m1,y} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \frac{1}{C_{zy}} 0,6 \sqrt{\frac{W_y}{W_z}}$ |
| $k_{zz}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $C_{mz} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \frac{1}{C_{zz}}$                                     |
| Términos auxiliares                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |
| $\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $C_B = 1 + (w_y - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{w_y} C_{my} \bar{\lambda}_{max} - \frac{1,6}{w_y} C_{my} \bar{\lambda}_0^2 \right) \eta_{pl} - b_{1,y} \right] \geq \frac{W_{pl,y}}{W_{pl,y}}$<br>con $b_{1,y} = 0,5 a_{1,y} \bar{\lambda}_0^2 \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{0,1} M_{pl,y,Ed} M_{pl,z,Ed}}$                                         |                                                                                                         |
| $\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,4}{w_z} C_{mz} \bar{\lambda}_{max} \right) \eta_{pl} - c_{1,z} \right] \geq 0,6 \sqrt{\frac{W_z}{W_y} \frac{W_{pl,z}}{W_{pl,y}}}$<br>con $c_{1,z} = 10 a_{1,z} \frac{\bar{\lambda}_0^2}{5 + \bar{\lambda}_0^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{0,1} M_{pl,y,Ed} M_{pl,z,Ed}}$                  |                                                                                                         |
| $w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1,5$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,4}{w_y} C_{mz} \bar{\lambda}_{max} \right) \eta_{pl} - d_{1,z} \right] \geq 0,6 \sqrt{\frac{W_z}{W_y} \frac{W_{pl,z}}{W_{pl,y}}}$<br>con $d_{1,z} = 2 a_{1,z} \frac{\bar{\lambda}_0}{0,1 + \bar{\lambda}_0^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{0,1} M_{pl,y,Ed} C_{mz} M_{pl,z,Ed}}$            |                                                                                                         |
| $w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1,5$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{w_z} C_{mz} \bar{\lambda}_{max} - \frac{1,6}{w_z} C_{mz} \bar{\lambda}_0^2 - e_{1,z} \right) \eta_{pl} \right] \geq \frac{W_{pl,z}}{W_{pl,z}}$<br>con $e_{1,z} = 1,7 a_{1,z} \frac{\bar{\lambda}_0}{0,1 + \bar{\lambda}_0^4} \frac{M_{y,Ed}}{C_{my} \chi_{0,1} M_{pl,y,Ed} M_{pl,z,Ed}}$ |                                                                                                         |
| $\eta_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk} / \gamma_{M0}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |
| $a_{1,y} = 1 - \frac{l_y}{l_y} \geq 0$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |
| $\bar{\lambda}_{max} = \max(\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z)$<br>$\bar{\lambda}_0$ = Esbeltez adimensional de pandeo lateral cuando actúa un momento uniforme, es decir, cuando $\psi_y = 1,0$ en la tabla 35.3.b (b).<br>$\bar{\lambda}_{1,y}$ = Esbeltez adimensional de pandeo lateral.<br>Para $\bar{\lambda}_0 \leq 0,2 \sqrt{C_1} \sqrt{\left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} \right) \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} \right)}$<br>$C_{my} = C_{my,0}$<br>$C_{mz} = C_{mz,0}$<br>$C_{m1,y} = 1,0$ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| Para $\bar{\lambda}_0 > 0,2 \sqrt{C_1} \sqrt{\left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} \right) \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} \right)}$<br>$C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \frac{\sqrt{e_y} a_{1,y}}{1 + \sqrt{e_y} a_{1,y}}$<br>$C_{mz} = C_{mz,0}$<br>$C_{m1,y} = C_{my}^2 \frac{a_{1,y}}{\sqrt{\left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} \right) \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} \right)}} \geq 1$<br>$C_{m1,0}$ Ver tabla 35.3.b (b).<br>$e_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A}{W_{el,y}}$ para secciones de clase 1, 2 y 3.<br>$e_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A_y}{W_{el,y}}$ para secciones de clase 4.<br>$N_{x,y}$ Esfuerzo axial crítico elástico por pandeo por flexión alrededor del eje y-y.<br>$N_{x,z}$ Esfuerzo axial crítico elástico por pandeo por flexión alrededor del eje z-z.<br>$N_{x,t}$ Esfuerzo axial crítico elástico por pandeo por torsión.<br>$I_t$ Módulo de torsión uniforme.<br>$I_y$ Inercia a flexión alrededor del eje y-y.<br>$C_1$ De manera aproximada, $C_1$ puede obtenerse de la siguiente expresión:<br>$C_1 = \frac{1}{(k_z)^2}$ |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

Primero verificaremos la siguiente condición:

$$\bar{\lambda}_0 \leq 0,2\sqrt{C_1}^4 \sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}}\right)} \quad (46)$$

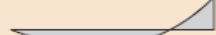
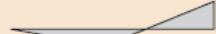
Donde

$\bar{\lambda}_0$  Es la esbeltez adimensional de pandeo lateral cuando actúa un momento uniforme. En la tabla 11.34 la distribución de los momentos es variable, por lo que este valor también es nulo.

$N_{cr,T}$  Es el esfuerzo axil crítico por pandeo por torsión, que en este caso es nulo.

$C_1$  Se puede obtener mediante la siguiente expresión:  $C_1 = \frac{1}{(k_c)^2}$ , donde  $k_c$  es el factor de corrección que depende de la distribución de momentos flectores como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 11.35. Factor de corrección  $k_c$ . Fuente: EAE-11**

| Distribución de momentos flectores                                                                           | $k_c$                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <br>$\psi = 1$             | 1,0                         |
| <br>$-1 \leq \psi \leq 1$ | $\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$ |
|                           | 0,94                        |
|                           | 0,90                        |
|                           | 0,91                        |
|                           | 0,86                        |
|                           | 0,77                        |
|                           | 0,82                        |

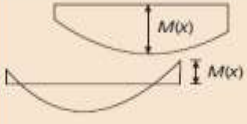
$$C_1 = \frac{1}{(k_c)^2} = \frac{1}{(0,94)^2} = 1,132$$

Aplicando la ecuación (46) tendremos que:

$$\bar{\lambda}_0 = 0 \leq 0,2\sqrt{1,132}^4 \sqrt{\left(1 - \frac{1078,46}{3664,507}\right)} = 0,195 \rightarrow \text{Cumple}$$

A continuación, calculamos los factores  $C_{my,0}$  y  $C_{mz,0}$  atendiendo a la siguiente tabla:

**Tabla 11.36. Método 1. Obtención de los factores  $C_{mi,0}$ . Fuente: EAE-11**

| Diagrama de momento                                                               | $C_{mi,0}$                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | $C_{mi,0} = 0,79 + 0,21\psi_i + 0,36(\psi_i - 0,33) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$                                                                                                                                                                                                                |
|  | $C_{mi,0} = 1 + \left( \frac{\pi^2 \cdot EI_i \cdot  \delta_x }{L^2  M_{i,Ed}(x) } - 1 \right) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$<br>$M_{i,Ed}(x)$ Es el máximo momento $M_{y,Ed}$ o $M_{z,Ed}$ de acuerdo con un análisis en primer orden<br>$ \delta_x $ Es la máxima flecha a lo largo de la pieza |
|  | $C_{mi,0} = 1 - 0,18 \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$                                                                                                                                                                                                                                               |
|  | $C_{mi,0} = 1 + 0,03 \frac{N_{Ed}}{N_{cr,i}}$                                                                                                                                                                                                                                               |

Por lo tanto,

$$C_{my,0} = C_{mz,0} = 1 + 0,03 \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y=z}} = 1 + 0,03 \frac{1078,46}{3664,504} = 1$$

Considerando que la ecuación (46) se verifica, determinamos

$$C_{my} = C_{my,0} = 1$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 1$$

$$C_{mLT} = 1$$

Aplicando las ecuaciones de la tabla 11.34 para términos auxiliares, tendremos lo siguiente:

$$\mu_y = \mu_z = \frac{1 - \frac{1078,46}{3664,504}}{1 - 0,15 \cdot \frac{1078,46}{3664,504}} = 0,74$$

Teniendo un módulo elástico  $w_{el,y=z} = \frac{I_{y=z}}{D/2} = \frac{311885,20}{66/2} = 9451,067 \text{ cm}^3$  y un módulo plástico determinado en robot de  $w_{pl,y=z} = 12631,21 \text{ cm}^3$ .

$$w_y = w_z = 1,34 < 1,5 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$n_{pl} = \frac{1078,46}{22400,855/1,05} = 0,051$$

Con un módulo de torsión uniforme  $I_t = 623770,40 \text{ cm}^4$  tendremos que:

$$a_{LT} = 1 - \frac{623770,40}{311885,20} = -1 < 0 \rightarrow \text{No cumple, luego consideraremos } a_{LT} = 0$$

Puesto que  $a_{LT} = 0 \rightarrow b_{LT} = c_{LT} = d_{LT} = 0$  y que  $\bar{\lambda}_{max} = \max(\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z)$ , esto implica que  $\bar{\lambda}_{max} = 2,47$ , por lo tanto:

$$C_{yy} = 1 + (1,34 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{1,34} \cdot 1^2 \cdot 2,47 - \frac{1,6}{1,34} \cdot 1^2 \cdot 2,47^2 \right) \cdot 0,051 \right] = 0,85$$

$$\geq \frac{9451,067}{12631,21} = 0,75 \rightarrow \text{cumple}$$

$$C_{yz} = 1 + (1,34 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{14}{1,34^5} \cdot 1^2 \cdot 2,47^2 \right) \cdot 0,051 \right] = 0,68$$

$$\geq 0,6 \cdot \sqrt{\frac{1,34}{1,34} \cdot \frac{9451,067}{12631,21}} = 0,52 \rightarrow \text{cumple}$$

$$C_{zy} = 1 + (1,34 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{14}{1,34^5} \cdot 1^2 \cdot 2,47^2 \right) \cdot 0,051 \right] = 0,68$$

$$\geq 0,6 \cdot \sqrt{\frac{1,34}{1,34} \cdot \frac{9451,067}{12631,21}} = 0,52 \rightarrow \text{cumple}$$

$$C_{zz} = 1 + (1,34 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{1,34} \cdot 1^2 \cdot 2,47 - \frac{1,6}{1,34} \cdot 1^2 \cdot 2,47^2 \right) \cdot 0,051 \right] = 0,85$$

$$\geq \frac{9451,067}{12631,21} = 0,75 \rightarrow \text{cumple}$$

Como se puede constatar,  $C_{yy} = C_{zz} = 0,85$  y  $C_{yz} = C_{zy} = 0,68$

Determinamos los coeficientes de interacción según las propiedades plásticas de las secciones de clase 1 o 2 como se indica en la tabla 11.34.

$$k_{yy} = k_{zz} = 1 \cdot 1 \cdot \frac{0,74}{1 - \frac{1078,46}{3664,504}} \cdot \frac{1}{0,85} = 1,25$$

$$k_{yz} = k_{zy} = \frac{0,74}{1 - \frac{1078,46}{3664,504}} \cdot \frac{1}{0,68} \cdot 0,6 \cdot \sqrt{\frac{1,34}{1,34}} = 0,94$$

Teniendo ya todos los coeficientes de interacción  $k_{ij}$  calculados, podemos verificar la estabilidad de la barra aplicando las ecuaciones (43) y (44), resultando lo siguiente:

$$\frac{1078,46}{\frac{0,15 \cdot 22400,855}{1,10}} + 1,25 \cdot \frac{104,39 + 0}{1 \cdot \frac{4484,08}{1,10}} + 0,94 \cdot \frac{(-45,94) + 0}{\frac{4484,08}{1,10}} = 0,374 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\frac{1078,46}{\frac{0,15 \cdot 22400,855}{1,10}} + 0,94 \cdot \frac{104,39 + 0}{1 \cdot \frac{4484,08}{1,10}} + 1,25 \cdot \frac{(-45,94) + 0}{\frac{4484,08}{1,10}} = 0,363 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Con el cumplimiento de las condiciones anteriores podemos asegurar que la barra es estable, como se puede apreciar en la siguiente tabla, resultante de los cálculos en el programa robot structural.

| Símbolo                                           | Valor | Unidad | Descripción del símbolo                                            | P       |
|---------------------------------------------------|-------|--------|--------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Control de estabilidad global de la barra:</b> |       |        |                                                                    |         |
| UFB[Lambda]                                       | 0.90  |        | Max(Lambda,y/Lambda,max ; Lambda,z/Lambda,max)                     | estable |
| UFB[NyMyMz]                                       | 0.37  |        | $N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + (6.3.3.(4))$ |         |
| UFB[NzMyMz]                                       | 0.36  |        | $N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + (6.3.3.(4))$ |         |

**Figura 11.45. Control de estabilidad global del cajón longitudinal. Fuente: Robot**

### 11.7.3.2. VIGUETAS TRANSVERSALES.

Las barras transversales del tablero más solicitadas son la 66, 67 y 68. Todas ellas con un 20% de solicitación.

Dado que el procedimiento de verificación de la resistencia de la sección y estabilidad global de la barra es idéntico al del apartado 11.7.3.1. a partir del presente apartado se proseguirá con las comprobaciones de forma más esquemática y resumida.

#### ❖ Clasificación de la sección

**Tabla 11.37. Factores para clasificar la sección de la vigueta. Fuente: Robot**



Auto

Barra: 66 RevitJoist\_66

Punto / Coordenada: 2 / x = 0.50 L = 2.50 m

Caso de carga: 40 ELU /113/ 2\*1.35 + 3\*1.00 + 4\*1.20 + 5\*0.45 + 6\*1.50 + 66%

Perfil correcto



TCAR 350x12

Resultados simplificados

Desplazamientos

Resultados detallados

| Símbolo             | Valor    | Unidad | Descripción del símbolo                           | P           |
|---------------------|----------|--------|---------------------------------------------------|-------------|
| Clase de la sección |          |        |                                                   |             |
| cf                  | 26.6     | cm     | anchura del ala                                   | (Tabla 5.2) |
| tf                  | 1.2      | cm     | espesor del ala                                   | (Tabla 5.2) |
| cf/tf               | 22.17    |        | esbeltez del ala                                  | (Tabla 5.2) |
| alfa_f              | 0.69     |        | Extensión relativa de la zona plástica comprimida | (Tabla 5.2) |
| KLF                 | 1        |        | clase de ala                                      | (5.5.2)     |
| cw                  | 26.6     | cm     | altura del alma                                   | (Tabla 5.2) |
| tw                  | 1.2      | cm     | espesor del alma                                  | (Tabla 5.2) |
| cw/tw               | 22.17    |        | esbeltez alma                                     | (Tabla 5.2) |
| alfa_w              | 0.53     |        | Extensión relativa de la zona plástica comprimida | (Tabla 5.2) |
| KLW                 | 1        |        | clase de alma                                     | (5.5.2)     |
| (hw/tw)lim          | 58.58    |        | esbeltez límite del alma en torsión               | EN315(5.1)  |
| hw/tw               | 27.17    |        | esbeltez del alma para el cortante                | EN315(5.1)  |
| KLSZ                | Plástico |        | clase del alma para la cortadura                  | EN315(5.1)  |
| h/tf                | 27.17    |        | esbeltez del alma horizontal para el cortante     | EN315(5.1)  |
| KLSY                | Plástico |        | clase del alma para la cortadura                  | EN315(5.1)  |
| KL                  | 1        |        | clase de la sección                               | (5.5.2)     |

#### • **Clasificación del alma.**

Consideraremos esta barra como un panel flexocomprimido, calculando la parte del alma y el ala que absorberán la compresión  $\alpha C_w$ . Puesto que es una barra cuadrada, el valor de  $\alpha$  será similar, por lo tanto, calcularemos solo uno que valdrá para ambos.

- Cálculo de  $\alpha$

$$C_w = h - 2 \cdot t_w = 350 - 2 \cdot 12 = 326 \text{ mm}$$

Dado que

$$N_{Ed} = c \cdot t_w \cdot f_y \rightarrow c = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y}$$

$$\alpha C_w = \frac{C_w + c}{2} \rightarrow \alpha = \frac{C_w + c}{2 \cdot C_w} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{c}{C_w}\right) = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y \cdot C_w}\right)$$

Sabiendo que  $N_{Ed} = 101,43 \text{ kN}$ ,  $t_w = 12 \text{ mm}$  y  $f_y = 355 \text{ MPa}$  tendremos un valor de  $\alpha = 0,53$ .

Fijándonos en la figura 11.41 para panel flexocomprimido de clase 1:

$$\text{cuando } \alpha > 0,5 \rightarrow \frac{c}{t} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1}$$

En esta misma figura  $\varepsilon = 0,81$

$$\frac{C_w}{t_w} = \frac{326}{12} = 27 < \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 0,81}{13 \cdot 0,53 - 1} = 54,46 \rightarrow \text{Cumple}$$

#### • Clasificación del ala.

Dado que estamos clasificando una sección cuadrada y con el mismo espesor, tendremos que considerar los mismos valores de  $\alpha = 0,53$ ,  $\varepsilon = 0,81$ ,  $C_f = C_w = 326 \text{ mm}$  y  $t_f = t_w = 12 \text{ mm}$ , por lo tanto, para panel flexocomprimido de clase 1 tendremos también un ala de clase 1. Por lo tanto, la sección será de clase 1.

#### ❖ Resistencia de la sección

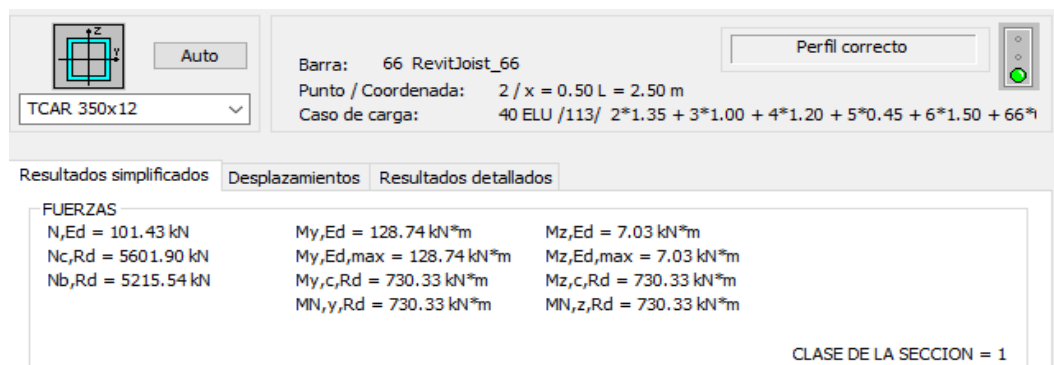


Figura 11.46. Resumen de los esfuerzos de cálculo de la vigueta. Fuente: Robot

- **Esfuerzo axil de compresión**

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd} \quad (47)$$

Donde  $N_{Ed} = 101,43 \text{ kN}$  y  $N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ . Con área de la sección  $A=15780 \text{ mm}^2$ , la resistencia del material  $f_y = 355 \text{ MPa}$  y  $\gamma_{M0} = 1,0$ . Luego,  $N_{C,Rd} = 5335,14 \text{ kN}$ .

$$N_{Ed} = 101,43 \text{ kN} < N_{C,Rd} = 5335,14 \text{ kN} \rightarrow \textbf{Cumple}$$

- **Momento flector**

– EJE Y

$$M_{y,Ed} \leq M_{y,C,Rd} \quad (48)$$

Donde  $M_{y,Ed} = 128,74 \text{ kN}\cdot\text{m}$  y  $M_{y,C,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ . Siendo  $W_{pl,y} = 2057260 \text{ mm}^3$ ,  $f_y = 355 \text{ MPa}$  y  $\gamma_{M0} = 1,05$ . Luego  $M_{y,C,Rd} = 695,55 \text{ kN}\cdot\text{m}$ .

$$M_{y,Ed} = 128,74 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{y,C,Rd} = 695,55 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \textbf{Cumple}$$

– EJE Z

Teniendo que  $M_{z,Ed} = 7,03 \text{ kN}\cdot\text{m}$  y  $M_{z,C,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$ , donde  $W_{pl,z} = W_{pl,y} = 2057260 \text{ mm}^3$ , tendremos que  $M_{z,C,Rd} = M_{y,C,Rd} = 695,55 \text{ kN}\cdot\text{m}$

También se verifica la ecuación (48) en el eje z.

- ❖ **Estabilidad de la viga**

Datos relevantes para la comprobación de la estabilidad global de la barra:

$$N_{Ed} = 101,43 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 128,74 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} = 7,03 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A_i = 355 \text{ N/mm}^2 \cdot 15780 \text{ mm}^2 = 5601,9 \text{ kN}$$

$$M_{y=z,Rk} = M_{z,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,y=z} = \frac{355 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot 2057260 \text{ mm}^3 = 730,33 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\Delta M_{y,Ed} = \Delta M_{z,Ed} = 0 \text{ (tabla 11.31)}$$

$$\chi_{LT} = 1$$

- **Cálculo de los coeficientes de reducción para pandeo por flexión  $\chi_y$  y  $\chi_z$**

Aplicando la ecuación (45)  $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\alpha = 0,21.$$

$$\bar{\lambda}_{y=z} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y=z}}} \text{ y } N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr,y=z}^2}$$

Sabiendo que:

$$A = 15780 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{valor obtenido de la figura 10.18}$$

$$f_y = 355 \frac{N}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{valor obtenido de la figura 10.18}$$

$$E = 210000 \frac{N}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{valor obtenido de la figura 10.18}$$

$$I_y = I_z = 29600 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \rightarrow \text{valor obtenido de la figura 10.18}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 5000 \text{ mm} \rightarrow \text{valor correspondiente a la longitud de pandeo.}$$

Tendremos entonces que:

$$N_{y,cr} = N_{z,cr} = 24539,78 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_{y=z} = 0,48$$

$$\Phi = 0,645$$

Por lo tanto, aplicando la ecuación (45) podemos verificar que:

$$\chi_y = \chi_z = 0,93 < 1 \rightarrow \text{cumple}$$

- **Cálculo de los coeficientes de interacción  $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$**

Comenzamos determinando los valores de  $C_{my,0}$  y  $C_{mz,0}$  atendiendo a la tabla 11.34

$$C_{my,0} = C_{mz,0} = 1 + 0,03 \cdot \frac{101,43}{24539,78} = 1$$

$$C_{my} = C_{my,0} = 1$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 1$$

$$C_{mLT} = 1$$

Aplicando las ecuaciones de la tabla 11.34 para términos auxiliares, tendremos lo siguiente:

$$\mu_y = \mu_z = \frac{1 - \frac{101,43}{24539,78}}{1 - 0,93 \cdot \frac{101,43}{24539,78}} = 0,9997 \cong 1$$

Teniendo un módulo elástico de  $w_{el,y=z} = \frac{I_{y=z}}{h/2} = \frac{29600}{35/2} = 1691,43 \text{ cm}^3$  y un módulo plástico de  $W_{pl,z} = W_{pl,y} = 2057,260 \text{ cm}^3$  tendremos que:

$$w_y = w_z = \frac{2057,260}{1691,43} = 1,22 < 1,5 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$n_{pl} = \frac{101,43}{5601,9/1,05} = 0,02$$

Con una constante de torsión de  $I_t = I_x = 47390 \text{ cm}^3$  y un momento de inercia respecto al eje y de  $I_y = 29600 \text{ cm}^3$

$$a_{LT} = 1 - \frac{47390}{29600} = -0,6 < 0 \rightarrow \text{No cumple, luego } a_{LT} = 0 \text{ y consecuentemente}$$

los términos  $b_{LT} = c_{LT} = d_{LT} = 0$ . De igual forma tendremos un  $\bar{\lambda}_{max} = \max(\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z)$ , siendo  $\bar{\lambda}_{max} = 0,48$ .

$$C_{yy} = 1 + (1,22 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{1,22} \cdot 1^2 \cdot 0,48 - \frac{1,6}{1,22} \cdot 1^2 \cdot 0,48^2 \right) \cdot 0,02 \right] = 1 > \frac{1691,43}{2057,260} \\ = 0,82 \rightarrow \text{cumple}$$

$$C_{yz} = 1 + (1,22 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{14}{1,22^5} \cdot 1^2 \cdot 0,48^2 \right) \cdot 0,02 \right] = 1 > 0,6 \cdot \sqrt{\frac{1,22}{1,22} \cdot \frac{1691,43}{2057,260}} \\ = 0,54 \rightarrow \text{cumple}$$

$$C_{zy} = 1 + (1,22 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{14}{1,22^5} \cdot 1^2 \cdot 0,48^2 \right) \cdot 0,02 \right] = 1 > 0,6 \cdot \sqrt{\frac{1,22}{1,22} \cdot \frac{1691,43}{2057,260}} \\ = 0,54 \rightarrow \text{cumple}$$

$$C_{zz} = 1 + (1,22 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{1,22} \cdot 1^2 \cdot 0,48 - \frac{1,6}{1,34} \cdot 1^2 \cdot 0,48^2 \right) \cdot 0,02 \right] = 1 > \frac{1691,43}{2057,260} \\ = 0,82 \rightarrow \text{cumple}$$

Como se puede apreciar,  $C_{yy} = C_{zz} = 1$  y  $C_{yz} = C_{zy} = 1$

Luego los coeficientes de interacción de la tabla 11.34 Para las secciones de clase 1 o 2 Serán:

$$k_{yy} = k_{zz} = 1 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1 - \frac{101,43}{24539,78}} \cdot \frac{1}{1} = 1$$

$$k_{yz} = k_{zy} = \frac{1}{1 - \frac{101,43}{24539,78}} \cdot \frac{1}{1} \cdot 0,6 \cdot \sqrt{\frac{1,22}{1,22}} = 0,6$$

Verificación de la estabilidad global de la barra mediante la aplicación de las ecuaciones (43) y (44), resultando:

$$\frac{101,43}{0,93 \cdot 5601,9 \cdot 1,10} + 1 \cdot \frac{128,74 + 0}{1 \cdot \frac{730,33}{1,10}} + 0,6 \cdot \frac{7,03 + 0}{\frac{730,33}{1,10}} = 0,22 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\frac{101,43}{0,93 \cdot 5601,9 \cdot 1,10} + 0,6 \cdot \frac{128,74 + 0}{1 \cdot \frac{730,33}{1,10}} + 1 \cdot \frac{7,03 + 0}{\frac{730,33}{1,10}} = 0,14 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Puesto que se cumplen las condiciones de estabilidad podemos asegurar que la barra transversal más solicitada será estable, contrastando así los resultados obtenidos en robot.

Resultados simplificados

Desplazamientos

Resultados detallados

| Símbolo                                    | Valor | Unidad | Descripción del símbolo                                                  | P           |
|--------------------------------------------|-------|--------|--------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Control de estabilidad global de la barra: |       |        |                                                                          |             |
| UFB[Lambda]                                | 0.17  |        | Max(Lambda,y/Lambda,max ; Lambda,z/Lambda,max)                           | estable     |
| UFB[NyMyMz]                                | 0.20  |        | $N,Ed/(Xy \cdot N,Rk/gM1) + kyy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) +$ | (6.3.3.(4)) |
| UFB[NzMyMz]                                | 0.13  |        | $N,Ed/(Xz \cdot N,Rk/gM1) + kzy \cdot My,Ed,max/(XLT \cdot My,Rk/gM1) +$ | (6.3.3.(4)) |

Figura 11.47. Control de estabilidad de la vigueta. Fuente: Robot.

### 11.7.3.3. VIGAS ARCO

En este apartado comprobaremos la resistencia y estabilidad de la barra más solicitada entre las que conforman los arcos de la pasarela. Las más solicitadas, todas con un 32% de sollicitación son las barras 8, 24 y 29. Son barras huecas circulares, tipo TRON.

#### ❖ Clasificación de la sección

Para la clasificación de la sección tubular, nos apoyaremos en la tabla 11.38 donde se recogen las esbelteces máximas de las barras.

Tabla 11.38. Parámetros para la clasificación de la viga arco. Fuente: Robot



Auto

TRON 457x10

Barra: 8 RevitBeam\_8

Punto / Coordenada: 2 / x = 0.50 L = 3.24 m

Caso de carga: 40 ELU /37/ 2\*1.35 + 3\*1.35 + 4\*1.20 + 6\*1.50 + 39\*0.45 + 66\*

Perfil correcto

Resultados simplificados

Desplazamientos

Resultados detallados

| Símbolo             | Valor | Unidad | Descripción del símbolo | P           |
|---------------------|-------|--------|-------------------------|-------------|
| Clase de la sección |       |        |                         |             |
| cf                  | 1.0   | cm     | anchura del ala         | (Tabla 5.2) |
| tf                  | 1.0   | cm     | espesor del ala         | (Tabla 5.2) |
| cf/tf               | 1.00  |        | esbeltez del ala        | (Tabla 5.2) |
| KLF                 | 2     |        | clase de ala            | (5.5.2)     |
| cw                  | 45.7  | cm     | altura del alma         | (Tabla 5.2) |
| tw                  | 1.0   | cm     | espesor del alma        | (Tabla 5.2) |
| cw/tw               | 45.70 |        | esbeltez alma           | (Tabla 5.2) |
| KLW                 | 2     |        | clase de alma           | (5.5.2)     |
| KL                  | 2     |        | clase de la sección     | (5.5.2)     |

- **Clasificación del alma.**

Con una resistencia del material de  $f_y = 355$  MPa implica un  $\varepsilon^2 = 0,66$ . Por lo tanto, para las secciones de clase 1 tendremos que:

$$\frac{d}{t_w} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \rightarrow \frac{457}{10} = 45,7 > 50 \cdot 0,66 = 33 \rightarrow \text{No cumple}$$

Puesto que no cumple con la clase 1, probamos con la clase 2 resultando:

$$\frac{d}{t_w} \leq 70 \cdot \varepsilon^2 \rightarrow \frac{457}{10} = 45,7 < 70 \cdot 0,66 = 46,2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Luego el alma será de clase 2.

- **Clasificación del ala.**

Ya que el alma es de clase 2, el ala consecuentemente será de clase 2 puesto que no varía ni el diámetro ni el espesor del ala respecto al alma. Por lo tanto, la sección de la barra en cuestión es de clase 2, como se aprecia en la tabla 11.38

❖ **Resistencia de la sección**

Datos de cálculo extraídos en robot



**Figura 11.48. Resumen de los esfuerzos de cálculo de la viga arco. Fuente: Robot**

- **Esfuerzo axil de compresión**

Determinamos el valor de la resistencia de cálculo de la sección a compresión, que para la clase 1, 2 o 3 es:

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

Siendo la sección  $A = 14043 \text{ mm}^2$ , la resistencia del material  $f_y = 355$  MPa y el coeficiente  $\gamma_{M0} = 1,05$  implica que  $N_{C,Rd} = 4747,87 \text{ kN}$ .

Por lo tanto, la condición de la ecuación (37) se verifica, ya que:

$$N_{Ed} = 1451,22 \text{ kN} < N_{C,Rd} = 4747,87 \text{ kN} \rightarrow \text{Cumple}$$

Como se aprecia en la figura 11.38 en robot se verifica de la siguiente manera:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{C,Rd}} \leq 1 \rightarrow \frac{1451,22}{4747,87} = 0,3 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

- **Momento flector en el eje z**

Determinamos el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión en el eje z, que para la sección de clase 1, 2 o 3 es:

$$M_{z,C,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

Siendo el módulo de sección plástica respecto al eje z  $W_{pl,z} = 1998420 \text{ mm}^3$ , la resistencia del material  $f_y = 355 \text{ MPa}$  y  $\gamma_{M0} = 1,05$  implica que  $M_{z,C,Rd} = 675,66 \text{ kN}\cdot\text{m}$ .

Por lo tanto, la ecuación (38) queda como sigue:

$$M_{z,Ed} = 0,47 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{z,C,Rd} = 675,66 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Cumple}$$

- **Interacción flexión – esfuerzo axil**

Determinamos el valor de la resistencia plástica de cálculo a flexión reducida, debido a la existencia del esfuerzo axil  $N_{Ed}$ . Teniendo una sección tubular de clase 2, tendremos una resistencia plástica de:

$$M_{N,z,Rd} = M_{z,C,Rd} \cdot (1 - n^{1,7})$$

En el punto anterior hemos calculado el valor de  $M_{z,C,Rd} = 675,66 \text{ kN} \cdot \text{m}$  y aplicando la ecuación (42) resulta que  $n = \frac{1451,22}{4747,87} = 0,3$ . Por lo tanto,  $M_{N,z,Rd} = 588,39 \text{ kN} \cdot \text{m}$ .

Comprobando la ecuación (40) resulta que:

$$M_{z,Ed} = 0,47 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{N,z,Rd} = 588,39 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Cumple}$$

En la siguiente figura podemos constatar la verificación de la resistencia en de la barra en robot, coincidiendo con los cálculos realizados.

| Símbolo                                         | Valor | Unidad | Descripción del símbolo                | P             |
|-------------------------------------------------|-------|--------|----------------------------------------|---------------|
| <b>Fórmulas de verificación:</b>                |       |        |                                        |               |
| <b>Control de la resistencia de la sección:</b> |       |        |                                        |               |
| UFS[Nc]                                         | 0.29  |        | N <sub>Ed</sub> /N <sub>c,Rd</sub>     | (6.2.4.(1))   |
| UFS[Mz]                                         | 0.00  |        | M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>z,c,Rd</sub> | (6.2.5.(1))   |
| UFS[NcMz]                                       | 0.00  |        | M <sub>z,Ed</sub> /M <sub>N,z,Rd</sub> | (6.2.9.1.(2)) |

**Figura 11.49. Control de la resistencia de la sección de la viga arco. Fuente: Robot.**

### ❖ Estabilidad de la barra arco

Datos relevantes para la comprobación de la estabilidad global de la barra:

$$N_{Ed} = 1451,22 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} = 0,47 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A_i = 355 \text{ N/mm}^2 \cdot 14043 \text{ mm}^2 = 4985,26 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = M_{z,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,y=z} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1998420 \text{ mm}^3 = 709,44 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\Delta M_{y,Ed} = \Delta M_{z,Ed} = 0 \text{ (tabla 11.31)}$$

$$\chi_{LT} = 1$$

### • Cálculo de los coeficientes de reducción para pandeo por flexión $\chi_y$ y $\chi_z$

Determinamos los parámetros para la aplicación de la ecuación (45).

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\alpha = 0,21.$$

$$\bar{\lambda}_{y=z} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y=z}}} \text{ y } N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr,y=z}^2}$$

Sabiendo que:

$$A = 14043 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{valor obtenido de la figura 10.20}$$

$$f_y = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{valor obtenido de la figura 10.20}$$

$$E = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{valor obtenido de la figura 10.20}$$

$$I_y = I_z = 35091,32 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \rightarrow \text{valor obtenido de la figura 10.20}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 6480 \text{ mm} \rightarrow \text{valor correspondiente a la longitud de pandeo.}$$

Tendremos entonces que:

$$N_{y,cr} = N_{z,cr} = 17320831 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_{y=z} = 0,54$$

$$\Phi = 0,68$$

Por lo tanto, aplicando la ecuación (45) podemos verificar que:

$$\chi_y = \chi_z = 0,91 < 1 \rightarrow \text{cumple}$$

- **Cálculo de los coeficientes de interacción  $k_{yy}$ ,  $k_{yz}$ ,  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$**

Primero calculamos los valores  $C_{my,0}$  y  $C_{mz,0}$  atendiendo a la tabla 11.34

$$C_{my,0} = C_{mz,0} = 1 + 0,03 \cdot \frac{1451,22}{17320,831} = 1,11$$

$$C_{my} = C_{my,0} = 1,11$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 1,11$$

$$C_{mLT} = 1$$

A continuación, determinamos los términos auxiliares aplicando las ecuaciones de la tabla 11.34 de tal forma que:

$$\mu_y = \mu_z = \frac{1 - \frac{1451,22}{17320,831}}{1 - 0,91 \cdot \frac{1451,22}{17320,831}} = 0,99$$

Con un módulo elástico  $w_{el,y=z} = \frac{I_{y=z}}{D/2} = \frac{35091,32}{45,7/2} = 1535,73 \text{ cm}^3$  y un módulo plástico de  $w_{pl,y=z} = 1998,42 \text{ cm}^3$  tendremos que:

$$w_y = w_z = \frac{1998,42}{1535,73} = 1,30 < 1,5 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$n_{pl} = \frac{1451,22}{4985,26/1,05} = 0,31$$

Teniendo una constante de torsión de  $I_t = I_x = 70182,65 \text{ cm}^4$  y un momento de inercia respecto al eje y  $I_y = 35091,32 \text{ cm}^4$  obtenemos un valor de

$$a_{LT} = 1 - \frac{70182,65}{35091,32} = -1 < 0 \rightarrow \text{No cumple}$$

Luego  $a_{LT} = 0$  y consecuentemente  $b_{LT} = c_{LT} = d_{LT} = 0$ .

$$\bar{\lambda}_{max} = \max(\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z) \rightarrow \bar{\lambda}_{max} = 0,54$$

Con estos datos podemos calcular los términos auxiliares restantes que se muestran en la tabla 11.34

$$C_{yy} = 1 + (1,30 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{1,30} \cdot 1,11^2 \cdot 0,54 - \frac{1,6}{1,30} \cdot 1,11^2 \cdot 0,54^2 \right) \cdot 0,31 \right] = 1,07$$

$$> \frac{1535,73}{1998,42} = 0,77 \rightarrow \text{cumple}$$

$$C_{yz} = 1 + (1,30 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{14}{1,30^5} \cdot 1,11^2 \cdot 0,54^2 \right) \cdot 0,31 \right] = 1,06$$

$$> 0,6 \cdot \sqrt{\frac{1,30}{1,30} \cdot \frac{1535,73}{1998,42}} = 0,53 \rightarrow \text{cumple}$$

$$C_{zy} = 1 + (1,30 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{14}{1,30^5} \cdot 1,11^2 \cdot 0,54^2 \right) \cdot 0,31 \right] = 1,06$$

$$> 0,6 \cdot \sqrt{\frac{1,30}{1,30} \cdot \frac{1535,73}{1998,42}} = 0,53 \rightarrow \text{cumple}$$

$$C_{zz} = 1 + (1,30 - 1) \left[ \left( 2 - \frac{1,6}{1,30} \cdot 1,11^2 \cdot 0,54 - \frac{1,6}{1,30} \cdot 1,11^2 \cdot 0,54^2 \right) \cdot 0,31 \right] = 1,07$$

$$> \frac{1535,73}{1998,42} = 0,77 \rightarrow \text{cumple}$$

Resumiendo,  $C_{yy} = C_{zz} = 1,07$  y  $C_{yz} = C_{zy} = 1,06$

Con estos valores, los coeficientes de interacción según las propiedades plásticas de las secciones de clase 1 o 2 indicados en la tabla 11.34 serán:

$$k_{yy} = k_{zz} = 1,11 \cdot 1 \cdot \frac{0,99}{1 - \frac{1451,22}{17320,831}} \cdot \frac{1}{1,07} = 1,12$$

$$k_{yz} = k_{zy} = \frac{0,99}{1 - \frac{1451,22}{17320,831}} \cdot \frac{1}{1,06} \cdot 0,6 \cdot \sqrt{\frac{1,30}{1,30}} = 0,61$$

Ya podemos aplicar las ecuaciones (43) y (44) para la verificación de la estabilidad global de la barra.

$$\frac{\frac{1451,22}{0,91 \cdot 4985,26}}{1,10} + 0,61 \cdot \frac{0,47 + 0}{\frac{709,44}{1,10}} = 0,35 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\frac{\frac{1451,22}{0,91 \cdot 4985,26}}{1,10} + 1,12 \cdot \frac{0,47 + 0}{\frac{709,44}{1,10}} = 0,35 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

La barra cumple con las condiciones de estabilidad, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura extraída de los resultados de robot.

| Símbolo                                           | Valor | Unidad | Descripción del símbolo                        | P           |
|---------------------------------------------------|-------|--------|------------------------------------------------|-------------|
| <b>Control de estabilidad global de la barra:</b> |       |        |                                                |             |
| UFB[Lambda]                                       | 0.20  |        | Max(Lambda,y/Lambda,max ; Lambda,z/Lambda,max) | estable     |
| UFB[NyMyMz]                                       | 0.32  |        | N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) | (6.3.3.(4)) |
| UFB[NzMyMz]                                       | 0.32  |        | N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) | (6.3.3.(4)) |

**Figura 11.50. Control de la estabilidad global de la viga arco. Fuente: Robot.**

### **Anejo n.º 3. Plan de obra**

## 12. PLAN DE OBRA

En este apartado se muestra un programa de trabajo secuencial de las principales actividades en que se divide la obra.

Lo que aquí se refleja no es más que un planteamiento ideal y no real de la obra. Por lo que el presente plan de obra se va a determinar mediante un diagrama de Gantt orientativo e ilustrativo, y que servirá principalmente para determinar los plazos parciales de cada actividad y el plazo general de la obra.

Se ha de identificar previamente actividades de duración nula o Hitos como la firma del acta de Replanteo. Seguidamente establecer un diagrama de precedencias, definiendo las fechas de inicio y fin de cada actividad, para posteriormente elaborar el diagrama de Gantt o diagrama de barras con el que la Dirección de Obra realizará el seguimiento de la obra y el cumplimiento de los plazos establecidos.

## 12.1. DIAGRAMA DE GANTT

A continuación, se presenta el diagrama de Gantt elaborado para este proyecto, considerando las actividades más destacadas, estimando el periodo de duración de cada una de ellas.

El presente diagrama de Gantt prevé una duración de obra de 19 semanas, con un ritmo de trabajo de 8 horas al día durante 22 días al mes.

**Tabla 12.1. Diagrama de Gantt. Fuente: propia**

[illegible]

## **Anejo n.º 4. Estudio de seguridad y salud**

### **13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

#### **13.1. OBJETIVO**

El propósito del estudio de seguridad y salud es determinar las prevenciones de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales durante la ejecución de las obras, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento que se realizan durante la vida útil de la estructura.

Dicho estudio es regido por el estricto cumplimiento del *Real decreto 1627/1997, de 24 de Octubre*, por el cual se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud al Trabajo en proyectos de edificación y obras públicas.

Por lo que, los objetivos principales de este estudio se pueden resumir en:

- Preservar la integridad de los trabajadores y de todas las personas del entorno.
- Organizar el trabajo de forma tal que los riesgos sean ínfimos.
- Determinar las instalaciones necesarias para la protección colectiva e individual del personal.
- Definir las instalaciones para la higiene y bienestar de los trabajadores.
- Establecer las normas de uso de los elementos de seguridad.
- Proporcionar a los trabajadores los conocimientos necesarios para el uso correcto y seguro de la maquinaria que se les encomienda.
- Asegurar los primeros auxilios y la evacuación de los heridos.
- Regular la creación de los Comités de Seguridad y Salud.

También se ha de disponer obligatoriamente de un libro de incidencias con todas las funcionalidades recogidas en el Real Decreto 1627.

#### **13.2. ACTUACIONES PREVIAS**

##### **13.2.1. SERVICIOS DE SALUBRIDAD Y CONFORT DEL PERSONAL**

Las instalaciones provisionales de obra se adaptarán a las características específicas a los artículos 15 y siguientes del Real Decreto 1627/1977.

Es necesario disponer de instalaciones del personal, tales como:

#### *13.2.1.1. Servicios higiénicos*

Se ha de disponer de un módulo sanitario en el recinto de la obra para todo el personal. Dicho módulo incluirá un lavabo, un WC de 1.5 m<sup>2</sup> y 2.5 m de altura mínimo, un calentador de agua, una ducha, un espejo y complementos de baño para higiene personal. Las instalaciones dispondrán de agua caliente y fría.

#### *13.2.1.2. Vestidores*

Se ha de disponer de un módulo con una capacidad de diez vestidores para todos los trabajadores y que servirán para el almacenamiento de la ropa de los trabajadores, bancos o sillas y perchas.

#### *13.2.1.3. Comedor*

Se dispondrá de un local de comedor para todos los trabajadores en el recinto de la obra. Dicho comedor ha de disponer de todos los elementos necesarios (bancos, mesas, grifos, microondas, nevera, cubo de basura, etc.) para su correcto funcionamiento.

#### *13.2.1.4. Armario botiquín*

La cantidad de botiquines en la obra dependerá del número de trabajadores de la misma, instalado a pie de obra y facilitado por la aseguradora correspondiente.

Así mismo, se dispondrá de un botiquín para efectuar las curas de urgencia y convenientemente señalizado. Dicho botiquín ha de contener los siguientes materiales, según la Ordenanza General de Seguridad y Salud en el Trabajo:

- 1 frasco de agua oxigenada.
- 1 frasco de alcohol de 96 grados.
- 1 frasco de tintura de yodo.
- 1 frasco de mercurocromo.
- 1 caja de gasa estéril.
- 1 rollo de esparadrapo.
- 1 torniquete.
- 1 bolsa para agua o hielo.
- 1 termómetro clínico.
- 1 caja de apósitos.
- Analgésicos.

Dicho botiquín ha de estar supervisado y controlado por una persona capacitada.

### 13.2.2. SEÑALIZACIÓN

Es importante disponer de señales en toda la obra, para el adecuado funcionamiento de las actividades de ejecución. Por lo que, las principales señalizaciones a implementar podrían ser las siguientes:

- Un cartel fácilmente visible con los números de teléfonos de interés más importantes para su uso en caso de accidente o incidente en el contorno de la obra.
- Los accesos a la obra tendrán señales de seguridad normalizados, tales como:
  - ◆ Prohibido el paso de peatones por la entrada de vehículos.
  - ◆ Prohibida la entrada a toda persona ajena a la obra.
  - ◆ Advertencia de caídas a diferente nivel.
  - ◆ Advertencia de caídas al mismo nivel.
  - ◆ Obligatoriedad a la protección de las manos.
  - ◆ Obligatoriedad del uso del casco de seguridad.
  - ◆ Obligatoriedad a la protección de los pies.
  - ◆ Obligatoriedad de protección de vías respiratorias.
- Advertencia de peligro en general.
- Se instalarán señales de riesgo eléctrico en cuadros eléctricos generales y auxiliares.
- Señales de uso de arnés de seguridad en zonas con riesgo de caída a diferente nivel.
- Se colocarán señales de prohibido encender fuego o llama en zonas de almacenamiento de materiales combustibles.
- En los trabajos con martillos neumáticos y compresores se colocará la señal de uso obligatorio de protectores auditivos.
- Se colocará la señal correspondiente a la zona de botiquín y primeros auxilios.
- Se colocarán señales correspondientes a la zona o puntos de extintores.

### 13.2.3. INSTALACIONES DE SANEAMIENTO

Al comienzo de la obra, se construirá una instalación de saneamiento con la finalidad de poder conectar a ella los conductos de los módulos para lavabos, comedores y vestuarios.

### 13.3. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN

Son de obligado cumplimiento las disposiciones legales contenidas en:

- ◆ Estatuto de los Trabajadores (Real decreto 1/1995; BOE nº75, de 29 de marzo de 1995).
- ◆ Ordenanza General de Seguridad y Salud en el Trabajo (Orden de 9 de marzo de 1971; BOE nº64, de 16 de marzo de 1971).
- ◆ Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (Orden de 9 de marzo de 1971; BOE nº60, de 11 de marzo de 1971).
- ◆ Real decreto por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo (Real decreto 486/1997; BOE nº97, de 23 de abril de 1997).
- ◆ Prevención de riesgos laborales (Ley 31/1995; BOE nº269, de 10 de noviembre de 1995).
- ◆ Real decreto por el cual se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de Prevención de riesgos laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales (Real decreto 171/2004; BOE nº27, de 31 de enero de 2004).
- ◆ Reglamento de los Servicios de Prevención en las obras de construcción (Real decreto 39/1997; BOE nº27, de 31 de enero de 1997).
- ◆ Homologación de mediadores de protección personal de los trabajadores (Normas Técnicas Reglamentarias MT) (Orden de 17 de mayo de 1974; BOE nº27, de 29 de mayo de 1974).
- ◆ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real decreto 842/2002; BOE nº224, 18 de septiembre de 2002).
- ◆ Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09 (Real decreto 223/2008, BOE nº68 de 19 de marzo de 2008).
- ◆ Real decreto sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (Real decreto 3275/82; BOE nº288, 1 de enero de 1982). Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT (Orden de 6 de julio de 1984; BOE nº183, 1 de agosto de 1984).
- ◆ Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (Orden de 28 de agosto de 1979; BOE nº213, 5 de septiembre de 1970), teniendo en cuenta las

modificaciones establecidas al análisis relativo, disponible a la web oficial del BOE.

- ◆ Real decreto por el cual se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud a las obras de construcción (Real decreto 1627/1997; BOE nº256, 25 de octubre de 1997).
- ◆ Normas UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- ◆ Real decreto sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud al trabajo (Real decreto 485/1997; BOE nº97, 23 de abril de 1997).
- ◆ Orden por la cual se actualiza el pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes en cuanto a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos (Orden de 28 de diciembre de 1999; BOE nº24, 28 de enero de 2000).
- ◆ Reglamento de Explosivos (Real decreto 230/1998; BOE nº61, 16 de febrero de 1998).
- ◆ Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas (Real decreto 1644/2008; BOE nº246, 11 de octubre de 2008).
- ◆ Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias (Real decreto 2060/2008; BOE nº31, 5 de febrero de 2009).

## **13.4. RIESGOS**

### **13.4.1. RIESGOS PROFESIONALES**

Los riesgos más comunes en las obras, como cortes, caídas, quemaduras, golpes, etc. Se podrán minimizar teniendo especial cuidado en cada una de las actividades de la obra.

Los riesgos que se generan según la actividad en la obra pueden ser los siguientes:

#### **a) Movimientos de tierras**

- Atropello por máquinas y vehículos.
- Colisiones de maquinaria y vehículos.
- Accidentes de vehículos por exceso de carga.
- Ruidos.
- Generación excesiva de polvo.
- Proyección de partículas a los ojos.

- Caídas de materiales de obra.
- Emanaciones de gases tóxicos.

b) Montaje de la estructura.

- Balanceo de cargas.
- Golpes y tropiezos.
- Sobre esfuerzo por posturas incorrectas.
- Interferencias con instalaciones de suministro público
- Cortes y punzadas.
- Contactos eléctricos directos o indirectos.
- Quemaduras derivadas de los trabajos de soldadura.
- Incendios.

c) Maquinaria

- Vuelco.
- Atrapamiento.
- Desplomes de tierras a cotas inferiores.
- Vibraciones.
- Caídas al subir o bajar de la máquina.
- Atropellos.

d) Instalaciones

- Desplomo y/o caída de la maquinaria de obra (silos, grúas, etc.).
- Caída de la carga transportada.
- Caída de materiales, rebotes.
- Accidentes derivados de condiciones atmosféricas.
- Ambiente excesivamente ruidoso.

Entre otros varios riesgos referentes a pavimentos y acabados, incendios, riesgos eléctricos, transporte y vertido, etc.

#### **13.4.2. RIESGO DE DAÑOS A TERCEROS**

Estos riesgos pueden deberse a la intrusión de terceras personas ajenas a la obra una vez comenzada la misma. Por lo tanto, es obligatorio restringir el acceso a la zona de obra a

terceras personas, colocando cinta de balizamiento reflectante, así como colocar un cartel prohibiendo el paso a toda persona ajena a la obra.

Dichos riesgos pueden ser:

- Caída al mismo nivel.
- Caída de objetos y materiales.
- Atropellos.
- Otros riesgos debidos a los desvíos de carreteras.

## **13.5. PREVENCIÓN DE RIESGOS**

### **13.5.1. A PROFESIONALES**

Se organizarán las actividades con la finalidad de proporcionar la máxima seguridad de los trabajadores, higiene y confort durante la ejecución de la obra.

Como criterio general prevalecerán las protecciones colectivas respecto de las individuales. Además, será necesario el buen mantenimiento de la maquinaria, medios auxiliares y herramientas de trabajo.

Será imprescindible el uso de medios de protección homologados según la normativa vigente.

#### *13.5.1.1. Protecciones individuales*

Éstas pueden ser:

- Casco de seguridad no metálico, clase N, aislante para baja tensión, para todos los operarios, incluidos los visitantes.
- Botas de seguridad para todo el personal.
- Guantes de uso general, de cuero y anticorte para la utilización de materiales y objetos.
- Cinturón porta herramientas.
- Monos, de color amarillo y vivo para facilitar la visibilidad.
- Botas de agua homologadas para trabajos en terreno embarrado.
- Botas de agua homologadas para puesta en obra del hormigón.
- Gafas convencionales y sobrepuestas a gafas graduadas, contra impactos y antipolvo en todas las operaciones en que pueda producirse desprendimientos de partículas.
- Gafas de seguridad de protección frente a riesgos mecánicos con montura universal, con visor de malla de rejilla metálica.

- Cinturón de seguridad, clase A, tipo 2, en trabajos a nivel superior del suelo.
- Dispositivo de autobloqueo, para sujetar el cinturón de seguridad a una cuerda de 16 mm.
- Máscara antipolvo y contra vapores tóxicos.
- Máscara de protección respiratoria.
- Protectores auditivos.
- Guantes de soldador.
- Manguitos de soldador.
- Pantalón, camisa y chaqueta de trabajo.
- Trajes impermeables para ambientes lluviosos.
- Chalecos reflectantes para el personal de protección y visitantes.

#### 13.5.1.2. *Protecciones colectivas*

##### a) Señalización general.

Ha de haber una señalización general que implicará las siguientes:

- Vallado perimetral de toda la obra.
- Señalización de los accesos mediante cinta de color de las entradas de paso de camiones diferenciadas a las de paso de peatones
- En las entradas de personal de obra se instalarán señales de riesgo como: prohibido fumar, prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, prohibido encender fuego, uso obligatorio del casco y botas de seguridad. Entrada y salida de vehículos.
- Una vez superada la entrada, se colocarán señales referentes a la seguridad, prohibiciones, obligaciones y advertencias más usuales.
- Disco de aviso de obra, limitación de velocidad, etc. Para vehículos.
- En la zona de acopio de materiales se colocará la señal de caída al mismo nivel.
- Señal informativa de localización de las áreas de descanso del personal.

##### b) Estructura.

- Se evitará el balanceo de las cargas.
- No se moverán cargas por encima del personal.
- Antes del vertido del hormigón, se comprobará la buena estabilidad del conjunto.

- Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante la operación de izado de las piezas metálicas, armaduras, nervios, etc.
- Cable fiador para el cinturón de seguridad fijado en anclajes de servicio.

c) Maquinaria

- Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimientos de tierras, para evitar los riesgos por atropello.
- Se prohíbe trabajar con maquinaria para el movimiento de tierras en la proximidad de la línea eléctrica.
- Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2m. del borde de la excavación (como norma general).
- La presión de los neumáticos de los tractores será revisada, y corregida en su caso diariamente.
- Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.
- Se prohíbe el transporte de personas sobre máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o atropellos.
- Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción y mantenimiento permanecerán limpios de grava, barro y aceite, para evitar riesgos de caída.
- Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento, la cuchilla, cazo, etc. Puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto, para evitar riesgos por fallos del sistema hidráulico.
- Las máquinas para el movimiento de tierras serán inspeccionadas diariamente controlando el buen funcionamiento del motor, sistemas hidráulicos, frenos, dirección, luces, bocina de retroceso, transmisiones, cadenas y neumáticos.

También se ha contemplar protecciones contra incendios y explosiones, prevenciones en excavaciones o vaciados, desbroce y explanación, etc.

### 13.5.2. A TERCEROS

Se analizarán los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, colocando, en su caso, un vallado perimetral entorno a la obra. Así como la colocación de carteles que prohíben el acceso a toda persona ajena a la obra.

## **Anejo n.º 5. Estudio de impacto ambiental**

### **14. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Un estudio de impacto ambiental es aquel que se realiza previamente para estimar el daño que puede causar la obra en el medio natural en el que se ejecuta.

El medio natural es el conjunto de elementos y características originales de la zona sometida a estudio, no solo de sus características físicas o geográficas, sino también de sus valores naturales, paisajísticos, históricos, de convivencia, etc.

#### **14.1. NORMATIVA EUROPEA**

- Directiva relativa a la evaluación de los efectos de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. (DOUE-L nº26, de 28 de enero de 2012).
- Directiva 2001/42, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planos y programas en el medio ambiente. (DOUE-L nº197, de 21 de julio de 2001).

#### **14.2. NORMATIVA ESTATAL**

- Real decreto Legislativo por el cual se aprueba el Texto refundido de la Ley de evaluación de impacto ambiental de proyectos. (Real decreto Legislativo 1/2008; BOE Nº23, 26 de enero de 2008).

#### **14.3. IMPACTOS ORIGINADOS POR EL PROYECTOS**

La construcción y uso de la pasarela producen impactos ambientales que se ha de han de estudiar para poder encontrar los mecanismos de minimizar e incluso eliminarlos.

Los impactos ambientales que de forma general se pueden originar de la ejecución de la obra son los siguientes:

- ♦ *Geología*. Este impacto afecta al área de ejecución de la pasarela puesto que se ha de realizar movimientos de tierra para la ejecución de la cimentación, ya sea superficial o profunda.
- ♦ *Suelos*. Los suelos se verán afectados, por muchos controles que se realicen, por vertidos de óleos, grasas, hidrocarburos, hormigones procedentes de la

maquinaria de la obra. Todos estos productos podrían filtrarse en el terreno y contaminarlo de alguna manera.

- ◆ *Atmósfera.* Ésta puede verse afectada por la emisión de gases de las maquinarias y por el polvo que se puede generar durante la ejecución.
- ◆ *Ruido.* El medio puede verse afectado por un incremento sonoro, por encima de los límites permitidos, durante la ejecución e incluso en la explotación de la estructura.
- ◆ *Fauna.* Puesto que la avenida del Conde de vallellano no se contempla una fauna que pueda ser afectada durante la ejecución y explotación de la obra.
- ◆ *Vegetación.* Los daños en la vegetación se van a producir puesto que a ambos lados de la avenida se dispone de jardines que se ocuparían para los trabajos de ejecución de la pasarela.
- ◆ *Paisajístico.* La pasarela está diseñada para que se integre de la mejor manera posible, con importante reducción del impacto visual.
- ◆ *Residuos.* Se generarán escombros de las excavaciones y desechos debidos tanto a la propia actividad como la generación de residuos por las necesidades de los operarios durante la jornada laboral.
- ◆ *Humano.* Debido a la ejecución de la obra, se realizarán desvíos y cortes de carreteras y vías que afectarán a los conductores y peatones.

#### **14.4. MEDIDAS CORRECTORAS**

Es necesario reducir drásticamente los impactos ambientales importantes y eliminar, si fuera posible, los menos importante.

##### **14.4.1. GEOLOGÍA**

El impacto que se genera debido a la ejecución de la cimentación profunda se puede reducir empleando lodos bentoníticos para la perforación y reducir así los daños sobre el terreno.

##### **14.4.2. SUELOS**

En la ejecución de la pasarela no se realizarán importantes movimientos de tierras, por lo que, las medidas principales se llevarán a cabo para prevenir los vertidos de sustancias contaminantes mencionadas anteriormente.

#### **14.4.3. RUIDOS**

Los ruidos que se pueden generar en la obra han de tener en cuenta las personas próximas a la avenida, evitando siempre superar los umbrales sonoros establecidos para la tranquilidad de los mismos.

#### **14.4.4. VEGETACIÓN**

Se procurará no ocupar un área extensa dentro de los jardines y reducir los accesos al entorno de los trabajos.

Al finalizar la obra, será necesario reponer el paisaje previamente ocupado como en sus inicios a la ejecución de la obra.

#### **14.4.5. RESIDUOS**

Los residuos generados serán separados por tipologías para facilitar su transporte y eliminación o reciclado, según marque el proyecto de gestión de residuos previamente elaborado.

Se procurará que el personal de la obra esté plenamente concienciado con el medio ambiente y su conservación.

### **14.5. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL**

Dicho programa consistirá en llevar a cabo el control de los parámetros de impacto ambiental descritos anteriormente. Consistirá en:

- ◆ Verificar la evaluación inicial de los impactos previstos.
- ◆ Controlar la aplicación de cada una de las medidas correctoras definidas.
- ◆ Definir de inmediato las medidas correctoras adecuadas no previstas en el proyecto.
- ◆ Definir nuevas medidas en caso de ineficacia de las previstas.

Este programa se aplicará tanto en la fase de construcción de la estructura, así como el periodo de garantía de la obra, controlando que las medidas preventivas se mantienen, y si no, proponer nuevas medidas adicionales.

Dicho programa se irá adaptando según las necesidades de la obra y estará controlado por los órganos administrativos competentes en materia del proyecto, y por unidad orgánica competente en materia de gestión del medio ambiente.

## **Anejo n.º 6. Justificación de precios**

### **15. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS**

#### **15.1. PRECIOS UNITARIOS DESCOMPUESTOS**

| Código                                              | Ud. | Descripción                         | Cantidad  | Precio | Importe    |
|-----------------------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----------|--------|------------|
| <b>PRECIOS UNITARIOS</b>                            |     |                                     |           |        |            |
| <b>U01 MANO DE OBRA</b>                             |     |                                     |           |        |            |
| U01AA007                                            | h   | Oficial primera                     | 180,60    | 16,57  | 2.992,54   |
| U01AA009                                            | h   | Ayudante                            | 65,10     | 14,67  | 955,02     |
| U01AA011                                            | h   | Peón suelto                         | 141,75    | 14,48  | 2.052,54   |
| U01FG405                                            | h   | Montaje estructura metálica         | 6.149,46  | 16,00  | 98.391,41  |
| <b>U04 ÁRIDOS, CONGLOMERADOS, ADITIVOS Y VARIOS</b> |     |                                     |           |        |            |
| U04MA723                                            | m³  | Hormigón HA-25/P/20/ Ila central    | 19,95     | 72,84  | 1.453,16   |
| <b>U06 ACERO PARA ARMAR Y TALLER</b>                |     |                                     |           |        |            |
| U06AA001                                            | kg  | Alambre atar 1,3 mm                 | 8,40      | 1,48   | 12,43      |
| U06DA010                                            | kg  | Puntas plana 20x100                 | 10,50     | 2,50   | 26,25      |
| U06GJ001                                            | kg  | Acero corrugado B 500-S prefor.     | 705,60    | 0,93   | 656,21     |
| U06JA001                                            | kg  | Acero laminado S275J0               | 11.355,03 | 0,96   | 10.900,83  |
| U06SA420                                            | m   | Tubo rectangular 80x60x2 mm         | 50.918,52 | 6,61   | 336.571,42 |
| U06SA610                                            | kg  | Acero en tubular S275J0             | 14.789,10 | 1,51   | 22.331,55  |
| <b>U07 MADERA PARA ENCOFRAR Y CUBRIR</b>            |     |                                     |           |        |            |
| U07AI001                                            | m³  | Madera pino encofrar 26 mm          | 1,47      | 145,66 | 214,12     |
| <b>U08 PREFABRICADOS PARA ESTRUCTURAS</b>           |     |                                     |           |        |            |
| U08CC105                                            | m²  | m² Placa semialveolar Farlap 12+5.5 | 210,00    | 36,80  | 7.728,00   |
| <b>U16 IMPERMEABILIZANTES</b>                       |     |                                     |           |        |            |
| U16AD003                                            | kg  | Imprimación asfáltica Curidán       | 105,00    | 1,02   | 107,10     |
| <b>U18 SOLADOS, ALICATADOS Y CHAPADOS II</b>        |     |                                     |           |        |            |
| U18RA108                                            | kg  | Slurry negro                        | 630,00    | 0,48   | 302,40     |
| U18RA118                                            | kg  | Slurry verde                        | 315,00    | 1,51   | 475,65     |
| <b>U36 PINTURAS</b>                                 |     |                                     |           |        |            |
| U36IA010                                            | L   | Minio electrolítico                 | 763,58    | 9,50   | 7.254,05   |
| <b>U39 OBRA CIVIL Y CARRETERAS</b>                  |     |                                     |           |        |            |
| U39AF002                                            | h   | Camión grua 5 t.                    | 1,05      | 18,50  | 19,43      |

| Código                   | Ud. | Descripción                 | Cantidad | Precio | Importe  |
|--------------------------|-----|-----------------------------|----------|--------|----------|
| <b>PRECIOS UNITARIOS</b> |     |                             |          |        |          |
| U39AR001                 | h   | Grupo electrógeno 20/30 kva | 21,00    | 2,80   | 58,80    |
| U39AZ012                 | h   | Equipo soldadura            | 21,00    | 0,64   | 13,44    |
| U39MA001                 | m   | Barandilla galvanizada      | 105,00   | 32,95  | 3.459,75 |

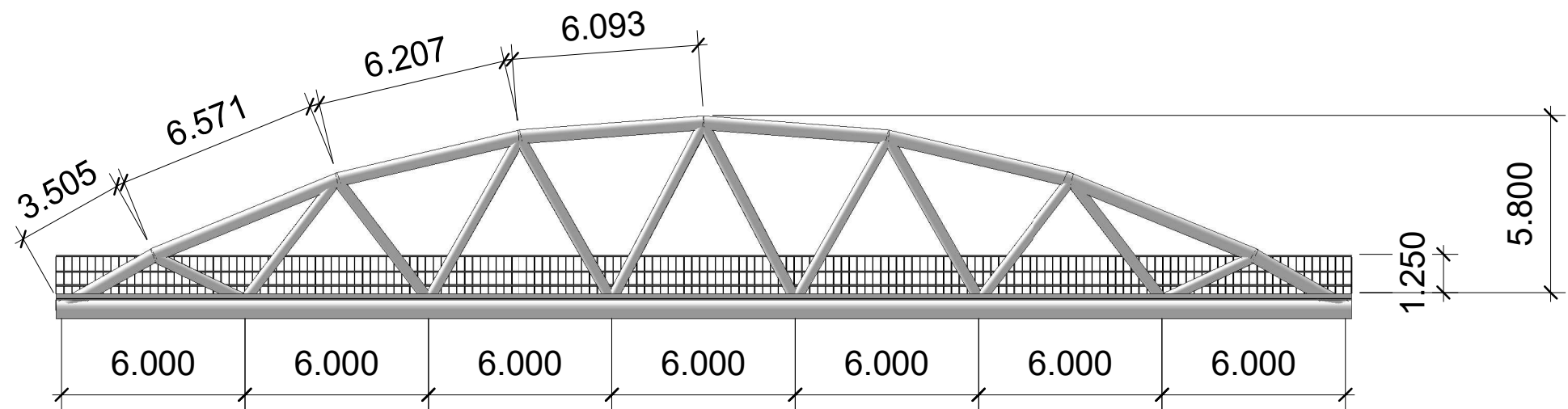
**U42 SEGURIDAD Y SALUD**

|          |    |                                   |        |        |          |
|----------|----|-----------------------------------|--------|--------|----------|
| U42AA212 | ud | Alquiler caseta oficina con aseo  | 1,00   | 92,00  | 92,00    |
| U42AA410 | ud | A.a/inod,ducha,lavab 3g,termo     | 1,00   | 112,00 | 112,00   |
| U42AA710 | ud | Alquiler caseta prefa.comedor     | 1,00   | 68,00  | 68,00    |
| U42AA810 | ud | Alquiler caseta p.vestuarios      | 1,00   | 74,00  | 74,00    |
| U42AE001 | ud | Acometida prov. elect. a caseta   | 1,00   | 95,00  | 95,00    |
| U42AE101 | ud | Acometida prov. fontan. a caseta  | 1,00   | 86,00  | 86,00    |
| U42AE201 | ud | Acometida prov. saneamt. a caseta | 1,00   | 70,00  | 70,00    |
| U42AG210 | ud | Banco polipropileno 5 pers.       | 2,00   | 180,00 | 360,00   |
| U42AG408 | ud | Espejo 80x60 cm vestuarios        | 1,00   | 44,00  | 44,00    |
| U42AG501 | ud | Microondas de 18 l. y 800 W       | 1,00   | 85,00  | 85,00    |
| U42AG630 | ud | Mesa melamina 10 personas.        | 1,00   | 190,00 | 190,00   |
| U42AG801 | ud | Botiquín de obra                  | 1,00   | 22,00  | 22,00    |
| U42CC040 | ud | Valla contención peatones         | 70,00  | 36,00  | 2.520,00 |
| U42CC230 | m  | Cinta de balizamiento reflej.     | 100,00 | 0,09   | 9,00     |
| U42EA001 | ud | Casco de seguridad homologado     | 10,00  | 1,99   | 19,90    |
| U42EA220 | ud | Gafas contra impactos             | 10,00  | 11,36  | 113,60   |
| U42EA601 | ud | Protectores auditivos.            | 5,00   | 6,60   | 33,00    |
| U42EB120 | ud | Filtro 100 cc Resp. buconasal     | 10,00  | 4,49   | 44,90    |
| U42EC001 | ud | Mono de trabajo                   | 10,00  | 9,60   | 96,00    |
| U42EC040 | ud | Chaqueta serraje para soldador    | 3,00   | 48,00  | 144,00   |
| U42EC050 | ud | Peto reflectante BUT./amar.       | 10,00  | 16,50  | 165,00   |
| U42EC401 | ud | Cinturón de seguridad homologado  | 4,00   | 66,89  | 267,56   |
| U42EC440 | ud | Arnés seguridad amarre dorsal     | 5,00   | 26,60  | 133,00   |
| U42EC520 | ud | Cinturón porta herramientas.      | 5,00   | 22,09  | 110,45   |
| U42ED110 | ud | Protectores auditivos verst.      | 10,00  | 18,50  | 185,00   |
| U42EE010 | ud | Par Guantes neopreno 100%         | 10,00  | 3,10   | 31,00    |
| U42EG001 | ud | Par de botas de agua              | 10,00  | 7,10   | 71,00    |
| U42GA001 | m² | Red de seguridad h=10 m.          | 150,00 | 0,98   | 147,00   |
| U42IA201 | h  | Equipo de limpiez.y conserv.      | 1,00   | 22,68  | 22,68    |

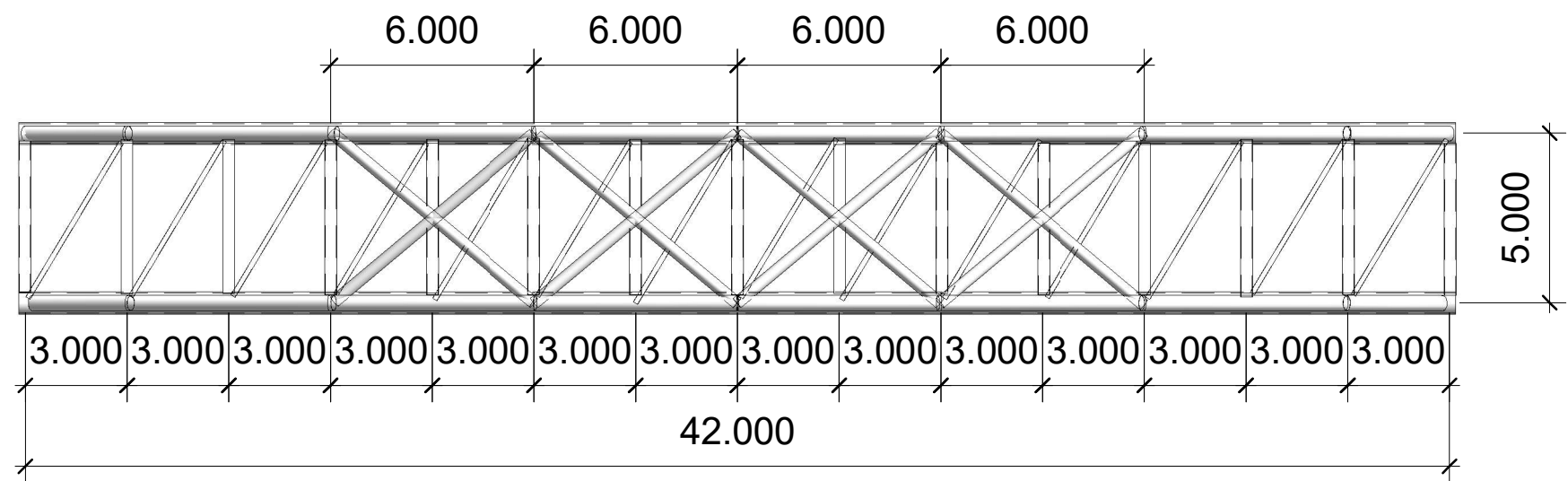
Unidades en metros (m)



|             |                    |                 |       |                                            |
|-------------|--------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|             | FECHA              | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO    | 25/05/2019         | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO  |                    | OBIANG          |       |                                            |
|             |                    | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:     | PLANO DE SITUACIÓN |                 |       | Nº PLANO:                                  |
| NO INDICADA |                    |                 |       | 1/7                                        |
|             |                    |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|             |                    |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |

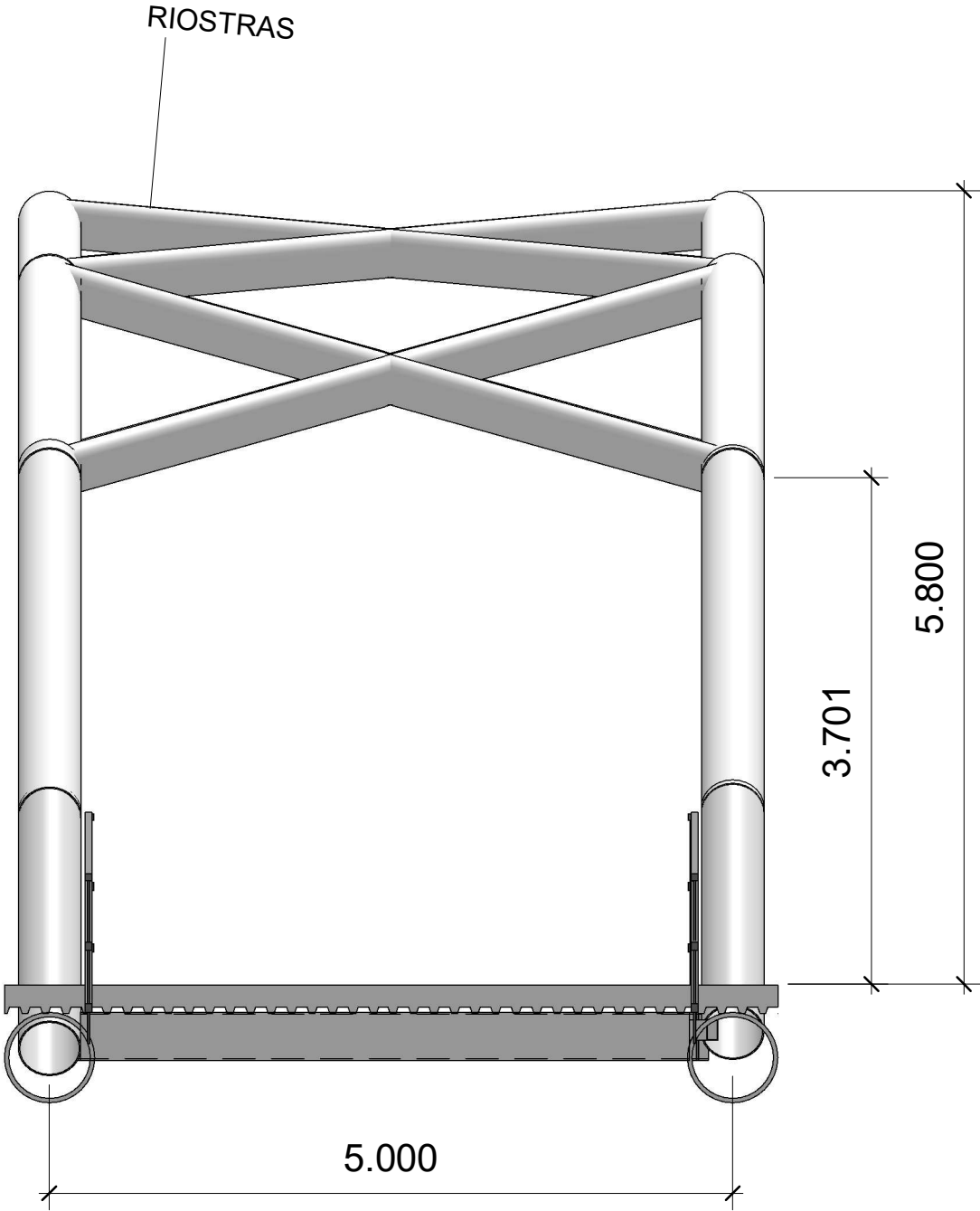


1 Alzado Norte  
1 : 200

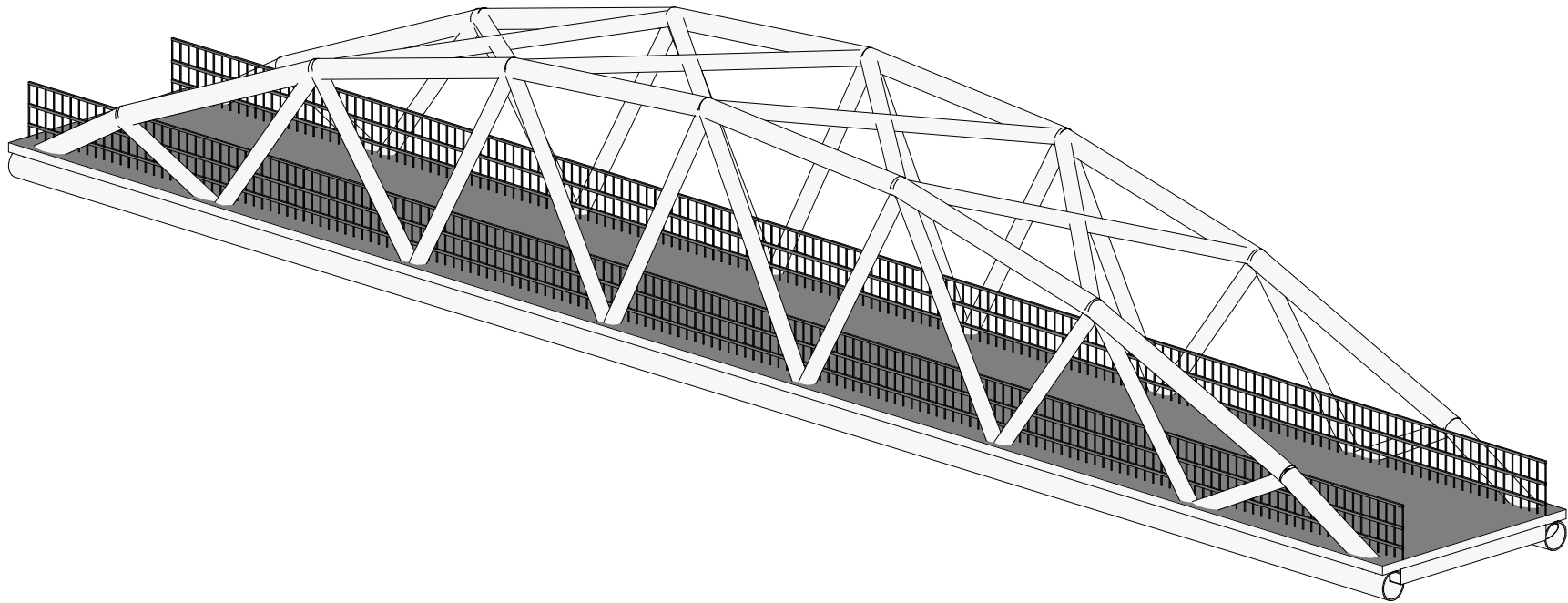


2 Planta  
1 : 200

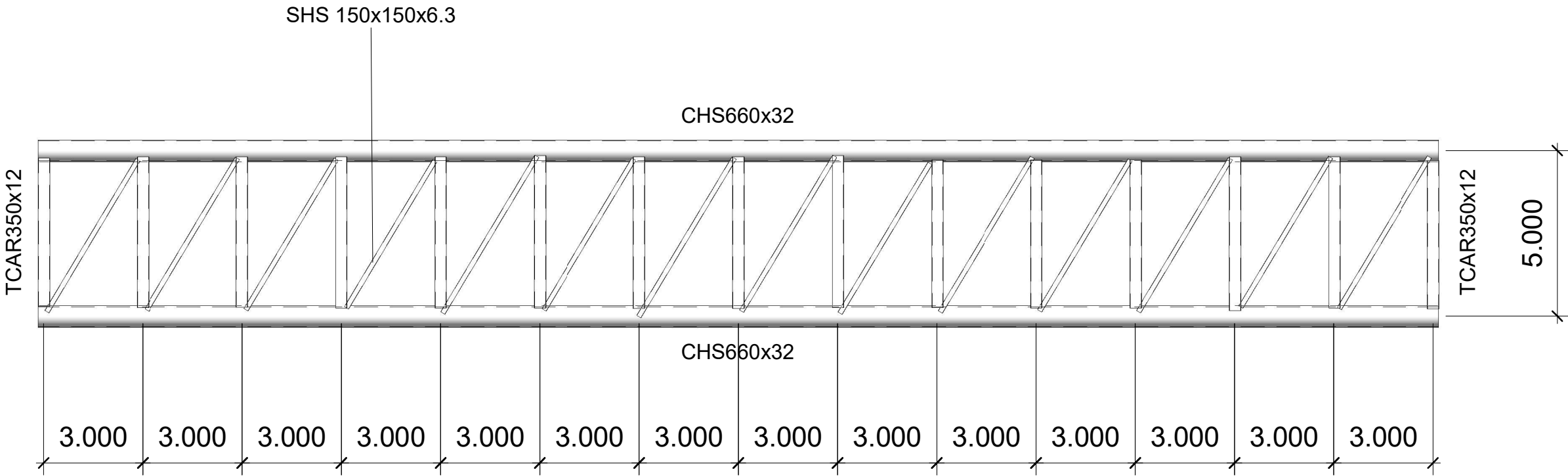
|            |                 |                 |       |                                            |
|------------|-----------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA           | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO   | 25/05/2019      | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO |                 | OBIANG          |       |                                            |
|            |                 | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:    | ALZADO Y PLANTA |                 |       | Nº PLANO:<br>2/7                           |
| 1:200      |                 |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                 |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |



DETALLE EN 3D  
Escala no determinada

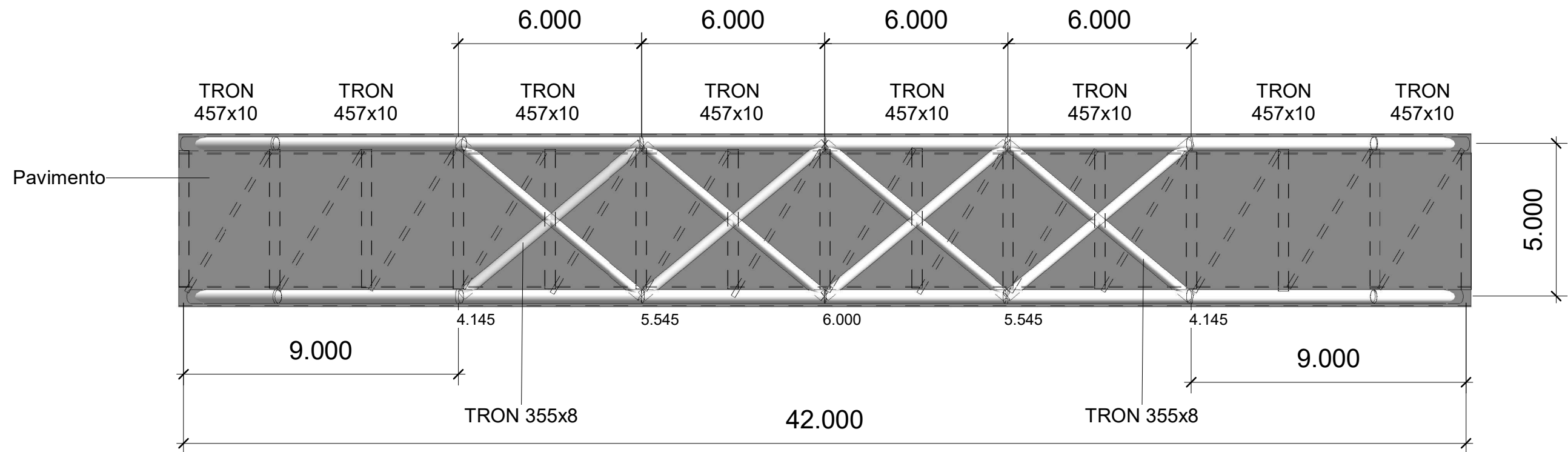


|            |                      |                 |       |                                            |
|------------|----------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA                | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO   | 25/05/2019           | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO |                      | OBIANG          |       |                                            |
|            |                      | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:    | PERFIL Y VISTA EN 3D |                 |       | Nº PLANO:                                  |
| INDICADA   |                      |                 |       | 3/7                                        |
|            |                      |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                      |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |



1 Perfiles del tablero  
1 : 150

|            |                                                                  |                 |       |                                            |
|------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA                                                            | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO   | 25/05/2019                                                       | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO |                                                                  | OBIANG          |       |                                            |
|            |                                                                  | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:    | DETALLES DE LOS PERFILES<br>DEL TABLERO Y RIOSTRAS<br>INFERIORES |                 |       | Nº PLANO:                                  |
| 1:150      |                                                                  |                 |       | 4/7                                        |
|            |                                                                  |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                                                                  |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |

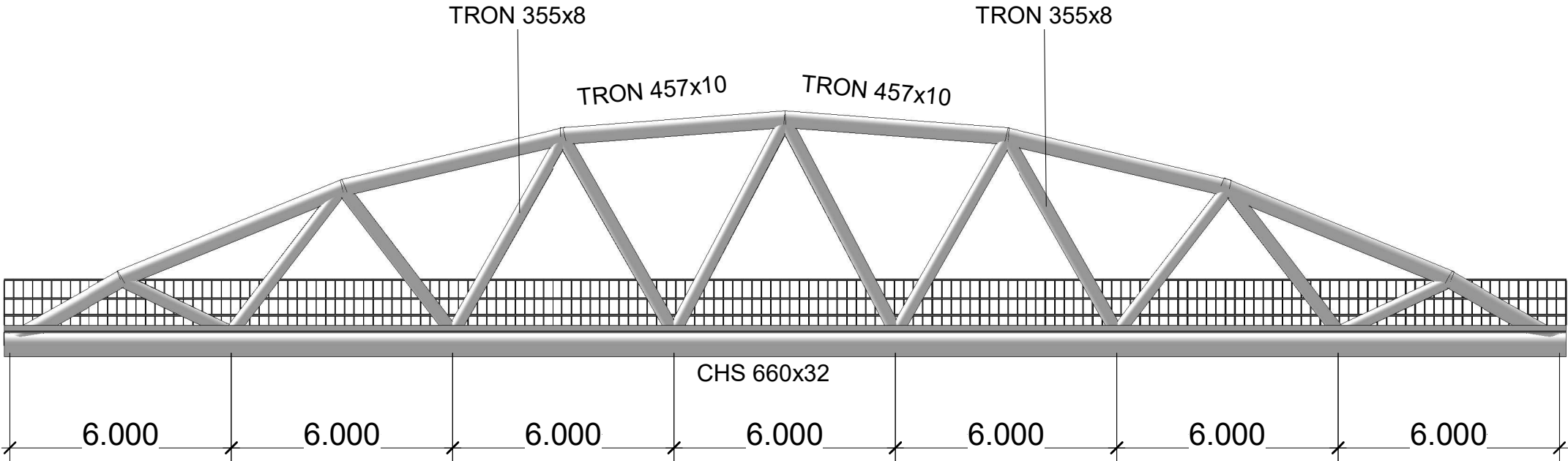


1

# Perfiles de arco

1 : 150

|                                                  |                                                                                        |                 |       |                                                                                                     |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | FECHA                                                                                  | NOMBRE          | FIRMA | <div> <div>ESCUELA POLITÉCNICA<br/>SUPERIOR DE LINARES</div> </div>                                 |
| DIBUJADO                                         | 25/05/2019                                                                             | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                                                                                     |
| COMPROBADO                                       |                                                                                        | OBIANG          |       |                                                                                                     |
|                                                  |                                                                                        | MBASOGO         |       |                                                                                                     |
| <div> <div>ESCALA:</div> <div>1:150</div> </div> | <div> <div>DETALLES DE LOS PERFILES<br/>DE ARCO Y RIOSTRAS<br/>SUPERIORES</div> </div> |                 |       | <div> <div>Nº PLANO:</div> <div>5/7</div> </div> <div>SUSTITUYE A:</div> <div>SUSTITUIDO POR:</div> |



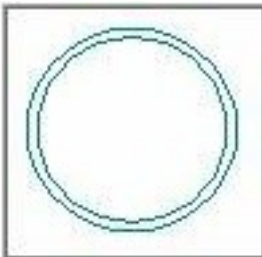
1 Perfiles en alzado  
1 : 150

|            |                                        |                 |       |                                            |
|------------|----------------------------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA                                  | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO   | 25/05/2019                             | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO |                                        | OBIANG          |       |                                            |
|            |                                        | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:    | DETALLES DEL PERFIL<br>DE LAS PÉNDOLAS |                 |       | Nº PLANO:<br>6/7                           |
| 1:150      |                                        |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                                        |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |

Unidades en metros (m)

Barra n.º: 22      Sección: CHS 660x32  
Dimensiones:

| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 66,0    | 66,0    |



Características seccionales:

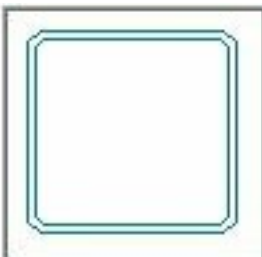
| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 631,01                | 623770,40             | 311885,20             | 311885,20             |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |

Barra n.º: 43      Sección: SHSH  
Dimensiones:

| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 15,0    | 15,0    |



Características seccionales:

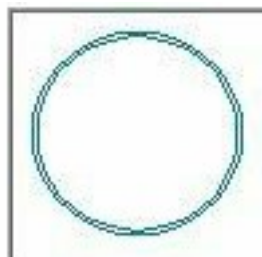
| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 35,80                 | 1909,00               | 1223,00               | 1223,00               |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 275,00   |

Barra n.º: 20      Sección: TRON 355x8  
Dimensiones:

| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 35,6    | 35,6    |



Características seccionales:

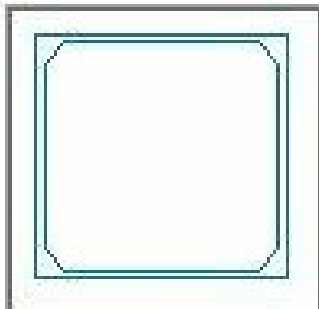
| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 87,36                 | 26402,70              | 13201,40              | 13201,40              |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |

Barra n.º: 65      Sección: TCAR 350x12  
Dimensiones:

| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 35,0    | 35,0    |



Características seccionales:

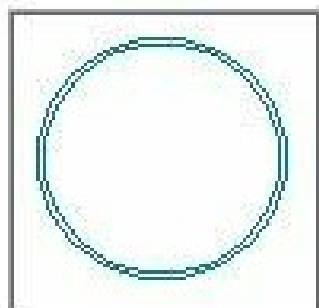
| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 157,80                | 47390,00              | 29600,00              | 29600,00              |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |

Barra n.º: 30      Sección: TRON 457x10  
Dimensiones:

| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 45,7    | 45,7    |



Características seccionales:

| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 140,43                | 70182,65              | 35091,32              | 35091,32              |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |

|             | FECHA                                             | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
|-------------|---------------------------------------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
| DIBUJADO    | 25/05/2019                                        | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO  |                                                   | OBIANG          |       |                                            |
|             |                                                   | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:     | CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES<br>DE LA PASARELA |                 |       | Nº PLANO:<br>7/7                           |
| NO INDICADA |                                                   |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|             |                                                   |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |

# **PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA**

**PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS  
PARTICULARES**

## 1. INSTRUCCIONES Y GENERALIDADES

### 1.1. DEFINICIÓN

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (en lo sucesivo P.P.T.P) constituye un conjunto de instrucciones, normas y especificaciones para el desarrollo de las obras a que se refiere el presente proyecto, y contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales a utilizar, el modo de ejecución y mediciones de las diferentes unidades de obra y, en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el presente proyecto.

### 1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente P.P.T.P será de aplicación al “PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA”. Proyecto cuya ejecución, como lo describe el título, se llevará a cabo en la Ciudad de Córdoba, concretamente en la Avenida del Conde de Vallellano.

### 1.3. INSTRUCCIONES Y NORMATIVA APLICABLE

Es de aplicación el Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, (PG-3), actualizado a 24 de octubre de 2011, para la ejecución de las obras incluidas en el presente proyecto. La citada edición recoge todos los artículos del PG-3 de acuerdo con todas las modificaciones realizadas desde su primera edición por las órdenes ministeriales y circulares publicadas hasta la fecha.

Las normas de este P.P.T.P prevalecerán en su caso sobre las del general PG-3. Se podrá cumplir con lo dispuesto en el PG-3 siempre y cuando el artículo no se oponga a lo expresado en este P.P.T.P, según juicio de la Dirección Facultativa.

Las principales normas empleadas en el presente proyecto para el diseño de la estructura son las siguientes:

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11).
- Instrucción de Acero Estructural (EAE).
- Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07).

Estas tres normas han sido complementadas por las siguientes:

- Obras de paso de nueva construcción.
- Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC.
- Documento Básico de Seguridad Estructural: Acero (DBSE-A).

Además de lo recogido en este pliego, será de obligado cumplimiento las siguientes disposiciones:

#### 1.3.1. NORMAS OFICIALES DE CARÁCTER GENERAL

- Reglamento General de a ley de contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto 1098/01, de 12 de Octubre.
- Estatuto de los Trabajadores. Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de Marzo y modificaciones posteriores: Ley 60/1997, de 19 de diciembre; R.D. 488/1998, de 27 de marzo; R.D. 1659/1998, de 24 de julio; R.D. 2720/1998, de 18 de diciembre; Ley 24/1999, de 6 de julio y Ley 33/2002, de 5 de julio.
- Ley 14/2007 de 26 de noviembre, de Patrimonio Histórico de Andalucía. (BOJA núm. 248, de 19 de diciembre).
- Decreto 19/1995, de 7 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de protección y fomento del patrimonio histórico de Andalucía. (BOJA núm. 43, de 17 de marzo).

#### 1.3.2. NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD

- Ley 31/1.995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. nº 269 de 10 de noviembre de 1.995).
- Ley 54/03, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE de 31 de enero.
- Real Decreto 485/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud en el trabajo. BOE de 23 de abril.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. BOE de 23 de abril.

- Real Decreto 773/1.997 de 30 de Mayo sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los Trabajadores de los Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 614/2.001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la Salud y Seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1316/1.989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido durante el trabajo.

También es obligatorio aplicar la legislación ambiental, tanto estatal como autonómica.

Para el cumplimiento de estas normativas, tanto el promotor como el contratista han de contemplar la contratación de un Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

#### 1.4. DIRECCIÓN DE OBRA

La dirección, control y vigilancia de las obras estarán encomendadas a un Equipo de Dirección, encabezado por el Director de Obra.

El contratista ha de tener al frente de las obras, en todo momento, a un Jefe de Obra, con autoridad conferida suficiente para ejecutar las órdenes del Equipo de Dirección.

#### 1.5. LIBRO DE INCIDENCIAS

Es el libro que recoge todas las circunstancias y detalles relativos al desarrollo de las obras que la Dirección de Obra considere oportunos y entre otros los siguientes:

- Condiciones atmosféricas generales durante la ejecución de los trabajos en los cuales dichas condiciones pueden ser determinantes.
- Relación de trabajos efectuados, con detalle de su localización dentro de la obra.
- Relación de ensayos efectuados. con resumen de los resultados, o relación de los documentos en que éstos se recogen.
- Cualquier otra circunstancia que pueda influir en la calidad o en el ritmo de ejecución.

## 1.6. PERMISOS Y LICENCIAS

El Contratista deberá tener todos los permisos y licencias necesarios para la ejecución y puesta en servicio de las obras y deberá abonar los cargos, tasas e impuestos derivados de la obtención de éstos, sin que se tenga a reclamar cantidad alguna por tal concepto.

## 1.7. SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRAS

Durante el periodo de ejecución de las obras, se considerará lo previsto en el PG-3 en su parte séptima “Señalización, Balizamiento y Sistemas de Contención de Vehículos”.

## 1.8. ENSAYOS Y ANÁLISIS DE LOS MATERIALES

El contratista está obligado a realizar sus propios controles sobre los materiales empleados y unidades de obra.

El número de ensayos y su frecuencia tanto sobre materiales como sobre unidades de obra terminadas, será fijado por la Dirección de Obra.

## 1.9. CONTRADICCIONES, OMISIONES Y ERRORES

Las omisiones de Planos y Pliego, o las descripciones erróneas de los detalles de obra, que sean indispensables para llevar a cabo la intención expuesta en los Planos o Pliego de Prescripciones, o que por uso y costumbre deben ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubiesen sido completa y correctamente ejecutados en los Planos y Pliegos de Prescripciones.

En los casos de discrepancia entre Planos y demás disposiciones técnicas y las expuestas en el Pliego, prevalecerá el presente Pliego.

## 1.10. PLAZO Y EJECUCIÓN DE LA OBRA

El plazo de ejecución de la obra es el indicado en la Memoria del Proyecto a partir de la fecha del Acta de Replanteo de la obra.

### 1.11. PRECAUCIONES DURANTE LA OBRA

Durante la ejecución de la obra, se mantendrá en todo el tramo de la avenida, las señales de precaución reglamentarias necesarias y las que la Dirección de Obra estime oportunas para la seguridad del tránsito, cumplimentando lo dispuesto en la Instrucción de Carreteras 8.3-IC. Señalización de Obras, de Septiembre de 1987.

### 1.12. CORTES DE TRÁFICO

Dado que la pasarela se ejecuta en una avenida con mucho tránsito de vehículos y de personas, será necesario el corte de tráfico de la misma. Para ello, la Dirección de Obra deberá autorizarlos, publicándolos con bastante antelación en los periódicos o medios informativos.

### 1.13. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS

Todo lo que ordene la Dirección de Obra y que no se desmarque del eje principal del proyecto será ejecutado obligatoriamente.

Todas las obras se ejecutarán siempre atendiéndose a las reglas de la buena construcción y con materiales de primera calidad, sujetos a las normas del presente Pliego.

### 1.14. CONSERVACIÓN DE LA OBRA

El Contratista quedará comprometido a conservar a su costa y hasta que sean recibidas provisionalmente, todas las obras que integran el Proyecto. Así mismo, queda obligado a la conservación y funcionamiento de las instalaciones durante el plazo acordado con el promotor y a partir de la fecha de recepción, debiendo sustituir cualquier parte de ellas que haya experimentado desplazamiento o sufrido deterioro por negligencia u otros motivos que le sean imputables, o como consecuencia de los agentes atmosféricos previsibles, o cualquier otra causa que no se pueda considerar como inevitable.

## 2. MATERIALES

### 2.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

En general, serán válidas todas las prescripciones referentes a las condiciones que deben satisfacer los materiales y su mano de obra, recogidas en las instrucciones, pliegos de prescripciones técnicas generales y normas oficiales, que reglamentan la recepción, transporte, manipulación y empleo de cada uno de los materiales que se utilizan en las obras del presente pliego.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales, se hará de modo que no queden alternadas sus características ni sufran deterioro en sus formas o dimensiones.

Todos los materiales empleados en la obra deben mantener sus características iniciales y merecer la conformidad del Jefe de Obra, quien, en función de su criterio, se reserva el derecho de ordenar que sean retirados o reemplazados, dentro de cualquiera de las etapas de la obra o de sus plazos de garantía, siempre que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la obra.

### 2.2. ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES

Se ha de contemplar almacenes precisos para asegurar la conservación de los materiales, evitando su destrucción o deterioro y cumpliendo con lo indicado en este P.P.T.P

Los materiales se almacenarán de modo que se asegure su correcta conservación y de forma que sea posible su inspección en todo momento, y que pueda asegurarse el control de calidad con el tiempo necesario para que sea conocidos los resultados antes de su empleo en obra.

### 2.3. ACOPIO DE LOS MATERIALES

Será obligatorio establecer un acopio de materiales y mantenerlos en correctas condiciones para su posterior uso.

Se ha de prever el lugar y la manera de realizar los acopios de los distintos tipos de materiales.

La aprobación del emplazamiento del acopio de materiales implica que se ha tenido en cuenta sus accesos y todas las medidas que se propone llevar a cabo para garantizar la preservación de la calidad de los materiales.

Las zonas de acopio deben cumplir las condiciones mínimas siguientes:

- Deberán mantenerse los servicios públicos o privados existentes.

- Estarán provistas de los dispositivos y obras necesarias para la recogida y evacuación de las aguas superficiales.
- En ellas los materiales deberán poder disponerse de forma que no se merme su calidad, tanto en su manipulación como en su situación de acopio.
- Tendrán las medidas para prevenir riesgos de daños a terceros.

## 2.4. PRINCIPAL MATERIAL DEL PROYECTO

El material básico a emplear en la obra es el acero. Por lo que, este apartado se basará en la parte sexta del PG-3, Capítulo III y Artículo 640 “Estructuras de acero”.

## 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Se plantea una estructura de pasarela en la Avenida del Conde de Vallellano de Córdoba. Una pasarela apoyada en los extremos y sin apoyos intermedios puesto que la avenida no contempla la posibilidad de un apoyo central.

La pasarela es de 42 metros de luz y 5 metros de ancho, constituyendo una estructura metálica cuyo tablero se ejecuta con chapa grecada HIANSA de 1 mm sobre la que se aplicará un canto de 17,5 cm compuesto por 12 cm de espesor de losa de hormigón armado, un espesor intermedio de regulación de 2,5 cm y un espesor superficial (Slurry color verde C 1/2/3) de 3 cm.

Se ha de aplicar a la capa superficial una pendiente transversal de 0,5% desde el centro para el drenaje de las aguas pluviales.

Los accesos a ambos lados de la pasarela estarán hechos de una rampa con una pendiente máxima de 5%, contemplando a lo largo de la misma una serie de descansillos de 2 m cada 10 m de longitud de rampa.

Tanto la superestructura como las rampas dispondrán de barandillas con una altura máxima de 1,25 m y con pasamanos a una altura de 0,75 m para discapacitados y niños.

En cuanto al alumbrado, se dispondrá de luminarias empotradas de modo que bañen la viga y el suelo de la pasarela con una luz continua en el lateral interior de la viga de menor radio de curvatura.

El proceso constructivo de la pasarela constará de los siguientes pasos:

1. Preparación de accesos al emplazamiento de la obra, delimitando y protegiendo dicha zona. Realización de replanteos.

2. Inicio de la prefabricación en taller de los diferentes módulos de la estructura metálica de la pasarela y barandillas.
3. Realización de cimentaciones superficiales y pilas de hormigón armado que van a conformar los apoyos de la rampa y los estribos de la pasarela. Apeos.
4. Ensamblaje en la obra de los diferentes módulos de la pasarela.
5. Montaje de la estructura de acero mediante grúas móviles, una a por cada extremo de la pasarela.
6. Tratamientos en pasarela existentes y colocación de barandillas.
7. Ejecución de la rampa en su totalidad y del pavimento del tablero.
8. Restauración de la zona de obra y apertura de la pasarela al público.

#### 4. MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

El contratista propondrá a la Dirección de Obra, la maquinaria que prevé emplear en la ejecución de las obras, sobre la cual, habrá que dar su conformidad, no pudiendo retirarla de las obras sin previa autorización de la Dirección de Obra de las mismas.

#### 5. VIGILANCIA Y CONTROL DE LA OBRA

El contratista tendrá en todo momento, la obligación de obedecer las órdenes e instrucciones que, por escrito, le sean dictadas por la Dirección de obra y/o promotor para la vigilancia y control de obras, tanto en la realización de los trabajos como en la forma de su ejecución.

El promotor de la obra, a través del personal que considere, ejercerá el control de los trabajos comprendidos en este contrato, comprometiéndose la empresa adjudicataria a facilitar la práctica del control al personal encargado.

#### 6. MODIFICACIÓN DEL PROYECTO DE OBRA

Si durante la ejecución de las obras surgen dificultades que no han sido contempladas durante la elaboración del proyecto, la Dirección de Obra podrá ordenar o proponer las modificaciones que considere necesarias de acuerdo con este Pliego y de la legislación sobre la materia.

## 7. BIBLIOGRAFÍA



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

# **PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA**

**Alumno:** Miguel Ángel Ntutumu Obiang Mbasogo

**Tutor:** Prof. D. Antonio Manuel Montañés López  
**Depto.:** Ingeniería Mecánica y Minera

**Junio, 2019**

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

## CAPÍTULO C01 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### D05AA030 kg ACERO PERFILES HUECOS CERCHAS 1.001

|                                   |      |       |  |  |        |           |  |  |           |
|-----------------------------------|------|-------|--|--|--------|-----------|--|--|-----------|
| CAJÓN LONGITUDINAL:<br>CHS 660x32 | 2,00 | 42,00 |  |  | 495,53 | 41.624,52 |  |  | 41.624,52 |
|-----------------------------------|------|-------|--|--|--------|-----------|--|--|-----------|

### D05AA030 kg ACERO PERFILES HUECOS CERCHAS 1.002

|                                     |       |      |  |  |        |          |  |  |          |
|-------------------------------------|-------|------|--|--|--------|----------|--|--|----------|
| VIGAS TRANSVERSALES:<br>TCAR 350x12 | 15,00 | 5,00 |  |  | 123,92 | 9.294,00 |  |  | 9.294,00 |
|-------------------------------------|-------|------|--|--|--------|----------|--|--|----------|

### D05AA040 kg ACERO LAMINADO TUBO PILARES 1.003

|                      |      |      |  |  |       |          |  |  |          |
|----------------------|------|------|--|--|-------|----------|--|--|----------|
| PÉNDOLAS: TRON 355x8 | 4,00 | 3,45 |  |  | 68,60 | 946,68   |  |  |          |
| PÉNDOLAS: TRON 355x8 | 8,00 | 5,12 |  |  | 68,60 | 2.809,86 |  |  |          |
| PÉNDOLAS: TRON 355x8 | 8,00 | 6,31 |  |  | 68,60 | 3.462,93 |  |  |          |
| PÉNDOLAS: TRON 355x8 | 4,00 | 6,71 |  |  | 68,60 | 1.841,22 |  |  | 9.060,69 |

### D05AA022 kg ACERO PERF. TUBULARES ESTRUCTURA 1.004

|                                          |      |      |  |  |       |          |  |  |          |
|------------------------------------------|------|------|--|--|-------|----------|--|--|----------|
| TORNAPUNTAS<br>SUPERIORES: TRON<br>355x8 | 4,00 | 7,83 |  |  | 68,60 | 2.148,55 |  |  |          |
| TORNAPUNTAS<br>SUPERIORES: TRON<br>355x8 | 4,00 | 7,94 |  |  | 68,60 | 2.178,74 |  |  | 4.327,29 |

### D05AA025 kg ACERO PERF. TUBULARES CERCHAS 1.005

|                    |      |      |  |  |        |          |  |  |          |
|--------------------|------|------|--|--|--------|----------|--|--|----------|
| ARCOS: TRON 457x10 | 4,00 | 3,45 |  |  | 110,28 | 1.521,86 |  |  |          |
| ARCOS: TRON 457x10 | 4,00 | 6,02 |  |  | 110,28 | 2.655,54 |  |  |          |
| TRON 457x10        | 4,00 | 6,17 |  |  | 110,28 | 2.721,71 |  |  |          |
| TRON 457x10        | 4,00 | 6,48 |  |  | 110,28 | 2.858,46 |  |  | 9.757,57 |

### D05AA010 kg ACERO S275 EN CERCHAS 1.006

|                                            |       |      |  |  |       |          |  |  |          |
|--------------------------------------------|-------|------|--|--|-------|----------|--|--|----------|
| TORNAPUNTAS<br>INFERIORES: SHSH<br>150x6.3 | 14,00 | 5,83 |  |  | 28,11 | 2.294,34 |  |  | 2.294,34 |
|--------------------------------------------|-------|------|--|--|-------|----------|--|--|----------|

**TOTAL CAPÍTULO C01 ELEMENTOS ESTRUCTURALES. ....**

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

## CAPÍTULO C02 PAVIMENTO

**D19AE013**      **m² SLURRY COLOR VERDE C 1/2/3**  
2.001

|           |      |       |      |        |        |
|-----------|------|-------|------|--------|--------|
| PAVIMENTO | 1,00 | 42,00 | 5,00 | 210,00 |        |
|           |      |       |      |        | 210,00 |

**D05DP105**      **m² FORJADO PLACA PREF. FARLAP 12+5.5**  
2.002

|               |      |       |      |        |        |
|---------------|------|-------|------|--------|--------|
| CHAPA GRECADA | 1,00 | 42,00 | 5,00 | 210,00 |        |
|               |      |       |      |        | 210,00 |

**TOTAL CAPÍTULO C02 PAVIMENTO. ....**

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

CAPÍTULO C03 BARANDILLAS

|                   |                                   |      |       |  |      |        |        |  |  |
|-------------------|-----------------------------------|------|-------|--|------|--------|--------|--|--|
| D38EQ015<br>3.001 | m BARANDILLA METÁLICA GALVANIZADA |      |       |  |      |        |        |  |  |
|                   | Barandilla                        | 2,00 | 42,00 |  | 1,25 | 105,00 |        |  |  |
|                   |                                   |      |       |  |      |        | 105,00 |  |  |

TOTAL CAPÍTULO C03 BARANDILLAS. ....

| Código                                | Descripción                          | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
| <b>CAPÍTULO C04 SEGURIDAD Y SALUD</b> |                                      |      |          |         |        |           |          |        |             |
| U42AA212<br>4.001                     | ud Alquiler caseta oficina con aseo  |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AA410<br>4.002                     | ud A.a/inod,ducha,lavab 3g,termo     |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AA710<br>4.003                     | ud Alquiler caseta prefa.comedor     |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AA810<br>4.004                     | ud Alquiler caseta p.vestuarios      |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AE001<br>4.005                     | ud Acometida prov. elect. a caseta   |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AE101<br>4.006                     | ud Acometida prov. fontan. a caseta  |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AE201<br>4.007                     | ud Acometida prov. saneamt. a caseta |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AG801<br>4.008                     | ud Botiquín de obra                  |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AG408<br>4.009                     | ud Espejo 80x60 cm vestuarios        |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AG630<br>4.010                     | ud Mesa melamina 10 personas.        |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |

**Mediciones**

**MEDICIONES Y PRESUPUESTOS**

| Código            | Descripción                         | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|-------------------|-------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
| U42CC230<br>4.011 | m Cinta de balizamiento reflec.     |      |          |         |        |           | 100,00   |        |             |
| U42CC040<br>4.012 | ud Valla contención peatones        |      |          |         |        |           | 70,00    |        |             |
| U42AG210<br>4.013 | ud Banco polipropileno 5 pers.      |      |          |         |        |           | 2,00     |        |             |
| U42AG501<br>4.014 | ud Microondas de 18 l. y 800 W      |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42EA001<br>4.015 | ud Casco de seguridad homologado    |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EA220<br>4.016 | ud Gafas contra impactos            |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EA601<br>4.017 | ud Protectores auditivos.           |      |          |         |        |           | 5,00     |        |             |
| U42EB120<br>4.018 | ud Filtro 100 cc Resp. buconasal    |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EC001<br>4.019 | ud Mono de trabajo                  |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EC050<br>4.020 | ud Peto reflectante BUT./amar.      |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EC401<br>4.021 | ud Cinturón de seguridad homologado |      |          |         |        |           | 4,00     |        |             |

**Mediciones**

**MEDICIONES Y PRESUPUESTOS**

| Código            | Descripción                       | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|-------------------|-----------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
| U42EC520<br>4.022 | ud Cinturón porta herramientas.   |      |          |         |        |           | 5,00     |        |             |
| U42EC440<br>4.023 | ud Arnés seguridad amarre dorsal  |      |          |         |        |           | 5,00     |        |             |
| U42EC040<br>4.024 | ud Chaqueta serraje para soldador |      |          |         |        |           | 3,00     |        |             |
| U42ED110<br>4.025 | ud Protectores auditivos verst.   |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EE010<br>4.026 | ud Par Guantes neopreno 100%      |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EG001<br>4.027 | ud Par de botas de agua           |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42GA001<br>4.028 | m² Red de seguridad h=10 m.       |      |          |         |        |           | 150,00   |        |             |
| U42IA201<br>4.029 | h Equipo de limpiez.y conserv.    |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |

**TOTAL CAPÍTULO C04 SEGURIDAD Y SALUD. ....**

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C01 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

1.001 D05AA030 kg ACERO PERFILES HUECOS CERCHAS

TOTAL PARTIDA . . . . . 8,78  
( OCHO EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS )

1.003 D05AA040 kg ACERO LAMINADO TUBO PILARES

TOTAL PARTIDA . . . . . 1,56  
( UN EURO CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS )

1.004 D05AA022 kg ACERO PERF. TUBULARES ESTRUCTURA

TOTAL PARTIDA . . . . . 2,84  
( DOS EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS )

1.005 D05AA025 kg ACERO PERF. TUBULARES CERCHAS

TOTAL PARTIDA . . . . . 3,18  
( TRES EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS )

1.006 D05AA010 kg ACERO S275 EN CERCHAS

TOTAL PARTIDA . . . . . 1,85  
( UN EURO CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS )

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C02 PAVIMENTO

2.001 D19AE013 m<sup>2</sup> SLURRY COLOR VERDE C 1/2/3

TOTAL PARTIDA . . . . . 13,20

( TRECE EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS )

2.002 D05DP105 m<sup>2</sup> FORJADO PLACA PREF. FARLAP 12+5.5

TOTAL PARTIDA . . . . . 68,66

( SESENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS )

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

PRECIOS DESCOMPUESTOS

CAPÍTULO C03    BARANDILLAS

3.001   D38EQ015                    m    BARANDILLA METÁLICA GALVANIZADA

TOTAL PARTIDA . . . . .                    45,94

( CUARENTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS )

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C04 SEGURIDAD Y SALUD

|       |          |    |                                   |        |                             |
|-------|----------|----|-----------------------------------|--------|-----------------------------|
| 4.001 | U42AA212 | ud | Alquiler caseta oficina con aseo  |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 92,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( NOVENTA Y DOS EUROS )     |
| 4.002 | U42AA410 | ud | A.a/inod,ducha,lavab 3g,termo     |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 112,00 |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( CIENTO DOCE EUROS )       |
| 4.003 | U42AA710 | ud | Alquiler caseta prefa.comedor     |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 68,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( SESENTA Y OCHO EUROS )    |
| 4.004 | U42AA810 | ud | Alquiler caseta p.vestuarios      |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 74,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( SETENTA Y CUATRO EUROS )  |
| 4.005 | U42AE001 | ud | Acometida prov. elect. a caseta   |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 95,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( NOVENTA Y CINCO EUROS )   |
| 4.006 | U42AE101 | ud | Acometida prov. fontan. a caseta  |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 86,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( OCHENTA Y SEIS EUROS )    |
| 4.007 | U42AE201 | ud | Acometida prov. saneamt. a caseta |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 70,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( SETENTA EUROS )           |
| 4.008 | U42AG801 | ud | Botiquín de obra                  |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 22,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( VEINTIDOS EUROS )         |
| 4.009 | U42AG408 | ud | Espejo 80x60 cm vestuarios        |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 44,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( CUARENTA Y CUATRO EUROS ) |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

|       |          |    |                               |                                                |        |
|-------|----------|----|-------------------------------|------------------------------------------------|--------|
| 4.010 | U42AG630 | ud | Mesa melamina 10 personas.    |                                                |        |
|       |          |    |                               | TOTAL PARTIDA . . . . .                        | 190,00 |
|       |          |    |                               | ( CIENTO NOVENTA EUROS )                       |        |
| 4.011 | U42CC230 | m  | Cinta de balizamiento reflej. |                                                |        |
|       |          |    |                               | TOTAL PARTIDA . . . . .                        | 0,09   |
|       |          |    |                               | ( EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS )                   |        |
| 4.012 | U42CC040 | ud | Valla contención peatones     |                                                |        |
|       |          |    |                               | TOTAL PARTIDA . . . . .                        | 36,00  |
|       |          |    |                               | ( TREINTA Y SEIS EUROS )                       |        |
| 4.013 | U42AG210 | ud | Banco polipropileno 5 pers.   |                                                |        |
|       |          |    |                               | TOTAL PARTIDA . . . . .                        | 180,00 |
|       |          |    |                               | ( CIENTO OCHENTA EUROS )                       |        |
| 4.014 | U42AG501 | ud | Microondas de 18 l. y 800 W   |                                                |        |
|       |          |    |                               | TOTAL PARTIDA . . . . .                        | 85,00  |
|       |          |    |                               | ( OCHENTA Y CINCO EUROS )                      |        |
| 4.015 | U42EA001 | ud | Casco de seguridad homologado |                                                |        |
|       |          |    |                               | TOTAL PARTIDA . . . . .                        | 1,99   |
|       |          |    |                               | ( UN EURO CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS )       |        |
| 4.016 | U42EA220 | ud | Gafas contra impactos         |                                                |        |
|       |          |    |                               | TOTAL PARTIDA . . . . .                        | 11,36  |
|       |          |    |                               | ( ONCE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS )     |        |
| 4.017 | U42EA601 | ud | Protectores auditivos.        |                                                |        |
|       |          |    |                               | TOTAL PARTIDA . . . . .                        | 6,60   |
|       |          |    |                               | ( SEIS EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS )            |        |
| 4.018 | U42EB120 | ud | Filtro 100 cc Resp. buconasal |                                                |        |
|       |          |    |                               | TOTAL PARTIDA . . . . .                        | 4,49   |
|       |          |    |                               | ( CUATRO EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS ) |        |
| 4.019 | U42EC001 | ud | Mono de trabajo               |                                                |        |
|       |          |    |                               | TOTAL PARTIDA . . . . .                        | 9,60   |
|       |          |    |                               | ( NUEVE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS )           |        |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

4.020 U42EC050 ud Peto reflectante BUT./amar.

**TOTAL PARTIDA . . . . . 16,50**

( DIECISEIS EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS )

4.021 U42EC401 ud Cinturón de seguridad homologado

**TOTAL PARTIDA . . . . . 66,89**

( SESENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS )

4.022 U42EC520 ud Cinturón porta herramientas.

**TOTAL PARTIDA . . . . . 22,09**

( VEINTIDOS EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS )

4.023 U42EC440 ud Arnés seguridad amarre dorsal

**TOTAL PARTIDA . . . . . 26,60**

( VEINTISEIS EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS )

4.024 U42EC040 ud Chaqueta serraje para soldador

**TOTAL PARTIDA . . . . . 48,00**

( CUARENTA Y OCHO EUROS )

4.025 U42ED110 ud Protectores auditivos verst.

**TOTAL PARTIDA . . . . . 18,50**

( DIECIOCHO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS )

4.026 U42EE010 ud Par Guantes neopreno 100%

**TOTAL PARTIDA . . . . . 3,10**

( TRES EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS )

4.027 U42EG001 ud Par de botas de agua

**TOTAL PARTIDA . . . . . 7,10**

( SIETE EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS )

4.028 U42GA001 m<sup>2</sup> Red de seguridad h=10 m.

**TOTAL PARTIDA . . . . . 0,98**

( EUROS CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS )

4.029 U42IA201 h Equipo de limpiez.y conserv.

**TOTAL PARTIDA . . . . . 22,68**

( VEINTIDOS EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS )

| Código                                                  | Descripción                                | Uds.  | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición  | Precio | Presupuesto       |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|----------|---------|--------|-----------|-----------|--------|-------------------|
| <b>CAPÍTULO C01 ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>             |                                            |       |          |         |        |           |           |        |                   |
| <b>D05AA030</b><br>1.001                                | <b>kg ACERO PERFILES HUECOS CERCHAS</b>    |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | CAJÓN LONGITUDINAL:<br>CHS 660x32          | 2,00  | 42,00    |         | 495,53 | 41.624,52 |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 41.624,52 | 8,78   | 365.463,29        |
| <b>D05AA030</b><br>1.002                                | <b>kg ACERO PERFILES HUECOS CERCHAS</b>    |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | VIGAS TRANSVERSALES:<br>TCAR 350x12        | 15,00 | 5,00     |         | 123,92 | 9.294,00  |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 9.294,00  | 8,78   | 81.601,32         |
| <b>D05AA040</b><br>1.003                                | <b>kg ACERO LAMINADO TUBO PILARES</b>      |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | PÉNDOLAS: TRON 355x8                       | 4,00  | 3,45     |         | 68,60  | 946,68    |           |        |                   |
|                                                         | PÉNDOLAS: TRON 355x8                       | 8,00  | 5,12     |         | 68,60  | 2.809,86  |           |        |                   |
|                                                         | PÉNDOLAS: TRON 355x8                       | 8,00  | 6,31     |         | 68,60  | 3.462,93  |           |        |                   |
|                                                         | PÉNDOLAS: TRON 355x8                       | 4,00  | 6,71     |         | 68,60  | 1.841,22  |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 9.060,69  | 1,56   | 14.134,68         |
| <b>D05AA022</b><br>1.004                                | <b>kg ACERO PERF. TUBULARES ESTRUCTURA</b> |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | TORNAPUNTAS<br>SUPERIORES: TRON<br>355x8   | 4,00  | 7,83     |         | 68,60  | 2.148,55  |           |        |                   |
|                                                         | TORNAPUNTAS<br>SUPERIORES: TRON<br>355x8   | 4,00  | 7,94     |         | 68,60  | 2.178,74  |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 4.327,29  | 2,84   | 12.289,50         |
| <b>D05AA025</b><br>1.005                                | <b>kg ACERO PERF. TUBULARES CERCHAS</b>    |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | ARCOS: TRON 457x10                         | 4,00  | 3,45     |         | 110,28 | 1.521,86  |           |        |                   |
|                                                         | ARCOS: TRON 457x10                         | 4,00  | 6,02     |         | 110,28 | 2.655,54  |           |        |                   |
|                                                         | TRON 457x10                                | 4,00  | 6,17     |         | 110,28 | 2.721,71  |           |        |                   |
|                                                         | TRON 457x10                                | 4,00  | 6,48     |         | 110,28 | 2.858,46  |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 9.757,57  | 3,18   | 31.029,07         |
| <b>D05AA010</b><br>1.006                                | <b>kg ACERO S275 EN CERCHAS</b>            |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | TORNAPUNTAS<br>INFERIORES: SHSH<br>150x6.3 | 14,00 | 5,83     |         | 28,11  | 2.294,34  |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 2.294,34  | 1,85   | 4.244,53          |
| <b>TOTAL CAPÍTULO C01 ELEMENTOS ESTRUCTURALES. ....</b> |                                            |       |          |         |        |           |           |        | <b>508.762,39</b> |

| Código                                    | Descripción                                 | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto      |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|------------------|
| <b>CAPÍTULO C02 PAVIMENTO</b>             |                                             |      |          |         |        |           |          |        |                  |
| <b>D19AE013</b><br>2.001                  | <b>m² SLURRY COLOR VERDE C 1/2/3</b>        |      |          |         |        |           |          |        |                  |
|                                           | PAVIMENTO                                   | 1,00 | 42,00    | 5,00    |        | 210,00    |          |        |                  |
|                                           |                                             |      |          |         |        |           | 210,00   | 13,20  | 2.772,00         |
| <b>D05DP105</b><br>2.002                  | <b>m² FORJADO PLACA PREF. FARLAP 12+5.5</b> |      |          |         |        |           |          |        |                  |
|                                           | CHAPA GRECADA                               | 1,00 | 42,00    | 5,00    |        | 210,00    |          |        |                  |
|                                           |                                             |      |          |         |        |           | 210,00   | 68,66  | 14.418,60        |
| <b>TOTAL CAPÍTULO C02 PAVIMENTO. ....</b> |                                             |      |          |         |        |           |          |        | <b>17.190,60</b> |

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

### CAPÍTULO C03 BARANDILLAS

D38EQ015 m BARANDILLA METÁLICA GALVANIZADA  
3.001

|            |      |       |      |        |        |       |          |
|------------|------|-------|------|--------|--------|-------|----------|
| Barandilla | 2,00 | 42,00 | 1,25 | 105,00 | 105,00 | 45,94 | 4.823,70 |
|------------|------|-------|------|--------|--------|-------|----------|

**TOTAL CAPÍTULO C03 BARANDILLAS. .... 4.823,70**

| Código                                | Descripción                          | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
| <b>CAPÍTULO C04 SEGURIDAD Y SALUD</b> |                                      |      |          |         |        |           |          |        |             |
| U42AA212<br>4.001                     | ud Alquiler caseta oficina con aseo  |      |          |         |        |           | 1,00     | 92,00  | 92,00       |
| U42AA410<br>4.002                     | ud A.a/inod,ducha,lavab 3g,termo     |      |          |         |        |           | 1,00     | 112,00 | 112,00      |
| U42AA710<br>4.003                     | ud Alquiler caseta prefa.comedor     |      |          |         |        |           | 1,00     | 68,00  | 68,00       |
| U42AA810<br>4.004                     | ud Alquiler caseta p.vestuarios      |      |          |         |        |           | 1,00     | 74,00  | 74,00       |
| U42AE001<br>4.005                     | ud Acometida prov. elect. a caseta   |      |          |         |        |           | 1,00     | 95,00  | 95,00       |
| U42AE101<br>4.006                     | ud Acometida prov. fontan. a caseta  |      |          |         |        |           | 1,00     | 86,00  | 86,00       |
| U42AE201<br>4.007                     | ud Acometida prov. saneamt. a caseta |      |          |         |        |           | 1,00     | 70,00  | 70,00       |
| U42AG801<br>4.008                     | ud Botiquín de obra                  |      |          |         |        |           | 1,00     | 22,00  | 22,00       |
| U42AG408<br>4.009                     | ud Espejo 80x60 cm vestuarios        |      |          |         |        |           | 1,00     | 44,00  | 44,00       |
| U42AG630<br>4.010                     | ud Mesa melamina 10 personas.        |      |          |         |        |           | 1,00     | 190,00 | 190,00      |

**Presupuesto**

**MEDICIONES Y PRESUPUESTOS**

| Código                   | Descripción                                       | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------------------------|---------------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
| <b>U42CC230</b><br>4.011 | <b>m</b> <b>Cinta de balizamiento reflec.</b>     |      |          |         |        |           | 100,00   | 0,09   | 9,00        |
| <b>U42CC040</b><br>4.012 | <b>ud</b> <b>Valla contención peatones</b>        |      |          |         |        |           | 70,00    | 36,00  | 2.520,00    |
| <b>U42AG210</b><br>4.013 | <b>ud</b> <b>Banco polipropileno 5 pers.</b>      |      |          |         |        |           | 2,00     | 180,00 | 360,00      |
| <b>U42AG501</b><br>4.014 | <b>ud</b> <b>Microondas de 18 l. y 800 W</b>      |      |          |         |        |           | 1,00     | 85,00  | 85,00       |
| <b>U42EA001</b><br>4.015 | <b>ud</b> <b>Casco de seguridad homologado</b>    |      |          |         |        |           | 10,00    | 1,99   | 19,90       |
| <b>U42EA220</b><br>4.016 | <b>ud</b> <b>Gafas contra impactos</b>            |      |          |         |        |           | 10,00    | 11,36  | 113,60      |
| <b>U42EA601</b><br>4.017 | <b>ud</b> <b>Protectores auditivos.</b>           |      |          |         |        |           | 5,00     | 6,60   | 33,00       |
| <b>U42EB120</b><br>4.018 | <b>ud</b> <b>Filtro 100 cc Resp. buconasal</b>    |      |          |         |        |           | 10,00    | 4,49   | 44,90       |
| <b>U42EC001</b><br>4.019 | <b>ud</b> <b>Mono de trabajo</b>                  |      |          |         |        |           | 10,00    | 9,60   | 96,00       |
| <b>U42EC050</b><br>4.020 | <b>ud</b> <b>Peto reflectante BUT./amar.</b>      |      |          |         |        |           | 10,00    | 16,50  | 165,00      |
| <b>U42EC401</b><br>4.021 | <b>ud</b> <b>Cinturón de seguridad homologado</b> |      |          |         |        |           | 4,00     | 66,89  | 267,56      |

**Presupuesto**

**MEDICIONES Y PRESUPUESTOS**

| Código                                            | Descripción                              | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto     |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-----------------|
| <b>U42EC520</b><br>4.022                          | <b>ud Cinturón porta herramientas.</b>   |      |          |         |        |           | 5,00     | 22,09  | 110,45          |
| <b>U42EC440</b><br>4.023                          | <b>ud Arnés seguridad amarre dorsal</b>  |      |          |         |        |           | 5,00     | 26,60  | 133,00          |
| <b>U42EC040</b><br>4.024                          | <b>ud Chaqueta serraje para soldador</b> |      |          |         |        |           | 3,00     | 48,00  | 144,00          |
| <b>U42ED110</b><br>4.025                          | <b>ud Protectores auditivos verst.</b>   |      |          |         |        |           | 10,00    | 18,50  | 185,00          |
| <b>U42EE010</b><br>4.026                          | <b>ud Par Guantes neopreno 100%</b>      |      |          |         |        |           | 10,00    | 3,10   | 31,00           |
| <b>U42EG001</b><br>4.027                          | <b>ud Par de botas de agua</b>           |      |          |         |        |           | 10,00    | 7,10   | 71,00           |
| <b>U42GA001</b><br>4.028                          | <b>m² Red de seguridad h=10 m.</b>       |      |          |         |        |           | 150,00   | 0,98   | 147,00          |
| <b>U42IA201</b><br>4.029                          | <b>h Equipo de limpiez.y conserv.</b>    |      |          |         |        |           | 1,00     | 22,68  | 22,68           |
| <b>TOTAL CAPÍTULO C04 SEGURIDAD Y SALUD. ....</b> |                                          |      |          |         |        |           |          |        | <b>5.411,09</b> |

## RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

| Código                                         | Capítulo                      | Total €           |     |
|------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|
| C01                                            | ELEMENTOS ESTRUCTURALES. .... | 508.762,39        | 95% |
| C02                                            | PAVIMENTO. ....               | 17.190,60         | 3%  |
| C03                                            | BARANDILLAS. ....             | 4.823,70          | 1%  |
| C04                                            | SEGURIDAD Y SALUD. ....       | 5.411,09          | 1%  |
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL. ....</b> |                               | <b>536.187,78</b> |     |

Asciende el presente presupuesto a la cantidad de

**QUINIENTOS TREINTA Y SEIS MIL CIENTO OCHENTA Y SIETE EUROS CON SETENTA Y OCHO  
CÉNTIMOS**

=====

8 de Mayo de 2019



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

# **PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA**

**Alumno:** Miguel Ángel Ntutumu Obiang Mbasogo

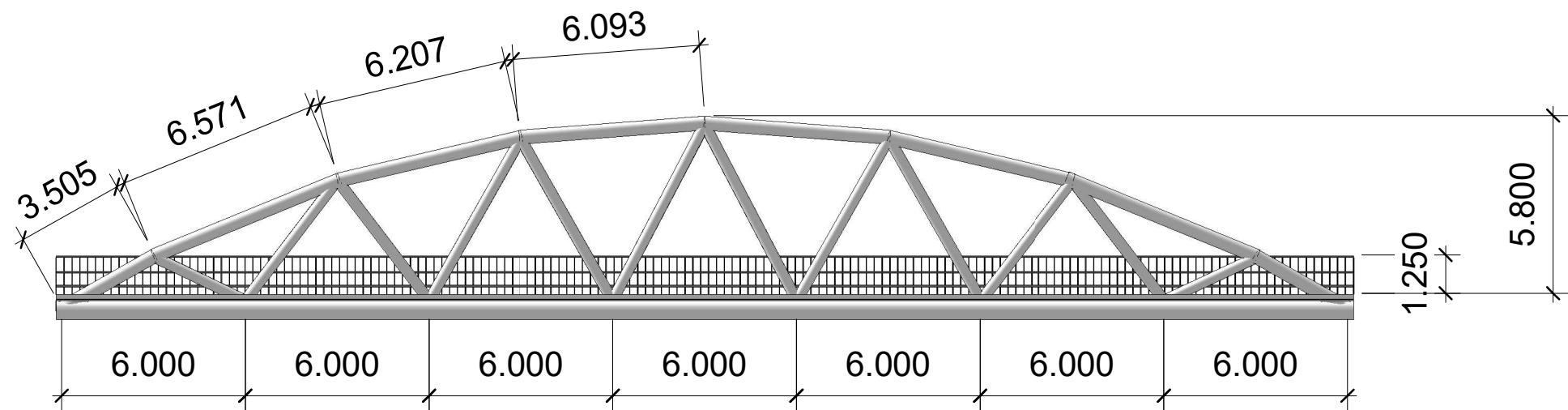
**Tutor:** Prof. D. Antonio Manuel Montañés López  
**Depto.:** Ingeniería Mecánica y Minera

**Junio, 2019**

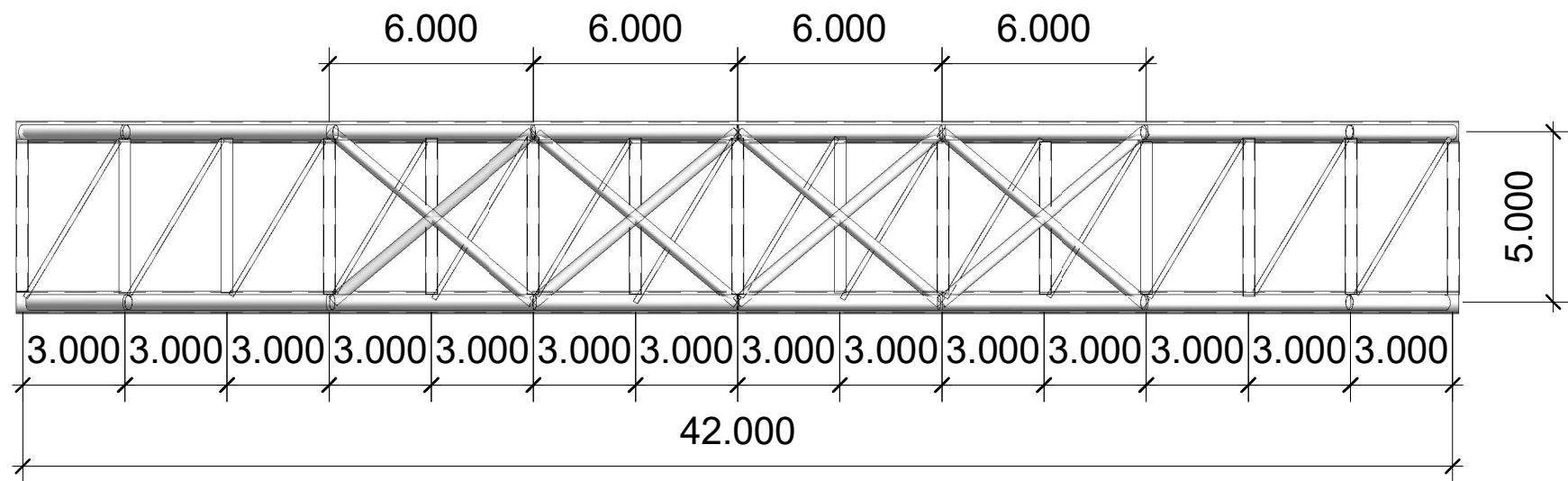
Unidades en metros (m)



|             |                    |                 |       |                                            |
|-------------|--------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|             | FECHA              | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO    | 25/05/2019         | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO  |                    | OBIANG          |       |                                            |
|             |                    | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:     | PLANO DE SITUACIÓN |                 |       | Nº PLANO:                                  |
| NO INDICADA |                    |                 |       | 1/7                                        |
|             |                    |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|             |                    |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |

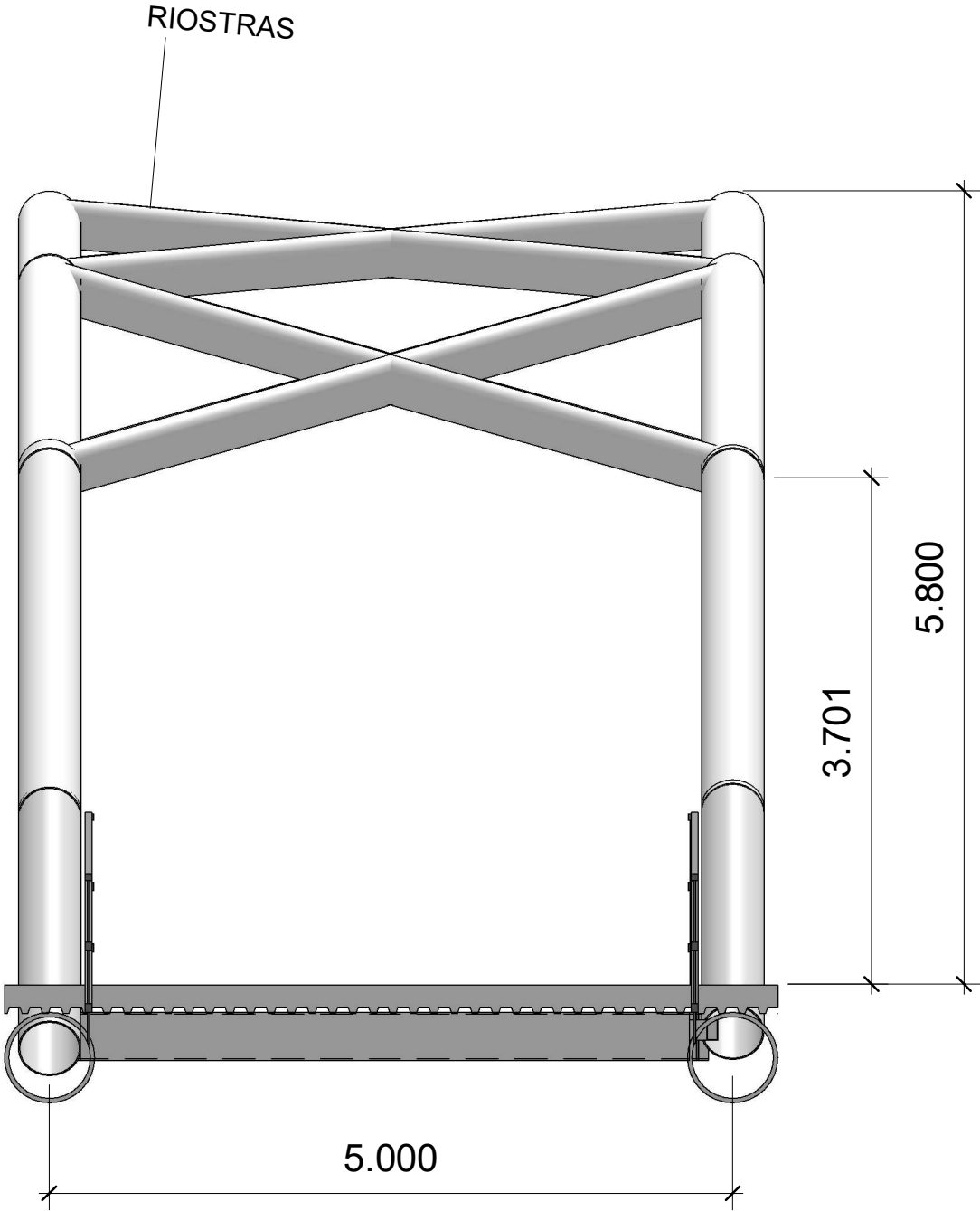


1 Alzado Norte  
1 : 200

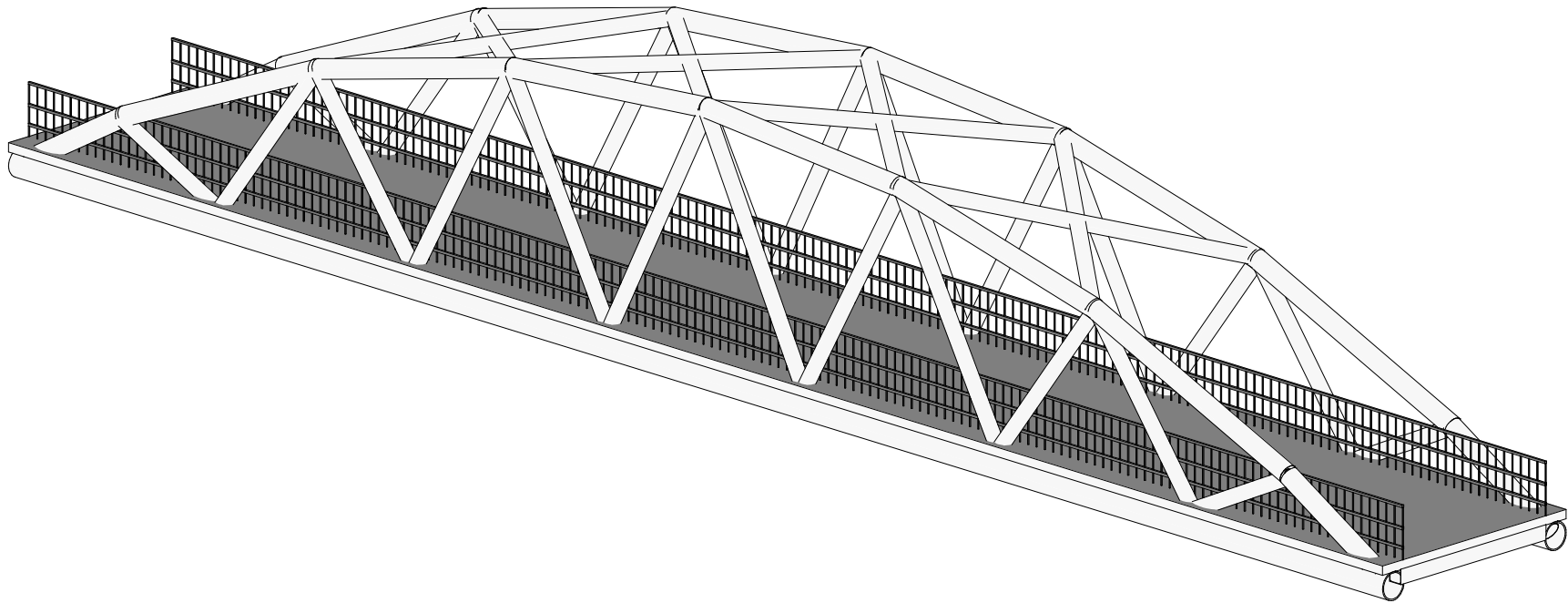


2 Planta  
1 : 200

|            |                 |                 |       |                                            |
|------------|-----------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA           | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO   | 25/05/2019      | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO |                 | OBIANG          |       |                                            |
|            |                 | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:    | ALZADO Y PLANTA |                 |       | Nº PLANO:<br>2/7                           |
| 1:200      |                 |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                 |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |

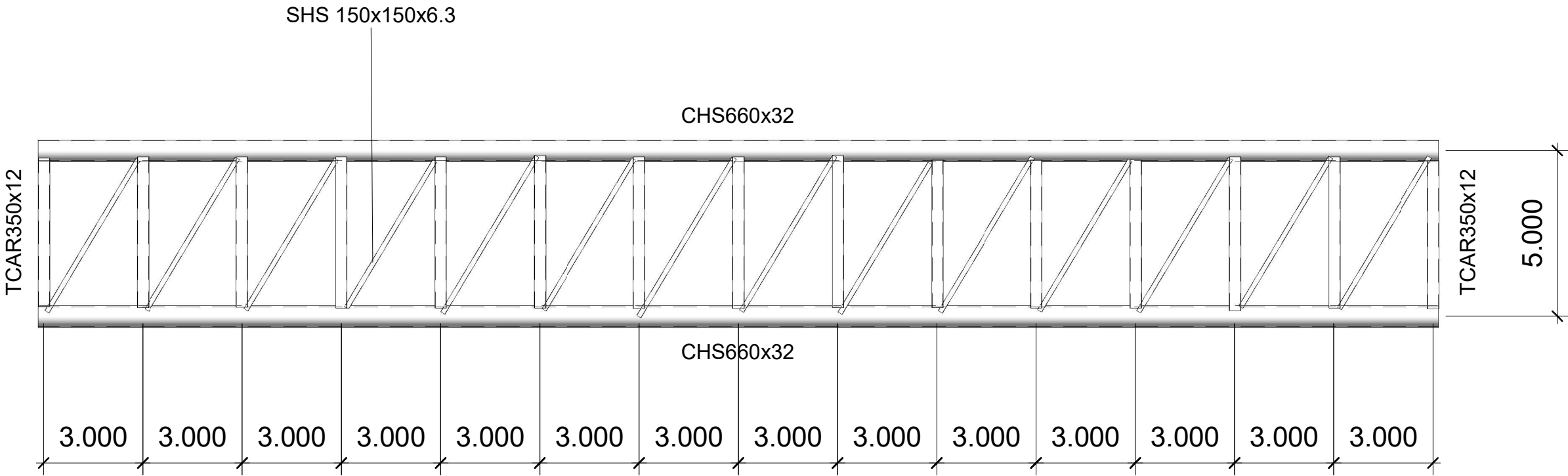


DETALLE EN 3D  
Escala no determinada



2 3D

|            |                      |                 |       |                                            |
|------------|----------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA                | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO   | 25/05/2019           | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO |                      | OBIANG          |       |                                            |
|            |                      | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:    | PERFIL Y VISTA EN 3D |                 |       | Nº PLANO:<br><br>3/7                       |
| INDICADA   |                      |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                      |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |

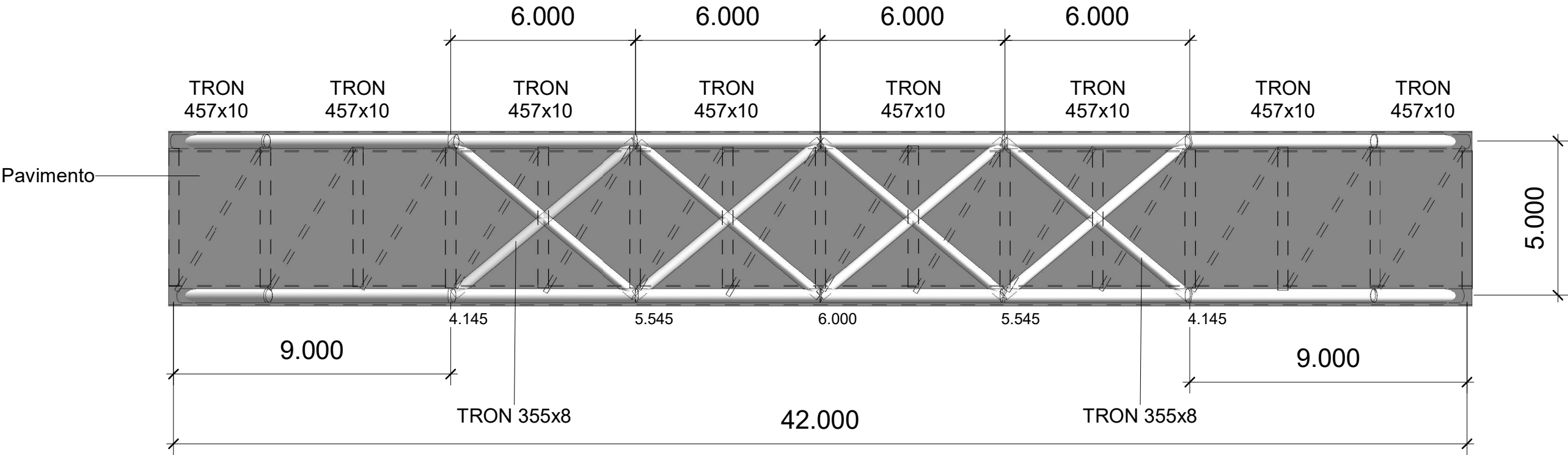


1

Perfiles del tablero

1 : 150

|            |                                                                  |                 |       |                                            |
|------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA                                                            | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO   | 25/05/2019                                                       | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO |                                                                  | OBIANG          |       |                                            |
|            |                                                                  | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:    | DETALLES DE LOS PERFILES<br>DEL TABLERO Y RIOSTRAS<br>INFERIORES |                 |       | Nº PLANO:                                  |
| 1:150      |                                                                  |                 |       | 4/7                                        |
|            |                                                                  |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                                                                  |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |

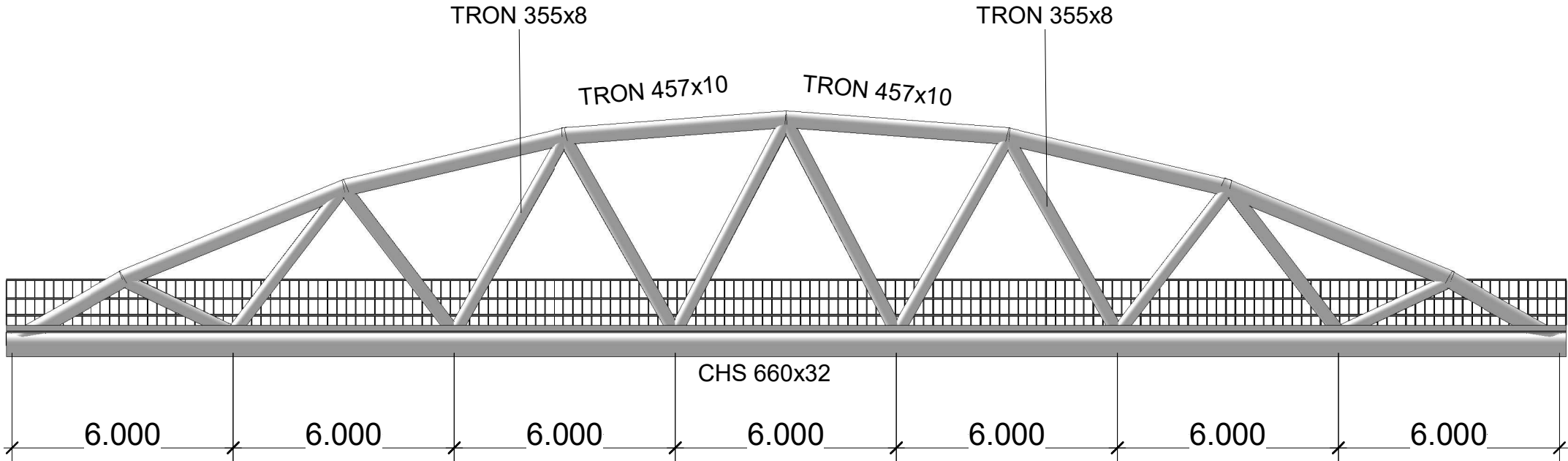


1

Perfiles de arco

1 : 150

|            |                                                              |                 |       |                                            |
|------------|--------------------------------------------------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA                                                        | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO   | 25/05/2019                                                   | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO |                                                              | OBIANG          |       |                                            |
|            |                                                              | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:    | DETALLES DE LOS PERFILES<br>DE ARCO Y RIOSTRAS<br>SUPERIORES |                 |       | Nº PLANO:                                  |
| 1:150      |                                                              |                 |       | 5/7                                        |
|            |                                                              |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                                                              |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |



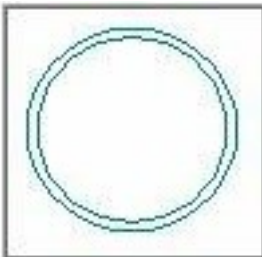
1 Perfiles en alzado  
1 : 150

|            |                                        |                 |       |                                            |
|------------|----------------------------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA                                  | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
| DIBUJADO   | 25/05/2019                             | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO |                                        | OBIANG          |       |                                            |
|            |                                        | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:    | DETALLES DEL PERFIL<br>DE LAS PÉNDOLAS |                 |       | Nº PLANO:<br>6/7                           |
| 1:150      |                                        |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                                        |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |

Unidades en metros (m)

Barra n.º: 22      Sección: CHS 660x32  
Dimensiones:

| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 66,0    | 66,0    |



Características seccionales:

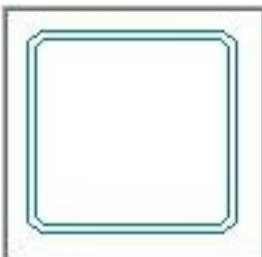
| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 631,01                | 623770,40             | 311885,20             | 311885,20             |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |

Barra n.º: 43      Sección: SHSH  
Dimensiones:

| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 15,0    | 15,0    |



Características seccionales:

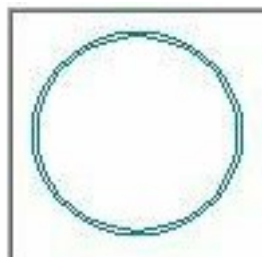
| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 35,80                 | 1909,00               | 1223,00               | 1223,00               |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 275,00   |

Barra n.º: 20      Sección: TRON 355x8  
Dimensiones:

| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 35,6    | 35,6    |



Características seccionales:

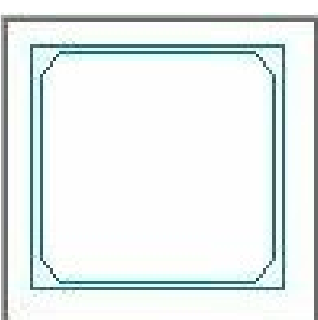
| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 87,36                 | 26402,70              | 13201,40              | 13201,40              |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |

Barra n.º: 65      Sección: TCAR 350x12  
Dimensiones:

| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 35,0    | 35,0    |



Características seccionales:

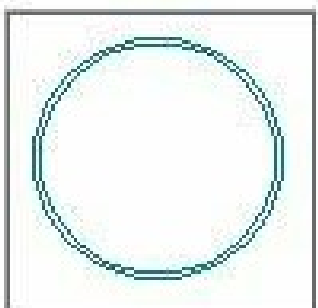
| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 157,80                | 47390,00              | 29600,00              | 29600,00              |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |

Barra n.º: 30      Sección: TRON 457x10  
Dimensiones:

| HY (cm) | HZ (cm) |
|---------|---------|
| 45,7    | 45,7    |



Características seccionales:

| SX (cm <sup>2</sup> ) | IX (cm <sup>4</sup> ) | IY (cm <sup>4</sup> ) | IZ (cm <sup>4</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 140,43                | 70182,65              | 35091,32              | 35091,32              |

Características del material:

| E (MPa)   | G (MPa)  | NI   | LX (1/°C) | RO (kN/m <sup>3</sup> ) | Re (MPa) |
|-----------|----------|------|-----------|-------------------------|----------|
| 210000,00 | 81000,00 | 0,30 | 0,00      | 77,01                   | 355,00   |

|             | FECHA                                             | NOMBRE          | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR DE LINARES |
|-------------|---------------------------------------------------|-----------------|-------|--------------------------------------------|
| DIBUJADO    | 25/05/2019                                        | MIGUEL ÁNGEL N. |       |                                            |
| COMPROBADO  |                                                   | OBIANG          |       |                                            |
|             |                                                   | MBASOGO         |       |                                            |
| ESCALA:     | CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES<br>DE LA PASARELA |                 |       | Nº PLANO:<br>7/7                           |
| NO INDICADA |                                                   |                 |       | SUSTITUYE A:                               |
|             |                                                   |                 |       | SUSTITUIDO POR:                            |



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

# **PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA**

**Alumno:** Miguel Ángel Ntutumu Obiang Mbasogo

**Tutor:** Prof. D. Antonio Manuel Montañés López  
**Depto.:** Ingeniería Mecánica y Minera

**Junio, 2019**

**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

**Trabajo Fin de Grado**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA  
PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD  
DE CÓRDOBA**

**Alumno:** Miguel Ángel Ntutumu Obiang Mbasogo

**Tutor:** Prof. D. Antonio Manuel Montañés López

**Depto.:** Ingeniería Mecánica y Minera

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA  
PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD  
DE CÓRDOBA**

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO N.º 2

## ÍNDICE

|           |                                                    |           |
|-----------|----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INSTRUCCIONES Y GENERALIDADES.....</b>          | <b>4</b>  |
| 1.1.      | DEFINICIÓN.....                                    | 4         |
| 1.2.      | ÁMBITO DE APLICACIÓN.....                          | 4         |
| 1.3.      | INSTRUCCIONES Y NORMATIVA APLICABLE.....           | 4         |
| 1.3.1.    | <i>Normas oficiales de carácter general</i> .....  | 5         |
| 1.3.2.    | <i>Normas de seguridad y salud</i> .....           | 5         |
| 1.4.      | DIRECCIÓN DE OBRA.....                             | 6         |
| 1.5.      | LIBRO DE INCIDENCIAS .....                         | 6         |
| 1.6.      | PERMISOS Y LICENCIAS .....                         | 7         |
| 1.7.      | SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA ..... | 7         |
| 1.8.      | ENSAYOS Y ANÁLISIS DE LOS MATERIALES .....         | 7         |
| 1.9.      | CONTRADICCIONES, OMISIONES Y ERRORES.....          | 7         |
| 1.10.     | PLAZO Y EJECUCIÓN DE LA OBRA .....                 | 7         |
| 1.11.     | PRECAUCIONES DURANTE LA OBRA .....                 | 7         |
| 1.12.     | CORTES DE TRÁFICO .....                            | 8         |
| 1.13.     | PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS .....               | 8         |
| 1.14.     | CONSERVACIÓN DE LA OBRA .....                      | 8         |
| <b>2.</b> | <b>MATERIALES .....</b>                            | <b>8</b>  |
| 2.1.      | PRESCRIPCIONES GENERALES.....                      | 8         |
| 2.2.      | PRINCIPAL MATERIAL DEL PROYECTO.....               | 9         |
| 2.3.      | ALMACENAMIENTO.....                                | 9         |
| 2.4.      | ACOPIO .....                                       | 9         |
| <b>3.</b> | <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....</b>              | <b>10</b> |
| <b>4.</b> | <b>MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES .....</b>        | <b>11</b> |
| <b>5.</b> | <b>VIGILANCIA Y CONTROL DE OBRA.....</b>           | <b>11</b> |
| <b>6.</b> | <b>MODIFICACIÓN DEL PROYECTO .....</b>             | <b>11</b> |
| <b>7.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                           | <b>11</b> |

# 1. INSTRUCCIONES Y GENERALIDADES

## 1.1. DEFINICIÓN

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (en lo sucesivo P.P.T.P) constituye un conjunto de instrucciones, normas y especificaciones para el desarrollo de las obras a que se refiere el presente proyecto, y contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales a utilizar, el modo de ejecución y mediciones de las diferentes unidades de obra y, en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el presente proyecto.

## 1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente P.P.T.P será de aplicación al “PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA”. Proyecto cuya ejecución, como lo describe el título, se llevará a cabo en la Ciudad de Córdoba, concretamente en la Avenida del Conde de Vellellano.

## 1.3. INSTRUCCIONES Y NORMATIVA APLICABLE

Es de aplicación el Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, (PG-3), actualizado a 24 de octubre de 2011, para la ejecución de las obras incluidas en el presente proyecto. La citada edición recoge todos los artículos del PG-3 de acuerdo con todas las modificaciones realizadas desde su primera edición por las órdenes ministeriales y circulares publicadas hasta la fecha.

Las normas de este P.P.T.P prevalecerán en su caso sobre las del general PG-3. Se podrá cumplir con lo dispuesto en el PG-3 siempre y cuando el artículo no se oponga a lo expresado en este P.P.T.P, según juicio de la Dirección Facultativa.

Las principales normas empleadas en el presente proyecto para el diseño de la estructura son las siguientes:

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11).
- Instrucción de Acero Estructural (EAE).
- Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07).

Estas tres normas han sido complementadas por las siguientes:

- Obras de paso de nueva construcción.
- Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC.

- Documento Básico de Seguridad Estructural: Acero (DBSE-A).

Además de lo recogido en este pliego, será de obligado cumplimiento las siguientes disposiciones:

#### 1.3.1. Normas oficiales de carácter general

- Reglamento General de la ley de contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto 1098/01, de 12 de Octubre.
- Estatuto de los Trabajadores. Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de Marzo y modificaciones posteriores: Ley 60/1997, de 19 de diciembre; R.D. 488/1998, de 27 de marzo; R.D. 1659/1998, de 24 de julio; R.D. 2720/1998, de 18 de diciembre; Ley 24/1999, de 6 de julio y Ley 33/2002, de 5 de julio.
- Ley 14/2007 de 26 de noviembre, de Patrimonio Histórico de Andalucía. (BOJA núm. 248, de 19 de diciembre).
- Decreto 19/1995, de 7 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de protección y fomento del patrimonio histórico de Andalucía. (BOJA núm. 43, de 17 de marzo).

#### 1.3.2. Normas de seguridad y salud

- Ley 31/1.995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. nº 269 de 10 de noviembre de 1.995).
- Ley 54/03, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE de 31 de enero.
- Real Decreto 485/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud en el trabajo. BOE de 23 de abril.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. BOE de 23 de abril.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de Mayo sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los Trabajadores de los Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 614/2.001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la Salud y Seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1316/1.989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido durante el trabajo.

También es obligatorio aplicar la legislación ambiental, tanto estatal como autonómica.

Para el cumplimiento de estas normativas, tanto el promotor como el contratista han de contemplar la contratación de un Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

#### **1.4. DIRECCIÓN DE OBRA**

La dirección, control y vigilancia de las obras estarán encomendadas a un Equipo de Dirección, encabezado por el Director de Obra.

El contratista ha de tener al frente de las obras, en todo momento, a un Jefe de Obra, con autoridad conferida suficiente para ejecutar las órdenes del Equipo de Dirección.

#### **1.5. LIBRO DE INCIDENCIAS**

Es el libro que recoge todas las circunstancias y detalles relativos al desarrollo de las obras que la Dirección de Obra considere oportunos y entre otros los siguientes:

- Condiciones atmosféricas generales durante la ejecución de los trabajos en los cuales dichas condiciones pueden ser determinantes.
- Relación de trabajos efectuados, con detalle de su localización dentro de la obra.
- Relación de ensayos efectuados. con resumen de los resultados, o relación de los documentos en que éstos se recogen.
- Cualquier otra circunstancia que pueda influir en la calidad o en el ritmo de ejecución.

### **1.6. PERMISOS Y LICENCIAS**

El Contratista deberá tener todos los permisos y licencias necesarios para la ejecución y puesta en servicio de las obras y deberá abonar los cargos, tasas e impuestos derivados de la obtención de éstos, sin que se tenga a reclamar cantidad alguna por tal concepto.

### **1.7. SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA**

Durante el periodo de ejecución de las obras, se considerará lo previsto en el PG-3 en su parte séptima “Señalización, Balizamiento y Sistemas de Contención de Vehículos”.

### **1.8. ENSAYOS Y ANÁLISIS DE LOS MATERIALES**

El contratista está obligado a realizar sus propios controles sobre los materiales empleados y unidades de obra.

El número de ensayos y su frecuencia tanto sobre materiales como sobre unidades de obra terminadas, será fijado por la Dirección de Obra.

### **1.9. CONTRADICCIONES, OMISIONES Y ERRORES**

Las omisiones de Planos y Pliego, o las descripciones erróneas de los detalles de obra, que sean indispensables para llevar a cabo la intención expuesta en los Planos o Pliego de Prescripciones, o que por uso y costumbre deben ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubiesen sido completa y correctamente ejecutados en los Planos y Pliegos de Prescripciones.

En los casos de discrepancia entre Planos y demás disposiciones técnicas y las expuestas en el Pliego, prevalecerá el presente Pliego.

### **1.10. PLAZO Y EJECUCIÓN DE LA OBRA**

El plazo de ejecución de la obra es el indicado en la Memoria del Proyecto a partir de la fecha del Acta de Replanteo de la obra.

### **1.11. PRECACUCIONES DURANTE LA OBRA**

Durante la ejecución de la obra, se mantendrá en todo el tramo de la avenida, las señales de precaución reglamentarias necesarias y las que la Dirección de Obra estime

oportunas para la seguridad del tránsito, cumplimentando lo dispuesto en la Instrucción de Carreteras 8.3-IC. Señalización de Obras, de Septiembre de 1987.

### *1.12. CORTES DE TRÁFICO*

Dado que la pasarela se ejecuta en una avenida con mucho tránsito de vehículos y de personas, será necesario el corte de tráfico de la misma. Para ello, la Dirección de Obra deberá autorizarlos, publicándolos con bastante antelación en los periódicos o medios informativos.

### *1.13. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS*

Todo lo que ordene la Dirección de Obra y que no se desmarque del eje principal del proyecto será ejecutado obligatoriamente.

Todas las obras se ejecutarán siempre atendiéndose a las reglas de la buena construcción y con materiales de primera calidad, sujetos a las normas del presente Pliego.

### *1.14. CONSERVACIÓN DE LA OBRA*

El contratista quedará comprometido a conservar a su costa y hasta que sean recibidas provisionalmente, todas las obras que integran el Proyecto. Así mismo, queda obligado a la conservación y funcionamiento de las instalaciones durante el plazo acordado con el promotor y a partir de la fecha de recepción, debiendo sustituir cualquier parte de ellas que haya experimentado desplazamiento o sufrido deterioro por negligencia u otros motivos que le sean imputables, o como consecuencia de los agentes atmosféricos previsibles, o cualquier otra causa que no se pueda considerar como inevitable.

## *2. MATERIALES*

### *2.1. PRESCRIPCIONES GENERALES*

En general, serán válidas todas las prescripciones referentes a las condiciones que deben satisfacer los materiales y su mano de obra, recogidas en las instrucciones, pliegos de prescripciones técnicas generales y normas oficiales, que reglamentan la recepción, transporte, manipulación y empleo de cada uno de los materiales que se utilizan en las obras del presente Pliego.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales, se hará de modo que no queden alternadas sus características ni sufran deterioro en sus formas o dimensiones.

Todos los materiales empleados en la obra deben mantener sus características iniciales y merecer la conformidad del Jefe de Obra, quien, en función de su criterio, se reserva el derecho de ordenar que sean retirados o reemplazados, dentro de cualquiera de las etapas de la obra o de sus plazos de garantía, siempre que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la obra.

## **2.2. PRINCIPAL MATERIAL DEL PROYECTO**

El material básico a emplear en la obra es el acero. Por lo que, este apartado se basará en la parte sexta del PG-3, Capítulo III y Artículo 640 “Estructuras de acero”.

## **2.3. ALMACENAMIENTO**

Se ha de contemplar almacenes precisos para asegurar la conservación de los materiales, evitando su destrucción o deterioro y cumpliendo con lo indicado en este P.P.T.P

Los materiales se almacenarán de modo que se asegure su correcta conservación y de forma que sea posible su inspección en todo momento, y que pueda asegurarse el control de calidad con el tiempo necesario para que sea conocidos los resultados antes de su empleo en obra.

## **2.4. ACOPIO**

Será obligatorio establecer un acopio de materiales y mantenerlos en correctas condiciones para su posterior uso.

Se ha de prever el lugar y la manera de realizar los acopios de los distintos tipos de materiales.

La aprobación del emplazamiento del acopio de materiales implica que se ha tenido en cuenta sus accesos y todas las medidas que se propone llevar a cabo para garantizar la preservación de la calidad de los materiales.

Las zonas de acopio deben cumplir las condiciones mínimas siguientes:

- Deberán mantenerse los servicios públicos o privados existentes.
- Estarán provistas de los dispositivos y obras necesarias para la recogida y evacuación de las aguas superficiales.
- En ellas los materiales deberán poder disponerse de forma que no se merme su calidad, tanto en su manipulación como en su situación de acopio.
- Tendrán las medidas para prevenir riesgos de daños a terceros.

### 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Se plantea una estructura de pasarela en la Avenida del Conde de Vallellano de Córdoba. Una pasarela apoyada en los extremos y sin apoyos intermedios puesto que la avenida no contempla la posibilidad de un apoyo central.

La pasarela es de 42 metros de luz y 5 metros de ancho, constituyendo una estructura metálica cuyo tablero se ejecuta con chapa grecada HIANSA de 1 mm sobre la que se aplicará un canto de 17,5 cm compuesto por 12 cm de espesor de losa de hormigón armado, un espesor intermedio de regulación de 2,5 cm y un espesor superficial (Slurry color verde C 1/2/3) de 3 cm.

Se ha de aplicar a la capa superficial una pendiente transversal de 0,5% desde el centro para el drenaje de las aguas pluviales.

Los accesos a ambos lados de la pasarela estarán hechos de una rampa con una pendiente máxima de 5%, contemplando a lo largo de la misma una serie de descansillos de 2 m cada 10 m de longitud de rampa.

Tanto la superestructura como las rampas dispondrán de barandillas con una altura máxima de 1,25 m y con pasamanos a una altura de 0,75 m para discapacitados y niños.

En cuanto al alumbrado, se dispondrá de luminarias empotradas de modo que bañen la viga y el suelo de la pasarela con una luz continua en el lateral interior de la viga de menor radio de curvatura.

El proceso constructivo de la pasarela constará de los siguientes pasos:

1. Preparación de accesos al emplazamiento de la obra, delimitando y protegiendo dicha zona. Realización de replanteos.
2. Inicio de la prefabricación en taller de los diferentes módulos de la estructura metálica de la pasarela y barandillas.
3. Realización de cimentaciones superficiales y pilas de hormigón armado que van a conformar los apoyos de la rampa y los estribos de la pasarela. Apeos.
4. Ensamblaje en la obra de los diferentes módulos de la pasarela.
5. Montaje de la estructura de acero mediante grúas móviles, una a por cada extremo de la pasarela.
6. Tratamientos en pasarela existentes y colocación de barandillas.
7. Ejecución de la rampa en su totalidad y del pavimento del tablero.

Restauración de la zona de obra y apertura de la pasarela al público.

#### 4. MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

El contratista propondrá a la Dirección de Obra, la maquinaria que prevé emplear en la ejecución de las obras, sobre la cual, habrá que dar su conformidad, no pudiendo retirarla de las obras sin previa autorización de la Dirección de Obra de las mismas.

#### 5. VIGILANCIA Y CONTROL DE OBRA

El contratista tendrá en todo momento, la obligación de obedecer las órdenes e instrucciones que, por escrito, le sean dictadas por la Dirección de obra y/o promotor para la vigilancia y control de obras, tanto en la realización de los trabajos como en la forma de su ejecución.

El promotor de la obra, a través del personal que considere, ejercerá el control de los trabajos comprendidos en este contrato, comprometiéndose la empresa adjudicataria a facilitar la práctica del control al personal encargado.

#### 6. MODIFICACIÓN DEL PROYECTO

Si durante la ejecución de las obras surgen dificultades que no han sido contempladas durante la elaboración del proyecto, la Dirección de Obra podrá ordenar o proponer las modificaciones que considere necesarias de acuerdo con este Pliego y de la legislación sobre la materia.

#### 7. BIBLIOGRAFÍA

–Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Ministerio de Fomento.



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

# **PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PASARELA PEATONAL EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA**

**Alumno:** Miguel Ángel Ntutumu Obiang Mbasogo

**Tutor:** Prof. D. Antonio Manuel Montañés López  
**Depto.:** Ingeniería Mecánica y Minera

**Junio, 2019**

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

## CAPÍTULO C01 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### D05AA030 kg ACERO PERFILES HUECOS CERCHAS 1.001

|                                   |      |       |  |  |        |           |  |  |           |
|-----------------------------------|------|-------|--|--|--------|-----------|--|--|-----------|
| CAJÓN LONGITUDINAL:<br>CHS 660x32 | 2,00 | 42,00 |  |  | 495,53 | 41.624,52 |  |  | 41.624,52 |
|-----------------------------------|------|-------|--|--|--------|-----------|--|--|-----------|

### D05AA030 kg ACERO PERFILES HUECOS CERCHAS 1.002

|                                     |       |      |  |  |        |          |  |  |          |
|-------------------------------------|-------|------|--|--|--------|----------|--|--|----------|
| VIGAS TRANSVERSALES:<br>TCAR 350x12 | 15,00 | 5,00 |  |  | 123,92 | 9.294,00 |  |  | 9.294,00 |
|-------------------------------------|-------|------|--|--|--------|----------|--|--|----------|

### D05AA040 kg ACERO LAMINADO TUBO PILARES 1.003

|                      |      |      |  |  |       |          |  |  |          |
|----------------------|------|------|--|--|-------|----------|--|--|----------|
| PÉNDOLAS: TRON 355x8 | 4,00 | 3,45 |  |  | 68,60 | 946,68   |  |  |          |
| PÉNDOLAS: TRON 355x8 | 8,00 | 5,12 |  |  | 68,60 | 2.809,86 |  |  |          |
| PÉNDOLAS: TRON 355x8 | 8,00 | 6,31 |  |  | 68,60 | 3.462,93 |  |  |          |
| PÉNDOLAS: TRON 355x8 | 4,00 | 6,71 |  |  | 68,60 | 1.841,22 |  |  | 9.060,69 |

### D05AA022 kg ACERO PERF. TUBULARES ESTRUCTURA 1.004

|                                          |      |      |  |  |       |          |  |  |          |
|------------------------------------------|------|------|--|--|-------|----------|--|--|----------|
| TORNAPUNTAS<br>SUPERIORES: TRON<br>355x8 | 4,00 | 7,83 |  |  | 68,60 | 2.148,55 |  |  |          |
| TORNAPUNTAS<br>SUPERIORES: TRON<br>355x8 | 4,00 | 7,94 |  |  | 68,60 | 2.178,74 |  |  | 4.327,29 |

### D05AA025 kg ACERO PERF. TUBULARES CERCHAS 1.005

|                    |      |      |  |  |        |          |  |  |          |
|--------------------|------|------|--|--|--------|----------|--|--|----------|
| ARCOS: TRON 457x10 | 4,00 | 3,45 |  |  | 110,28 | 1.521,86 |  |  |          |
| ARCOS: TRON 457x10 | 4,00 | 6,02 |  |  | 110,28 | 2.655,54 |  |  |          |
| TRON 457x10        | 4,00 | 6,17 |  |  | 110,28 | 2.721,71 |  |  |          |
| TRON 457x10        | 4,00 | 6,48 |  |  | 110,28 | 2.858,46 |  |  | 9.757,57 |

### D05AA010 kg ACERO S275 EN CERCHAS 1.006

|                                            |       |      |  |  |       |          |  |  |          |
|--------------------------------------------|-------|------|--|--|-------|----------|--|--|----------|
| TORNAPUNTAS<br>INFERIORES: SHSH<br>150x6.3 | 14,00 | 5,83 |  |  | 28,11 | 2.294,34 |  |  | 2.294,34 |
|--------------------------------------------|-------|------|--|--|-------|----------|--|--|----------|

**TOTAL CAPÍTULO C01 ELEMENTOS ESTRUCTURALES. ....**

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

## CAPÍTULO C02 PAVIMENTO

**D19AE013**      **m² SLURRY COLOR VERDE C 1/2/3**  
2.001

|           |      |       |      |        |        |
|-----------|------|-------|------|--------|--------|
| PAVIMENTO | 1,00 | 42,00 | 5,00 | 210,00 |        |
|           |      |       |      |        | 210,00 |

**D05DP105**      **m² FORJADO PLACA PREF. FARLAP 12+5.5**  
2.002

|               |      |       |      |        |        |
|---------------|------|-------|------|--------|--------|
| CHAPA GRECADA | 1,00 | 42,00 | 5,00 | 210,00 |        |
|               |      |       |      |        | 210,00 |

**TOTAL CAPÍTULO C02 PAVIMENTO. ....**

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

CAPÍTULO C03 BARANDILLAS

|                   |                                   |      |       |  |      |        |        |  |  |
|-------------------|-----------------------------------|------|-------|--|------|--------|--------|--|--|
| D38EQ015<br>3.001 | m BARANDILLA METÁLICA GALVANIZADA |      |       |  |      |        |        |  |  |
|                   | Barandilla                        | 2,00 | 42,00 |  | 1,25 | 105,00 |        |  |  |
|                   |                                   |      |       |  |      |        | 105,00 |  |  |

TOTAL CAPÍTULO C03 BARANDILLAS. ....

| Código                                | Descripción                          | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
| <b>CAPÍTULO C04 SEGURIDAD Y SALUD</b> |                                      |      |          |         |        |           |          |        |             |
| U42AA212<br>4.001                     | ud Alquiler caseta oficina con aseo  |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AA410<br>4.002                     | ud A.a/inod,ducha,lavab 3g,termo     |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AA710<br>4.003                     | ud Alquiler caseta prefa.comedor     |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AA810<br>4.004                     | ud Alquiler caseta p.vestuarios      |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AE001<br>4.005                     | ud Acometida prov. elect. a caseta   |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AE101<br>4.006                     | ud Acometida prov. fontan. a caseta  |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AE201<br>4.007                     | ud Acometida prov. saneamt. a caseta |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AG801<br>4.008                     | ud Botiquín de obra                  |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AG408<br>4.009                     | ud Espejo 80x60 cm vestuarios        |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42AG630<br>4.010                     | ud Mesa melamina 10 personas.        |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |

**Mediciones**

**MEDICIONES Y PRESUPUESTOS**

| Código            | Descripción                         | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|-------------------|-------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
| U42CC230<br>4.011 | m Cinta de balizamiento reflec.     |      |          |         |        |           | 100,00   |        |             |
| U42CC040<br>4.012 | ud Valla contención peatones        |      |          |         |        |           | 70,00    |        |             |
| U42AG210<br>4.013 | ud Banco polipropileno 5 pers.      |      |          |         |        |           | 2,00     |        |             |
| U42AG501<br>4.014 | ud Microondas de 18 l. y 800 W      |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |
| U42EA001<br>4.015 | ud Casco de seguridad homologado    |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EA220<br>4.016 | ud Gafas contra impactos            |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EA601<br>4.017 | ud Protectores auditivos.           |      |          |         |        |           | 5,00     |        |             |
| U42EB120<br>4.018 | ud Filtro 100 cc Resp. buconasal    |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EC001<br>4.019 | ud Mono de trabajo                  |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EC050<br>4.020 | ud Peto reflectante BUT./amar.      |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EC401<br>4.021 | ud Cinturón de seguridad homologado |      |          |         |        |           | 4,00     |        |             |

**Mediciones**

**MEDICIONES Y PRESUPUESTOS**

| Código            | Descripción                       | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|-------------------|-----------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
| U42EC520<br>4.022 | ud Cinturón porta herramientas.   |      |          |         |        |           | 5,00     |        |             |
| U42EC440<br>4.023 | ud Arnés seguridad amarre dorsal  |      |          |         |        |           | 5,00     |        |             |
| U42EC040<br>4.024 | ud Chaqueta serraje para soldador |      |          |         |        |           | 3,00     |        |             |
| U42ED110<br>4.025 | ud Protectores auditivos verst.   |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EE010<br>4.026 | ud Par Guantes neopreno 100%      |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42EG001<br>4.027 | ud Par de botas de agua           |      |          |         |        |           | 10,00    |        |             |
| U42GA001<br>4.028 | m² Red de seguridad h=10 m.       |      |          |         |        |           | 150,00   |        |             |
| U42IA201<br>4.029 | h Equipo de limpiez.y conserv.    |      |          |         |        |           | 1,00     |        |             |

**TOTAL CAPÍTULO C04 SEGURIDAD Y SALUD. ....**

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C01 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

1.001 D05AA030 kg ACERO PERFILES HUECOS CERCHAS

TOTAL PARTIDA . . . . . 8,78  
( OCHO EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS )

1.003 D05AA040 kg ACERO LAMINADO TUBO PILARES

TOTAL PARTIDA . . . . . 1,56  
( UN EURO CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS )

1.004 D05AA022 kg ACERO PERF. TUBULARES ESTRUCTURA

TOTAL PARTIDA . . . . . 2,84  
( DOS EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS )

1.005 D05AA025 kg ACERO PERF. TUBULARES CERCHAS

TOTAL PARTIDA . . . . . 3,18  
( TRES EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS )

1.006 D05AA010 kg ACERO S275 EN CERCHAS

TOTAL PARTIDA . . . . . 1,85  
( UN EURO CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS )

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C02 PAVIMENTO

2.001 D19AE013 m<sup>2</sup> SLURRY COLOR VERDE C 1/2/3

TOTAL PARTIDA . . . . . 13,20

( TRECE EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS )

2.002 D05DP105 m<sup>2</sup> FORJADO PLACA PREF. FARLAP 12+5.5

TOTAL PARTIDA . . . . . 68,66

( SESENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS )

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

PRECIOS DESCOMPUESTOS

CAPÍTULO C03    BARANDILLAS

3.001   D38EQ015                    m    BARANDILLA METÁLICA GALVANIZADA

TOTAL PARTIDA . . . . .                    45,94

( CUARENTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS )

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C04 SEGURIDAD Y SALUD

|       |          |    |                                   |        |                             |
|-------|----------|----|-----------------------------------|--------|-----------------------------|
| 4.001 | U42AA212 | ud | Alquiler caseta oficina con aseo  |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 92,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( NOVENTA Y DOS EUROS )     |
| 4.002 | U42AA410 | ud | A.a/inod,ducha,lavab 3g,termo     |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 112,00 |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( CIENTO DOCE EUROS )       |
| 4.003 | U42AA710 | ud | Alquiler caseta prefa.comedor     |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 68,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( SESENTA Y OCHO EUROS )    |
| 4.004 | U42AA810 | ud | Alquiler caseta p.vestuarios      |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 74,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( SETENTA Y CUATRO EUROS )  |
| 4.005 | U42AE001 | ud | Acometida prov. elect. a caseta   |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 95,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( NOVENTA Y CINCO EUROS )   |
| 4.006 | U42AE101 | ud | Acometida prov. fontan. a caseta  |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 86,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( OCHENTA Y SEIS EUROS )    |
| 4.007 | U42AE201 | ud | Acometida prov. saneamt. a caseta |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 70,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( SETENTA EUROS )           |
| 4.008 | U42AG801 | ud | Botiquín de obra                  |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 22,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( VEINTIDOS EUROS )         |
| 4.009 | U42AG408 | ud | Espejo 80x60 cm vestuarios        |        |                             |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .           | 44,00  |                             |
|       |          |    |                                   |        | ( CUARENTA Y CUATRO EUROS ) |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

|       |          |    |                               |                                                |  |
|-------|----------|----|-------------------------------|------------------------------------------------|--|
| 4.010 | U42AG630 | ud | Mesa melamina 10 personas.    |                                                |  |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .       | 190,00                                         |  |
|       |          |    |                               | ( CIENTO NOVENTA EUROS )                       |  |
| 4.011 | U42CC230 | m  | Cinta de balizamiento reflej. |                                                |  |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .       | 0,09                                           |  |
|       |          |    |                               | ( EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS )                   |  |
| 4.012 | U42CC040 | ud | Valla contención peatones     |                                                |  |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .       | 36,00                                          |  |
|       |          |    |                               | ( TREINTA Y SEIS EUROS )                       |  |
| 4.013 | U42AG210 | ud | Banco polipropileno 5 pers.   |                                                |  |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .       | 180,00                                         |  |
|       |          |    |                               | ( CIENTO OCHENTA EUROS )                       |  |
| 4.014 | U42AG501 | ud | Microondas de 18 l. y 800 W   |                                                |  |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .       | 85,00                                          |  |
|       |          |    |                               | ( OCHENTA Y CINCO EUROS )                      |  |
| 4.015 | U42EA001 | ud | Casco de seguridad homologado |                                                |  |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .       | 1,99                                           |  |
|       |          |    |                               | ( UN EURO CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS )       |  |
| 4.016 | U42EA220 | ud | Gafas contra impactos         |                                                |  |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .       | 11,36                                          |  |
|       |          |    |                               | ( ONCE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS )     |  |
| 4.017 | U42EA601 | ud | Protectores auditivos.        |                                                |  |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .       | 6,60                                           |  |
|       |          |    |                               | ( SEIS EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS )            |  |
| 4.018 | U42EB120 | ud | Filtro 100 cc Resp. buconasal |                                                |  |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .       | 4,49                                           |  |
|       |          |    |                               | ( CUATRO EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS ) |  |
| 4.019 | U42EC001 | ud | Mono de trabajo               |                                                |  |
|       |          |    | TOTAL PARTIDA . . . . .       | 9,60                                           |  |
|       |          |    |                               | ( NUEVE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS )           |  |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

4.020 U42EC050 ud Peto reflectante BUT./amar.

**TOTAL PARTIDA . . . . . 16,50**

( DIECISEIS EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS )

4.021 U42EC401 ud Cinturón de seguridad homologado

**TOTAL PARTIDA . . . . . 66,89**

( SESENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS )

4.022 U42EC520 ud Cinturón porta herramientas.

**TOTAL PARTIDA . . . . . 22,09**

( VEINTIDOS EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS )

4.023 U42EC440 ud Arnés seguridad amarre dorsal

**TOTAL PARTIDA . . . . . 26,60**

( VEINTISEIS EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS )

4.024 U42EC040 ud Chaqueta serraje para soldador

**TOTAL PARTIDA . . . . . 48,00**

( CUARENTA Y OCHO EUROS )

4.025 U42ED110 ud Protectores auditivos verst.

**TOTAL PARTIDA . . . . . 18,50**

( DIECIOCHO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS )

4.026 U42EE010 ud Par Guantes neopreno 100%

**TOTAL PARTIDA . . . . . 3,10**

( TRES EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS )

4.027 U42EG001 ud Par de botas de agua

**TOTAL PARTIDA . . . . . 7,10**

( SIETE EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS )

4.028 U42GA001 m<sup>2</sup> Red de seguridad h=10 m.

**TOTAL PARTIDA . . . . . 0,98**

( EUROS CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS )

4.029 U42IA201 h Equipo de limpiez.y conserv.

**TOTAL PARTIDA . . . . . 22,68**

( VEINTIDOS EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS )

| Código                                                  | Descripción                                | Uds.  | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición  | Precio | Presupuesto       |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|----------|---------|--------|-----------|-----------|--------|-------------------|
| <b>CAPÍTULO C01 ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>             |                                            |       |          |         |        |           |           |        |                   |
| <b>D05AA030</b><br>1.001                                | <b>kg ACERO PERFILES HUECOS CERCHAS</b>    |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | CAJÓN LONGITUDINAL:<br>CHS 660x32          | 2,00  | 42,00    |         | 495,53 | 41.624,52 |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 41.624,52 | 8,78   | 365.463,29        |
| <b>D05AA030</b><br>1.002                                | <b>kg ACERO PERFILES HUECOS CERCHAS</b>    |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | VIGAS TRANSVERSALES:<br>TCAR 350x12        | 15,00 | 5,00     |         | 123,92 | 9.294,00  |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 9.294,00  | 8,78   | 81.601,32         |
| <b>D05AA040</b><br>1.003                                | <b>kg ACERO LAMINADO TUBO PILARES</b>      |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | PÉNDOLAS: TRON 355x8                       | 4,00  | 3,45     |         | 68,60  | 946,68    |           |        |                   |
|                                                         | PÉNDOLAS: TRON 355x8                       | 8,00  | 5,12     |         | 68,60  | 2.809,86  |           |        |                   |
|                                                         | PÉNDOLAS: TRON 355x8                       | 8,00  | 6,31     |         | 68,60  | 3.462,93  |           |        |                   |
|                                                         | PÉNDOLAS: TRON 355x8                       | 4,00  | 6,71     |         | 68,60  | 1.841,22  |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 9.060,69  | 1,56   | 14.134,68         |
| <b>D05AA022</b><br>1.004                                | <b>kg ACERO PERF. TUBULARES ESTRUCTURA</b> |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | TORNAPUNTAS<br>SUPERIORES: TRON<br>355x8   | 4,00  | 7,83     |         | 68,60  | 2.148,55  |           |        |                   |
|                                                         | TORNAPUNTAS<br>SUPERIORES: TRON<br>355x8   | 4,00  | 7,94     |         | 68,60  | 2.178,74  |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 4.327,29  | 2,84   | 12.289,50         |
| <b>D05AA025</b><br>1.005                                | <b>kg ACERO PERF. TUBULARES CERCHAS</b>    |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | ARCOS: TRON 457x10                         | 4,00  | 3,45     |         | 110,28 | 1.521,86  |           |        |                   |
|                                                         | ARCOS: TRON 457x10                         | 4,00  | 6,02     |         | 110,28 | 2.655,54  |           |        |                   |
|                                                         | TRON 457x10                                | 4,00  | 6,17     |         | 110,28 | 2.721,71  |           |        |                   |
|                                                         | TRON 457x10                                | 4,00  | 6,48     |         | 110,28 | 2.858,46  |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 9.757,57  | 3,18   | 31.029,07         |
| <b>D05AA010</b><br>1.006                                | <b>kg ACERO S275 EN CERCHAS</b>            |       |          |         |        |           |           |        |                   |
|                                                         | TORNAPUNTAS<br>INFERIORES: SHSH<br>150x6.3 | 14,00 | 5,83     |         | 28,11  | 2.294,34  |           |        |                   |
|                                                         |                                            |       |          |         |        |           | 2.294,34  | 1,85   | 4.244,53          |
| <b>TOTAL CAPÍTULO C01 ELEMENTOS ESTRUCTURALES. ....</b> |                                            |       |          |         |        |           |           |        | <b>508.762,39</b> |

| Código                                    | Descripción                                 | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto      |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|------------------|
| <b>CAPÍTULO C02 PAVIMENTO</b>             |                                             |      |          |         |        |           |          |        |                  |
| <b>D19AE013</b><br>2.001                  | <b>m² SLURRY COLOR VERDE C 1/2/3</b>        |      |          |         |        |           |          |        |                  |
|                                           | PAVIMENTO                                   | 1,00 | 42,00    | 5,00    |        | 210,00    |          |        |                  |
|                                           |                                             |      |          |         |        |           | 210,00   | 13,20  | 2.772,00         |
| <b>D05DP105</b><br>2.002                  | <b>m² FORJADO PLACA PREF. FARLAP 12+5.5</b> |      |          |         |        |           |          |        |                  |
|                                           | CHAPA GRECADA                               | 1,00 | 42,00    | 5,00    |        | 210,00    |          |        |                  |
|                                           |                                             |      |          |         |        |           | 210,00   | 68,66  | 14.418,60        |
| <b>TOTAL CAPÍTULO C02 PAVIMENTO. ....</b> |                                             |      |          |         |        |           |          |        | <b>17.190,60</b> |

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

### CAPÍTULO C03 BARANDILLAS

D38EQ015 m BARANDILLA METÁLICA GALVANIZADA  
3.001

|            |      |       |      |        |        |       |          |
|------------|------|-------|------|--------|--------|-------|----------|
| Barandilla | 2,00 | 42,00 | 1,25 | 105,00 | 105,00 | 45,94 | 4.823,70 |
|------------|------|-------|------|--------|--------|-------|----------|

**TOTAL CAPÍTULO C03 BARANDILLAS. .... 4.823,70**

| Código                                | Descripción                          | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
| <b>CAPÍTULO C04 SEGURIDAD Y SALUD</b> |                                      |      |          |         |        |           |          |        |             |
| U42AA212<br>4.001                     | ud Alquiler caseta oficina con aseo  |      |          |         |        |           | 1,00     | 92,00  | 92,00       |
| U42AA410<br>4.002                     | ud A.a/inod,ducha,lavab 3g,termo     |      |          |         |        |           | 1,00     | 112,00 | 112,00      |
| U42AA710<br>4.003                     | ud Alquiler caseta prefa.comedor     |      |          |         |        |           | 1,00     | 68,00  | 68,00       |
| U42AA810<br>4.004                     | ud Alquiler caseta p.vestuarios      |      |          |         |        |           | 1,00     | 74,00  | 74,00       |
| U42AE001<br>4.005                     | ud Acometida prov. elect. a caseta   |      |          |         |        |           | 1,00     | 95,00  | 95,00       |
| U42AE101<br>4.006                     | ud Acometida prov. fontan. a caseta  |      |          |         |        |           | 1,00     | 86,00  | 86,00       |
| U42AE201<br>4.007                     | ud Acometida prov. saneamt. a caseta |      |          |         |        |           | 1,00     | 70,00  | 70,00       |
| U42AG801<br>4.008                     | ud Botiquín de obra                  |      |          |         |        |           | 1,00     | 22,00  | 22,00       |
| U42AG408<br>4.009                     | ud Espejo 80x60 cm vestuarios        |      |          |         |        |           | 1,00     | 44,00  | 44,00       |
| U42AG630<br>4.010                     | ud Mesa melamina 10 personas.        |      |          |         |        |           | 1,00     | 190,00 | 190,00      |

**Presupuesto**

**MEDICIONES Y PRESUPUESTOS**

| Código                   | Descripción                                       | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------------------------|---------------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
| <b>U42CC230</b><br>4.011 | <b>m</b> <b>Cinta de balizamiento reflec.</b>     |      |          |         |        |           | 100,00   | 0,09   | 9,00        |
| <b>U42CC040</b><br>4.012 | <b>ud</b> <b>Valla contención peatones</b>        |      |          |         |        |           | 70,00    | 36,00  | 2.520,00    |
| <b>U42AG210</b><br>4.013 | <b>ud</b> <b>Banco polipropileno 5 pers.</b>      |      |          |         |        |           | 2,00     | 180,00 | 360,00      |
| <b>U42AG501</b><br>4.014 | <b>ud</b> <b>Microondas de 18 l. y 800 W</b>      |      |          |         |        |           | 1,00     | 85,00  | 85,00       |
| <b>U42EA001</b><br>4.015 | <b>ud</b> <b>Casco de seguridad homologado</b>    |      |          |         |        |           | 10,00    | 1,99   | 19,90       |
| <b>U42EA220</b><br>4.016 | <b>ud</b> <b>Gafas contra impactos</b>            |      |          |         |        |           | 10,00    | 11,36  | 113,60      |
| <b>U42EA601</b><br>4.017 | <b>ud</b> <b>Protectores auditivos.</b>           |      |          |         |        |           | 5,00     | 6,60   | 33,00       |
| <b>U42EB120</b><br>4.018 | <b>ud</b> <b>Filtro 100 cc Resp. buconasal</b>    |      |          |         |        |           | 10,00    | 4,49   | 44,90       |
| <b>U42EC001</b><br>4.019 | <b>ud</b> <b>Mono de trabajo</b>                  |      |          |         |        |           | 10,00    | 9,60   | 96,00       |
| <b>U42EC050</b><br>4.020 | <b>ud</b> <b>Peto reflectante BUT./amar.</b>      |      |          |         |        |           | 10,00    | 16,50  | 165,00      |
| <b>U42EC401</b><br>4.021 | <b>ud</b> <b>Cinturón de seguridad homologado</b> |      |          |         |        |           | 4,00     | 66,89  | 267,56      |

**Presupuesto**

**MEDICIONES Y PRESUPUESTOS**

| Código                                            | Descripción                              | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto     |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-----------------|
| <b>U42EC520</b><br>4.022                          | <b>ud Cinturón porta herramientas.</b>   |      |          |         |        |           | 5,00     | 22,09  | 110,45          |
| <b>U42EC440</b><br>4.023                          | <b>ud Arnés seguridad amarre dorsal</b>  |      |          |         |        |           | 5,00     | 26,60  | 133,00          |
| <b>U42EC040</b><br>4.024                          | <b>ud Chaqueta serraje para soldador</b> |      |          |         |        |           | 3,00     | 48,00  | 144,00          |
| <b>U42ED110</b><br>4.025                          | <b>ud Protectores auditivos verst.</b>   |      |          |         |        |           | 10,00    | 18,50  | 185,00          |
| <b>U42EE010</b><br>4.026                          | <b>ud Par Guantes neopreno 100%</b>      |      |          |         |        |           | 10,00    | 3,10   | 31,00           |
| <b>U42EG001</b><br>4.027                          | <b>ud Par de botas de agua</b>           |      |          |         |        |           | 10,00    | 7,10   | 71,00           |
| <b>U42GA001</b><br>4.028                          | <b>m² Red de seguridad h=10 m.</b>       |      |          |         |        |           | 150,00   | 0,98   | 147,00          |
| <b>U42IA201</b><br>4.029                          | <b>h Equipo de limpiez.y conserv.</b>    |      |          |         |        |           | 1,00     | 22,68  | 22,68           |
| <b>TOTAL CAPÍTULO C04 SEGURIDAD Y SALUD. ....</b> |                                          |      |          |         |        |           |          |        | <b>5.411,09</b> |

## RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

| Código                                         | Capítulo                      | Total €           |     |
|------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|
| C01                                            | ELEMENTOS ESTRUCTURALES. .... | 508.762,39        | 95% |
| C02                                            | PAVIMENTO. ....               | 17.190,60         | 3%  |
| C03                                            | BARANDILLAS. ....             | 4.823,70          | 1%  |
| C04                                            | SEGURIDAD Y SALUD. ....       | 5.411,09          | 1%  |
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL. ....</b> |                               | <b>536.187,78</b> |     |

Asciende el presente presupuesto a la cantidad de

**QUINIENTOS TREINTA Y SEIS MIL CIENTO OCHENTA Y SIETE EUROS CON SETENTA Y OCHO  
CÉNTIMOS**

=====

8 de Mayo de 2019