

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE ZAMORA



INGENIERIA TECNICA DE OBRAS PUBLICAS

Departamento de Ingeniería Mecánica

Área: Mecánica de medios continuos y teoría de estructuras

DIMENSIONADO DE ESTRUCTURA DE MADERA PARA
CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS

Autor: MIGUEL HERRERO BECERRO

Tutor: JOSE GONZALEZ FUEYO

Fecha de adjudicación: NOVIEMBRE 2008

Fecha de presentación: FEBRERO 2009

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Índice general:

Documento nº: 1.- MEMORIA

Memoria:

1. objeto y descripción del proyecto
2. situación y emplazamiento
3. justificación de la solución adoptada
4. normativa
5. cartografía y topografía
6. geología y geotecnia
7. movimiento de tierras
8. memoria de la estructura
 - 8.1 descripción de la estructura propuesta
 - 8.2 cubierta
 - 8.3 correas
 - 8.4 pórtico triarticulado
 - 8.5 cimentación
 - 8.6 uniones metálicas en los elementos de madera
 - 8.7 resistencia al fuego
9. plazo de ejecución
10. precios
11. estudio básico de seguridad y salud
12. medio ambiente
13. resumen de presupuesto
14. relación de documentos
15. clasificación del contratista
16. consideraciones finales

Anejos a la memoria:

- Anejo nº: 1.- Geología y geotecnia
Anejo nº: 2.- Cálculo de la cubierta

- Anejo nº: 3.- Cálculo de la estructura secundaria
Anejo nº: 4.- Cálculo de la estructura principal
Anejo nº: 5.- Método de los desplazamientos
Anejo nº: 6.- Cálculo de la cimentación
Anejo nº: 7.- Uniones metálicas en la madera
Anejo nº: 8.- Seguridad en caso de incendio
Anejo nº: 9.- Plan de obra
Anejo nº: 10.- Justificación de precios
Anejo nº: 11.- Estudio básico de seguridad y salud

Documento n: 2.- PLANOS

1. Situación y emplazamiento
2. Cartografía
3. Replanteo
4. Movimiento de tierras
5. Cimentación
6. Estructura
 - a. Estructura. Geometría pórtico
 - b. Estructura. Correas
 - c. Estructura. Detalles
7. Vistas
 - a. Vista. Pórticos
 - b. Vista. Pórticos y correas
 - c. Vista. Cerramientos

Documento nº: 3.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES

Capítulo nº: 1.- Definición y alcance del pliego

- 1.1. Objeto del pliego
- 1.2. Compatibilidad y prelación de los documentos que definen las obras
- 1.3. Descripción de las obras

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Capítulo nº: 2.- Prescripciones generales

- 2.1. Normas generales
- 2.2. Disposiciones a tener en cuenta

Capítulo nº: 3.- Prescripciones particulares

- 3.1 Desbroce y limpieza
- 3.2 Excavación en vaciado
- 3.3 Excavaciones en zanjas y pozos
- 3.4 Rellenos en zanjas y pozos o rellenos localizados
- 3.5 Hormigones
- 3.6 Aceros para armaduras
- 3.7 Acero en elementos de unión
- 3.8 Madera laminada
- 3.9 Revestimiento con tablero de madera
- 3.10 Paneles sándwich de cubierta
- 3.11 Rastreles de madera
- 3.12 Chapa ondulada de cubierta
- 3.13 Partidas alzadas
- 3.14 Unidades de obra no ejecutadas conforme a proyecto
- 3.15 Unidades de obra no especificadas en el presente pliego
- 3.16 Unidades no previstas

Capítulo nº: 4.- Disposiciones generales

- 4.1 Normas generales
- 4.2 Omisiones o errores
- 4.3 Representantes del contratista
- 4.4 Facilidades para la inspección
- 4.5 Sobre la correspondencia oficial
- 4.6 Iniciación de las obras
- 4.7 Instalaciones de las obras
- 4.8 Medidas de protección y limpieza
- 4.9 Significación de los ensayos y reconocimiento durante la ejecución de las obras

- 4.10 Precauciones especiales durante la ejecución de las obras
- 4.11 Gastos de accesos provisionales de obra
- 4.12 Gastos de replanteo, liquidación, pruebas y ensayos
- 4.13 Otros gastos de cuenta del contratista
- 4.14 Sanciones al contratista
- 4.15 Plazo de ejecución
- 4.16 Documento final de la obra
- 4.17 Recepción de las obras
- 4.18 Plazo de garantía
- 4.19 Inalterabilidad del contrato o revisión de precios
- 4.20 Materiales hallados en las obras
- 4.21 Prerrogativas de la administración

Documento nº: 4.- MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

- 1. Mediciones
- 2. Cuadro de precios nº 1
- 3. Cuadro de precios nº 2
- 4. Presupuestos

DOCUMENTO N°: 1.- MEMORIA

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Documento nº: 1.- MEMORIA

Memoria:

1. objeto y descripción del proyecto
2. situación y emplazamiento
3. justificación de la solución adoptada
4. normativa
5. cartografía y topografía
6. geología y geotecnia
7. movimiento de tierras
8. memoria de la estructura
9. plazo de ejecución
10. precios
11. estudio básico de seguridad y salud
12. medio ambiente
13. resumen de presupuesto
14. relación de documentos
15. clasificación del contratista
16. consideraciones finales

Anejos a la memoria:

- Anejo nº: 1.- Geología y geotecnia
- Anejo nº: 2.- Cálculo de la cubierta
- Anejo nº: 3.- Cálculo de la estructura secundaria
- Anejo nº: 4.- Cálculo de la estructura principal
- Anejo nº: 5.- Método de los desplazamientos
- Anejo nº: 6.- Cálculo de la cimentación
- Anejo nº: 7.- Uniones metálicas en la madera
- Anejo nº: 8.- Seguridad en caso de incendio
- Anejo nº: 9.- Plan de obra
- Anejo nº: 10.- Justificación de precios
- Anejo nº: 11.- Estudio básico de seguridad y salud

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

1. OBJETO Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto el diseño y cálculo de la estructura y cubierta de una edificación destinada a albergar una piscina climatizada en la localidad de Los Santos, en la provincia de Salamanca.

La estructura principal consiste en pórticos triarticulados de madera laminada de canto variable. En total se realizan 9 pórticos separados una distancia de 6 metros entre sí, para cubrir los 48 metros de longitud de la edificación.

La luz de los pórticos es de 20 metros, considerándose suficiente para alojar en el interior la piscina climatizada y las instalaciones correspondientes.

La cubierta está formada por una chapa grecada y se apoya sobre paneles sándwich cuya base inferior es de madera, para lograr un mejor acabado estético. Todo ello descansa sobre 18 correas de madera laminada entre cada par de pórticos.

La inclinación de la cubierta es de 16,7°, a dos aguas. La altura de los pilares es de 6 metros y en la clave del pórtico la altura es de 9 metros.

La cimentación se realiza mediante zapatas aisladas de hormigón armado de sección cuadrada de lado 1,5 metros.

Las uniones pilar-zapata y entre dinteles en la clave del pórtico se realizan mediante articulaciones perfectas realizadas en acero. Las correas se unen a los dinteles mediante estribos de acero.

El nudo rígido de esquina del pórtico se realiza mediante entalladura múltiple encolada.

2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La obra está situada en el municipio de Los Santos, en la provincia de Salamanca (Castilla y León).

Según los datos del Catastro concretamente se trata de la parcela 1173 del polígono 513 del municipio de Los Santos. Tiene una superficie aproximada de 0,3177 hectáreas y un uso destinado a pastizal.

La parcela se encuentra situada junto al polígono industrial "Eras de Ayuso", en la prolongación de la calle de Riaña.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución constructiva de la estructura de madera se ha realizado, principalmente, en función de la importancia de la edificación para el municipio, ya que al tratarse de un edificio singular, premia el diseño y un buen acabado estético, que se consigue con la estructura de madera vista.

También es importante considerar la situación de humedad a la que se ve sometida la estructura de una piscina climatizada, este aspecto deja en mejor lugar el comportamiento de la madera que el de una estructura de acero o de hormigón armado, que puede sufrir corrosión.

En cuanto al diseño de la estructura principal, se ha optado por pórticos triarticulados para salvar la luz de 20 metros necesaria para la edificación.

Este tipo de estructura centra las mayores solicitaciones en los nudos rígidos de esquina, por lo que se puede diseñar una estructura de canto variable, en la que se consigue la máxima sección dónde la solicitación es mayor, con el consiguiente ahorro de material.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

En cuanto a la elección del material, se ha optado por el empleo de madera laminada homogénea, debido a su gran resistencia y versatilidad en el diseño que se puede conseguir frente a la madera maciza o aserrada, pudiendo realizar elementos de grandes luces y canto variable.

4. NORMATIVA

Las prescripciones técnicas a tener en cuenta en el presente proyecto quedan explícitas en el documento nº: 3. Pliego de Prescripciones.

La normativa a aplicar es:

- Pliego de Condiciones Técnicas Generales vigentes en el Ayuntamiento de Madrid.
- Pliego de Condiciones Técnicas Generales vigentes en el Ayuntamiento de Salamanca.
- Los siguientes Documentos Básicos del Código técnico de la edificación:
 - Seguridad Estructural, CTE_DB-SE
 - Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación CTE_DB-SE_AE.
 - Seguridad Estructural, Madera CTE_DB-SE_M.
 - Seguridad Estructural, Acero CTE_DB-SE_A.
 - Seguridad Estructural, Cimentaciones CTE_DB-SE_C.
 - Seguridad Estructural, Seguridad en caso de incendio CTE_DB-SE_SI.
- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE 08.
- Instrucción para la Fabricación y Suministro de Hormigón Preparado EHPRE72 .
- Instrucción para la Recepción de Cementos RC03 .
- Normas Tecnológicas de la Edificación , del antiguo Ministerio de la Vivienda y manera expresa, las siguientes:
 - NTE ADV (Acondicionamiento del terreno. Desmontes/Vaciados)
 - NTE ADZ (Acondicionamiento del terreno. Desmontes/Zanjas y pozos)

- Normas UNE de cumplimiento Obligatorio en el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Texto articulado de la Ley de Contratos del Sector Público.
- Reglamento General de Contratos.
- Normas Técnicas españolas y extranjeras a las que se haga referencia en el articulado de este PPTP, en el PCTG, o en cualquier otro documento de carácter contractual.

5. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

La cartografía se ha obtenido del archivo de la Diputación de Salamanca. La escala de la misma es un 1:2000, con curvas de nivel cada 2 metros.

Se han seguido estos datos para el cálculo de movimiento de tierras, por lo que no ha sido necesario realizar un levantamiento topográfico.

6. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Los parámetros geológicos del terreno se han obtenido a partir de un informe geológico realizado por la empresa IDC para una obra situada en las cercanías del emplazamiento de la parcela de la edificación.

El estudio previo se ha realizado a partir de los mapas del Instituto Geológico y Minero de España a escala 1:50000, hoja 528 y del mapa geológico de Castilla y León realizado por SIEMCALSA.

Se han realizado cuatro calicatas en el municipio de Los Santos, en las proximidades del emplazamiento de la obra, determinando que el terreno se caracteriza por la presencia de terreno vegetal, ocasionalmente materiales granulares, productos de alteración del nivel inferior y materiales pizarrosos que varían en cuanto a su ripabilidad y espesor entre 0,75 y 2 metros.

Los parámetros resistentes del terreno se obtienen a partir de un informe geotécnico del terreno realizado por la empresa CEMOSA para la obra antes citada, situada en las proximidades del emplazamiento de la piscina.

Se determinan las características de resistencia del terreno expresadas en el anejo correspondiente, obtenidas a partir de ensayos de penetración dinámica.

7. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Las operaciones de desbroce y limpieza del terreno en toda la superficie de la parcela se realizan con un espesor medio de 25 cm.

Para esta operación se emplea una pala mixta sobre neumáticos, debido a que el terreno es ripable fácilmente y que la superficie no es excesivamente grande como para que sea rentable el uso de un bulldozer.

Las dimensiones aproximadas de la parcela son de 80 metros de longitud por 40 de ancho, por lo que la superficie total es, $S_p = 3200 \text{ m}^2$

El vaciado se realiza para una superficie igual a la de la piscina, 48 x 20 metros, más un sobreebanco perimetral de 2 metros, con un talud en el desmonte de 2H:1V.

El movimiento de tierras se realiza preferentemente con retroexcavadora de neumáticos a la cota constante de 932 metros.

A partir de la cartografía de la base de datos de la Diputación de Salamanca, según el plano referente al movimiento de tierras, se han obtenido los perfiles del terreno para dimensionar el volumen de vaciado.

	AREA m^2
PERFIL I	131,117
PERFIL II	112,849
PERFIL III	108,354

Siendo la distancia entre perfiles igual a $d = 12 \text{ m}$

$$V_{1,2} = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot d = 1463,796 \text{ m}^3$$

$$V_{2,3} = \frac{S_2 + S_3}{2} \cdot d = 1327,218 \text{ m}^3$$

Volumen total de vaciado

$$V = 2791,014 \text{ m}^3$$

La excavación destinada a la cimentación se realiza con la misma sección que las zapatas, cuadrada de lado $b = 1,5 \text{ m}$, más un sobreebanco perimetral de 0,5 metros, para facilitar el montaje de los encofrados y colocación de armaduras.

La profundidad a partir de la cota de vaciado ($z = 932 \text{ m}$) es igual al canto de las zapatas más 100 mm destinados al hormigón de limpieza. La profundidad total es de 0,5 metros.

Debido a la escasa profundidad la excavación se realiza con talud horizontal, ya que el riesgo de desprendimiento es mínimo.

El volumen de excavación por zapata es: $V_z = 0,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 3,125 \text{ m}^3$

Se excavan un total de 18 zapatas, por lo que el volumen total de excavación en pozos es:

$$V_p = 18 \cdot V_z = 56,25 \text{ m}^3$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

8. MEMORIA DE LA ESTRUCTURA

8.1 DESCRICIÓN DE LA ESTRUCTURA PROPUESTA

La estructura principal está formada por nueve pórticos triarticulados separados una distancia de 6 metros entre sí, cubriendo los 48 metros de longitud de la edificación.

El pórtico está articulado en los apoyos y en la clave y con nudos de esquina rígidos. Se realiza en madera laminada homogénea GL_36h, con láminas de 40 mm de espesor de madera conífera.

El pórtico tiene una luz de 20 metros, con una altura de 6 metros en los pilares y metros en la clave, lo que le confiere una inclinación de 16,7° a la cubierta.

La sección tiene un ancho de 210 mm con un canto variable inicial de 500 mm y final en la zona más solicitada, que coincide con el nudo de esquina de 1176 mm.

Entre cada par de pórticos se sitúan las correas de madera laminada homogénea GL_28h, de longitud 6 metros y sección rectangular constante de 135 mm de ancho por 300 mm de canto.

Se realizan un total de 18 correas entre cada par de pórticos separadas una distancia de 1,30 metros entre sí y unidas a los dinteles mediante estribos metálicos.

La cubierta está formada por paneles sándwich que apoyan directamente sobre las correas, sobre éstos se sitúa el aislante y los rastreles en dirección longitudinal y transversal que soportan el cerramiento exterior formado por una chapa grecada.

La cimentación se realiza mediante zapatas aisladas de hormigón armado de sección cuadrada y lado de 1,5 metros.

8.2 CUBIERTA

La cubierta se ejecuta mediante paneles sándwich revestidos de madera en la cara inferior y núcleo aislante de 80 mm de poliestireno extruido. Los paneles se fijan mediante puntas de acero a las correas formando los faldones de la cubierta.

Sobre los paneles se fijan rastreles de madera maciza de pino silvestre de sección 30 x 60 mm, en sentido transversal al eje de la edificación y sobre estos se fijan los rastreles en sentido longitudinal, de esta manera se permite la evacuación del agua.

El cerramiento de la cubierta se realiza mediante placas onduladas de 3 mm de espesor con acabado en color marrón, fijadas directamente a los rastreles de madera mediante clavos con cabeza de PVC.

La distribución de estos elementos, así como sus características técnicas y geométricas se encuentran definidas tanto en el documento nº: 2. Planos del presente Proyecto, como en el anejo correspondiente al cálculo de la cubierta.

8.3 CORREAS

Las correas se van a realizar en madera laminada homogénea GL_28h con sección rectangular de 300 mm de alto por 135 mm de ancho. La longitud de las mismas es igual a la separación entre pórticos, 6 metros, y la separación entre correas es de 1,30 m, por lo que hay un total de 18 correas entre cada par de pórticos.

Las acciones que afectan a la estructura son la carga permanente, la sobrecarga de uso, la sobrecarga de nieve y la acción del viento, calculadas según el CTE_DB-SE_AE como se define en el anejo correspondiente.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Estas hipótesis simples producen sobre las correas esfuerzos cortantes y momentos flectores en los ejes y,z.

Se comprueba que las correas cumplen los requisitos especificados en el CTE_DB-SE_M en cuanto a los estados límite últimos, sometidas a flexión esviada, cortante y vuelco lateral. Así como a los estados límite de servicio, no superando las flechas en la combinación más desfavorable a las máximas admisibles.

8.4 PÓRTICO TRIARTICULADO

La estructura principal se diseña como un pórtico triarticulado de madera laminada homogénea GL_36h de sección variable. La longitud total de la edificación es de 48 metros, que se conseguirá con 9 pórticos separados 6 metros entre sí.

Los datos geométricos del pórtico son:

Luz: $L = 20$ m

Altura pilar: $h_p = 6$ m

Altura vértice: $f = 9$ m

Inclinación cubierta = $16,7^\circ$

$h_i = 500$ mm

$h_f = 1176$ mm

$b = 210$ mm

Las acciones que afectan a la estructura son la carga permanente, la sobrecarga de uso, la sobrecarga de nieve y la acción del viento, calculadas según el CTE_DB-SE_AE como se define en el anejo correspondiente.

Las diferentes hipótesis simples anteriormente calculadas producen esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores sobre los distintos elementos del pórtico.

Estas acciones se combinan según lo establecido en el CTE_DB-SE_AE obteniéndose la envolvente de solicitaciones más desfavorable, siendo estos valores los empleados para las comprobaciones efectuadas. No obstante los valores han sido comprobados mediante el programa de cálculo Metal 3d de Cypecad, verificando todas las combinaciones posibles.

Las resistencias de cálculo para la estructura se obtienen a partir de las características del material minoradas por los coeficientes de reducción establecidos en el CTE_SB-SE_M.

Se comprueban los estados límite últimos para el dintel para flexocompresión más pandeo, flexotracción, cortante y el agotamiento de secciones de canto variable en los semivanos y en la zona del vértice.

Así mismo se comprueban los pilares a flexocompresión más pandeo, flexotracción y cortante.

Se comprueba que los desplazamientos producidos por las distintas hipótesis simples en combinaciones de tipo característico y casi permanente no sobrepasan los valores máximos admisibles establecidos para los estados límite de servicio.

La solución para la unión entre el pilar y el dintel es la de realizar un nudo de esquina con entalladura múltiple encolada. Este sistema consiste en realizar una entalladura múltiple o junta dentada en las piezas a unir, de manera similar al empalme de láminas. Así se consiguen las siguientes ventajas:

- Sólo se fabrican piezas rectas.
- Su apariencia externa es más limpia, sin elementos auxiliares metálicos.
- Presenta un mejor comportamiento frente al fuego.

Las entalladuras se realizan con una profundidad de 50 mm y se toma una anchura del canto de 2100 mm. La unión satisface las comprobaciones pertinentes que establece la normativa CTE_DB-SE_M como se demuestra en el anejo correspondiente al cálculo del pórtico.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

8.5 CIMENTACIÓN

La cimentación se realiza mediante zapatas aisladas de base cuadrada de lado 1,5 metros y 0,4 metros de canto, con lo que se consigue una zapata rígida.

Las zapatas se realizan en hormigón armado HA-25, con una distribución en ambas direcciones, longitudinal y transversal, de 7 barras de acero corrugado B-500 S de diámetro igual a 10 mm, separadas 23 cm entre sí, siendo el recubrimiento mecánico de 40 mm.

Las zapatas se realizan sobre 100 mm de hormigón de limpieza, el hormigonado se realiza con encofrados de paramentos lisos ocultos.

El anejo cimentación recoge los cálculos realizados para garantizar la estabilidad de la zapata tanto al deslizamiento como al vuelco, así como la resistencia del terreno a los esfuerzos que debe soportar transmitidos por la zapata.

El método empleado en el dimensionamiento del área de acero, es el de bielas y tirantes, tal y como establece la instrucción para el hormigón estructural EHE_08, aunque el valor que se adopta es el establecido como cuantía mínima = 540 mm^2 .

El anclaje se realiza en patilla doblando las barras un ángulo de 90° y una longitud de 200 mm.

8.6 UNIONES METÁLICAS EN LOS ELEMENTOS DE MADERA

Se emplean fijaciones mediante estribos, placas y clavijas metálicas en todas las uniones que son necesarias realizar en la estructura de madera, debido a su gran comportamiento demostrado y su rapidez y sencillez de montaje.

La unión escogida entre las correas y el dintel del pórtico consiste en un estribo de acero galvanizado, con capacidad de soportar grandes cargas y alas exteriores de fijación.

El estribo se realiza en chapa galvanizada en caliente con acero tipo DX51 D según normativa UNE EN 10142, con recubrimiento de galvanización Z 275 según UNE 36-130-91.

El estribo está formado por una placa de acero de 2 mm de espesor, con un desarrollo de 565 mm y una profundidad de 110 mm.

La resistencia máxima que puede alcanzar es de hasta 3500 kg fijado con puntas en una unión madera-madera, como es el caso.

La forma de unión del herraje metálico a los elementos de madera se realiza mediante puntas helicoidales, concretamente se fija con 21 puntas por ala al dintel del pórtico y por 10 puntas por ala en la correa.

Para la unión del pilar con la cimentación se opta por un enlace articulado metálico creando una articulación perfecta con un eje materializado por un bulón para permitir el giro libre. Es el tipo de unión articulada aconsejada para luces de 20 metros o superiores.

De esta manera también se consigue separar el pilar una distancia suficiente de la superficie del terreno para evitar el daño que la madera puede sufrir al estar en contacto directo con el terreno.

La unión del apoyo metálico al pilar de madera del pórtico se realiza por medio de pasadores para conseguir un mejor aspecto estético en sustitución de los pernos, ya que en estos quedarían vistas la cabeza, tuerca y arandelas.

La placa de unión tiene un espesor de 4 mm y los pasadores un diámetro de 20 mm que se alojaran en agujeros realizados en la madera de 19 mm para asegurar que el pasador ejerza presión sobre la madera y conseguir así la correcta transmisión de esfuerzos.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Se calcula que son necesarios 6 pasadores por placa para soportar los esfuerzos existentes en la base del pilar, así mismo se establecen las distancias mínimas de distribución de los pasadores en la placa en el anejo correspondiente.

Para la unión en la clave del pórtico se opta por un enlace articulado metálico creando una articulación perfecta con un eje materializado por un bulón para permitir el giro libre. Es el tipo de unión articulada aconsejada para luces de 20 metros o superiores.

Se opta para esta unión por elementos de fijación de tipo clavija, concretamente por pasadores, para lograr un mejor aspecto estético.

La placa de acero de la unión tiene un espesor de 4 mm y se fija a la madera por dos pasadores de 15 mm de diámetro, introducidos en agujeros de 14 mm para asegurar la correcta transmisión de esfuerzos.

Se comprueba en el anejo correspondiente que los pasadores dimensionados soportan la cortadura doble a la que se ven sometidos por el cortante existente en la clave del pórtico. También se calculan en el anejo las distancias mínimas entre elementos y se establecen las dimensiones de la placa y la distribución de los pasadores en la misma.

Para la unión del apoyo articulado en la base de los pilares con la cimentación se diseña una placa de anclaje de 12 mm de espesor fijada por 6 pernos de 16 mm de diámetro. Tanto la placa como los pernos se realizan en acero S235J0, que tiene una resistencia última suficiente para soportar y transmitir los esfuerzos del pilar a la zapata.

8.7 RESISTENCIA AL FUEGO

La normativa CTE_DB-SE_S1 establece que para edificios de pública concurrencia y altura de evacuación inferior a 15 metros, que es el caso al que se corresponde el presente proyecto, la resistencia al fuego en la estructura principal ha de ser R 90, es decir, la

estructura debe soportar las acciones correspondientes a la combinación más desfavorable minoradas por un coeficiente durante un periodo de tiempo de 90 minutos en caso de incendio.

La comprobación se realiza por el método de la sección reducida, se calcula según la curva normalizada tiempo-temperatura, que el instante más desfavorable durante los 90 minutos de la situación en caso de incendio se corresponde con el momento de $t = 90$ minutos, por lo que basta realizar la comprobación en ese instante.

La estructura principal se protege del fuego mediante un tablero contrachapado de madera de densidad 450 kg/m^3 y 25 mm de espesor. Esta protección aísla la estructura principal durante los primeros 25 minutos de incendio, posteriormente la sección efectiva de la madera se va reduciendo.

En el anejo resistencia al fuego, se calcula la reducción de la sección que se produce para un tiempo de 90 minutos en situación de incendio, y se comprueba que esta sección nueva satisface las comprobaciones de resistencia frente a la combinación más desfavorable minorada.

Para la estructura secundaria, formada por las correas, se considera una resistencia al fuego R30, debido a que su función es la de soportar una cubierta ligera, cuya carga permanente es inferior a 1 kN/m.

Análogamente a lo establecido para la estructura principal, se determina la sección reducida para 30 minutos en situación de incendio para elementos sin protección.

Se comprueba la resistencia a los estados límite últimos para las correas con la sección reducida en situación de incendio en el anejo correspondiente.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

9. PLAZO DE EJECUCIÓN

Se propone un plazo de TRES MESES, para la ejecución global de las obras, motivo por el que no se propone fórmula de revisión de precios

10. PRECIOS

Se ha partido de los costes actuales de la mano de obra, maquinaria y materiales y se han calculado los distintos precios auxiliares.

Utilizando estos precios, se han obtenido los costes directos de las distintas unidades de obra. Sumado a estos costes directos, en los que se incluye el control de calidad, un 3% en concepto de coste indirecto, tal como se refleja en el Cuadro de precios nº II, se obtiene el precio total de la unidad de obra correspondiente tal como figura en el Cuadro de Precios nºI.

En el caso de ser necesarios nuevos precios (precios contradictorios), por surgir en las obras unidades no previstas, será preceptivo adoptar las mismas bases y criterios aquí expuestos para el cálculo de nuevos precios.

11. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Debido a las condiciones del presente proyecto teniendo en cuenta tanto el plazo de ejecución de las obras, como el presupuesto del mismo, no es necesaria la redacción de un Estudio completo de Seguridad y Salud.

En el anejo correspondiente se redacta el Estudio Básico de Seguridad y Salud, que consta de una memoria descriptiva de todas las medidas a tener en cuenta y precauciones

necesarias en la ejecución de las distintas unidades de obra, así como las instalaciones necesarias en obra.

En el estudio básico se definen los posibles riesgos derivados de las actuaciones a realizar y se estudian las posibles soluciones para conseguir la máxima seguridad en todas ellas.

Se definen las medidas de protección tanto individuales como colectivas que deberá implantar el Contratista y contemplar en su Plan de Seguridad y Salud.

El presupuesto de este capítulo se realiza mediante una partida alzada a justificar por valor del 3% del presupuesto de ejecución material como se define en el documento nº: 4 Presupuesto. Debido a que no es necesario realizar un presupuesto detallado de seguridad y salud al ser un estudio básico.

12. MEDIO AMBIENTE

Dada la tipología de la obra, los impactos ambientales que previsiblemente se pueden originar, son aquellos que se deriven de una mala ejecución de la obra.

Las posibles alteraciones que se pueden dar sobre los distintos elementos del medio, indicando las diferentes acciones que los producen, son las siguientes:

- Calidad del aire

Alteración: Aumento de los niveles de emisión de partículas, gases.

Acción: Movimiento de tierras.

Fase: Movimiento de tierras y construcción de cimentación.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Ruidos

Alteración: Incremento de los niveles sonoros.

Acción: Movimiento de maquinaria pesada. Proceso de carga transporte, carga y descarga de materiales.

Fase: Movimiento de tierras, construcción de la cimentación y montaje de la estructura.

- Suelos

Alteración: Destrucción directa, compactación y contaminación.

Acción: Movimiento de tierras. Vertidos accidentales o incontrolados. Hormigonado.

Movimiento de maquinaria pesada. Deposito de materiales.

Fase: movimiento de tierras, construcción de la cimentación.

- Vegetación

Alteración: Destrucción directa.

Acción: movimiento de tierras. Hormigonado. Movimiento de maquinaria pesada.

Incremento en el tránsito de personas en la zona.

Fase: desbroce, movimiento de tierras.

- Fauna

Alteración: destrucción directa. Destrucción de hábitat de especies terrestres. Muertes por atropello de animales.

Acción: Desbroce, movimiento de tierras. Incremento de emisiones sonoras. Vertidos accidentales.

Fase: Desbroce, movimiento de tierras, ejecución de la cimentación.

- Paisaje

Alteración: Visibilidad e intrusión visual. Cambios de la estructura paisajística.

Acción: Construcción de la estructura. Cambios en la vegetación.

Fase: Todas las fases de la ejecución y funcionamiento posterior.

Corrección de impactos

Para prevenir, paliar o corregir el impacto será necesario introducir medidas preventivas y/o correctoras en las actuaciones de la construcción.

Estas medidas aprovechan las oportunidades que nos da el medio en que se ubica el proyecto para conseguir un mejor logro ambiental, anular evitar o compensar los efectos negativos que las acciones derivadas del proyecto produzcan.

Además consiste en incrementar, mejorar o potenciar los efectos positivos que pudieran existir.

A continuación se explican las principales medidas preventivas o correctoras necesarias en este proyecto.

- Medidas preventivas

Se intentara utilizar los caminos de servicio existentes en la zona que permiten acceder a la zona de trabajo.

Se estudiara y planificara todo lo referente al movimiento de la maquinaria por la zona de trabajo, con el objeto de que la compactación del suelo sea lo menor posible y los daños a la vegetación sean los mínimos y necesarios para el normal desarrollo de la obra.

Con el fin de evitar el aumento del nivel de ruidos, la maquinaria empleada, deberá disponer de los correspondientes elementos silenciadores.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

El emplazamiento de la zona de acopio de materiales y del parque de maquinaria, se realizara en zonas en las que se reduzca el impacto visual.

Toda la maquinaria utilizada en la obra tendrá pasados sus controles y certificaciones de calidad para evitar contaminación acústica, por emisión de gases y vertidos de aceite y otros líquidos altamente contaminantes.

Los cambios de líquidos y revisiones de la maquinaria se realizará fuera de la zona de obra, evitando la contaminación del suelo por vertido de aceite.

Se evitara el abandono tras la obra de materiales sobrantes, que deberán ser retirados.

La maquinaria utilizada se retirara diariamente cuando acabe su trabajo diario, evitando la compactación del suelo por estancia y descanso de la maquinaria en la zona de trabajo.

No se realizaran obras por la noche para evitar los posibles daños al confort sonoro de la zona. .

- Medidas correctoras

Una vez finalizados los trabajos de construcción y montaje de la estructura, se procederá al laboreo del terreno en toda la zona de trabajo y transito de la maquinaria, para subsanar la compactación que puedan haber provocado.

Los taludes de la excavación en vaciado se tratarán mediante hidrosiembra o algún otro método similar, con el fin de repoblarlos de vegetación, disminuyendo el impacto visual y favoreciendo la estabilidad de los mismos.

Las zonas de vegetación afectada, se recuperaran mediante la plantación de especies arbóreas y arbustivas autóctonas de la zona.

13. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

De acuerdo con el artículo 127 del RD 1098/2001, el Presupuesto para Conocimiento de la Administración resulta:

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

- 1.- capitulo nº: 1 : movimiento de tierras 39.660,20 €
- 2.- capitulo nº: 2 : cimentación 2.392,48 €
- 3.- capitulo nº: 3 : estructura 169.721,59 €
- 4.- capitulo nº: 4 : cubierta 51.121,09 €
- 5.- capitulo nº: 5 : seguridad y salud 8.123,46 €

Presupuesto de ejecución material 271.018,82 €

3% gastos generales y 16 % beneficio industrial 51.493,58 €

Presupuesto base de licitación (antes de IVA) 322.512,40 €

16% IVA. 51.601,98 €

Presupuesto base de licitación (IVA incluido) 374.114,38 €

Asciende el Presupuesto Base de Licitación (IVA incluido) a la cantidad de:

TRESCIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL CIENTO CATORCE EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

EXPROPIACIONES:

No se prevé la necesidad de expropiaciones por afectar las obras a una parcela pública.

SERVICIOS AFECTADOS

No se contempla la interferencia con servicios afectados.

PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN:

Presupuesto Base de Licitación 374.114,38 €

Expropiaciones: 0,00

Servicios Afectados 0,00

Presupuesto para conocimiento de la Admón.: 374.114,38 €

Asciende el Presupuesto para conocimiento de la Administración (IVA incluido) a la cantidad de:

TRESCIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL CIENTO CATORCE EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS

14. RELACIÓN DE DOCUMENTOS

El presente proyecto se compone de los siguientes documentos:

Documento nº: 1.- MEMORIA

Memoria:

1. objeto y descripción del proyecto
2. situación y emplazamiento
3. justificación de la solución adoptada
4. normativa
5. cartografía y topografía
6. geología y geotecnia
7. movimiento de tierras

8. memoria de la estructura

8.1 descripción de la estructura propuesta

8.2 cubierta

8.3 correas

8.4 pórtico triarticulado

8.5 cimentación

8.6 uniones metálicas en los elementos de madera

8.7 resistencia al fuego

9. plazo de ejecución

10. precios

11. estudio básico de seguridad y salud

12. medio ambiente

13. resumen de presupuesto

14. relación de documentos

15. clasificación del contratista

16. consideraciones finales

Anejos a la memoria:

Anejo nº: 1.- Geología y geotecnia

Anejo nº: 2.- Cálculo de la cubierta

Anejo nº: 3.- Cálculo de la estructura secundaria

Anejo nº: 4.- Cálculo de la estructura principal

Anejo nº: 5.- Método de los desplazamientos

Anejo nº: 6.- Cálculo de la cimentación

Anejo nº: 7.- Uniones metálicas en la madera

Anejo nº: 8.- Seguridad en caso de incendio

Anejo nº: 9.- Plan de obra

Anejo nº: 10.- Justificación de precios

Anejo nº: 11.- Estudio básico de seguridad y salud

Documento n: 2.- PLANOS

1. Situación y emplazamiento
2. Cartografía
3. Replanteo
4. Movimiento de tierras
5. Cimentación
6. Estructura
 - a. Estructura. Geometría pórtico
 - b. Estructura. Correas
 - c. Estructura. Detalles
7. Vistas
 - a. Vista. Pórticos
 - b. Vista. Pórticos y correas
 - c. Vista. Cerramientos

Documento nº: 3.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES

Capítulo nº: 1.- Definición y alcance del pliego

- 1.1. Objeto del pliego
- 1.2. Compatibilidad y prelación de los documentos que definen las obras
- 1.3. Descripción de las obras

Capítulo nº: 2.- Prescripciones generales

- 2.1. Normas generales
- 2.2. Disposiciones a tener en cuenta

Capítulo nº: 3.- Prescripciones particulares

- 3.1 Desbroce y limpieza
- 3.2 Excavación en vaciado
- 3.3 Excavaciones en zanjas y pozos
- 3.4 Rellenos en zanjas y pozos o rellenos localizados
- 3.5 Hormigones
- 3.6 Aceros para armaduras

- 3.7 Acero en elementos de unión
- 3.8 Madera laminada
- 3.9 Revestimiento con tablero de madera
- 3.10 Paneles sándwich de cubierta
- 3.11 Rastreles de madera
- 3.12 Chapa ondulada de cubierta
- 3.13 Partidas alzadas
- 3.14 Unidades de obra no ejecutadas conforme a proyecto
- 3.15 Unidades de obra no especificadas en el presente pliego
- 3.16 Unidades no previstas

Capítulo nº: 4.- Disposiciones generales

- 4.1 Normas generales
- 4.2 Omisiones o errores
- 4.3 Representantes del contratista
- 4.4 Facilidades para la inspección
- 4.5 Sobre la correspondencia oficial
- 4.6 Iniciación de las obras
- 4.7 Instalaciones de las obras
- 4.8 Medidas de protección y limpieza
- 4.9 Significación de los ensayos y reconocimiento durante la ejecución de las obras
- 4.10 Precauciones especiales durante la ejecución de las obras
- 4.11 Gastos de accesos provisionales de obra
- 4.12 Gastos de replanteo, liquidación, pruebas y ensayos
- 4.13 Otros gastos de cuenta del contratista
- 4.14 Sanciones al contratista
- 4.15 Plazo de ejecución
- 4.16 Documento final de la obra
- 4.17 Recepción de las obras
- 4.18 Plazo de garantía
- 4.19 Inalterabilidad del contrato o revisión de precios

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- 4.20 Materiales hallados en las obras
- 4.21 Prerrogativas de la administración

Documento nº: 4.- MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

- 1. Mediciones
- 2. Cuadro de precios nº 1
- 3. Cuadro de precios nº 2
- 4. Presupuestos

15. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

Conforme a lo establecido en la Ley de Contratos del Sector Público (LCSP), Ley 30/2007, 30 de Octubre, al ser un proyecto de presupuesto superior a los 350.000 €, se propone que los licitadores del contrato de las obras contempladas en este Proyecto, reúnan la clasificación:

1.- capítulo nº: 1 : movimiento de tierras	39.660,20 €	14,63 %
2.- capítulo nº: 2 : cimentación	2.392,48 €	0,89 %
3.- capítulo nº: 3 : estructura	169.721,59 €	62,62 %
4.- capítulo nº: 4 : cubierta	51.121,09 €	18,86 %
5.- capítulo nº: 5 : seguridad y salud	8.123,46 €	3,00 %

Presupuesto de ejecución material 271.018,82 €

Sólo se le exige clasificación al capítulo de estructura, por sobrepasar el 20% del PEM.

Anualidad media para el capítulo de estructura se obtiene a partir del presupuesto de ejecución material total multiplicado por el plazo de ejecución y dividido entre 12 meses.

Grupo C, Edificaciones

Subgrupo 8 Carpintería de madera

Categoría B anualidad media entre 60.000 y 120.000 euros.

16. CONSIDERACIONES FINALES

Con lo expuesto, y el resto de los documentos incluidos en el presente Proyecto de título: "ESTRUTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS", se consideran suficientemente definidas, con la finalidad de permitir su correcta ejecución, las obras en él contempladas que constituyen una obra completa en el sentido estipulado en el Artículo 107 del Reglamento General de la Ley de Contratos del Sector Público las Administraciones Públicas, susceptible, por tanto, de ser entregada a su terminación al uso previsto por la administración contratante.

Salamanca, febrero de 2009

El autor del Proyecto

Fdo: Miguel Herrero Becerro

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 1.- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Índice:

1. obtención de datos
2. estudio geológico
 - 2.1. introducción
 - 2.2. estratigrafía
 - 2.2.1. formación de aldeatejada
 - 2.2.2. pizarra del endrinal
 - 2.3. calicatas realizadas en los santos
 - 2.4. descripción del terreno
3. estudio geotécnico
 - 3.1. ensayos de penetración dinámica
 - 3.2. parámetros resistentes del terreno
4. conclusiones

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

1. OBTENCIÓN DE DATOS

Los datos geológicos del terreno se han obtenido a partir del estudio geotécnico de una obra cercana. Concretamente se trata de la obra "Comarca de Guijuelo. Ampliación del abastecimiento a Monleón, Casafranca y Otros", cuya traza circula a escasos metros del emplazamiento de la edificación del presente proyecto, a su paso por el municipio de Los Santos. El estudio ha sido realizado por la empresa IDC, Investigación y desarrollo de la calidad.

En cuanto al estudio geotécnico se han tomado los ensayos y datos estimados para la misma obra, en las cercanías de Los Santos. La empresa encargada de dicho estudio geotécnico es CEMOSA.

2. ESTUDIO GEOLÓGICO

2.1. INTRODUCCIÓN

El estudio se ha realizado a partir de las siguientes fuentes de información:

- Mapa geológico y minero de España, escala 1:50000, hoja número 528.
- Mapa geológico de Castilla y León realizado por SIEMCALSA (Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León, S.A.)
- Reconocimiento de campo.

Respecto a la geotecnia se ha realizado un estudio por medio de calicatas y ensayos con penetrómetros.

2.2. ESTRATIGRAFÍA

2.2.1. FORMACIÓN DE ALDEATEJADA

La formación de Aldeatejada (Diez Balda, 1980) constituye una sucesión pizarrosa de más de 2000 metros de potencia con niveles de areniscas, carbonatos y calcoesquistos. A techo pasa gradualmente a la formación de areniscas de Tamames, compuesta por unos 500 metros de alternancias de areniscas y pizarras con niveles carbonatados a techo.

La edad de esta sucesión se atribuye al Vendense sup.-Cámbrico inf. El medio sedimentario de la formación de Aldeatejada corresponde a una plataforma, que evoluciona a techo a facies Inter. o supramareales.

2.2.2. PIZARRA DEL ENDRINAL

La pizarra es una roca metamórfica homogénea formada por la compactación de arcillas. Se presenta generalmente en un color opaco azulado oscuro y dividida en lascas u hojas planas.

La pizarra es una roca fósil, densa, de grano fino, formada a partir de esquisto micáceo, arcilla y, en algunas ocasiones, de rocas ígneas. La principal característica de la pizarra es su división en finas láminas o capas. Los minerales que la forman son principalmente cuarzo y moscovita. Suele ser de color negro azulado o negro grisáceo, pero existen variedades rojas, verdes y otros tonos.

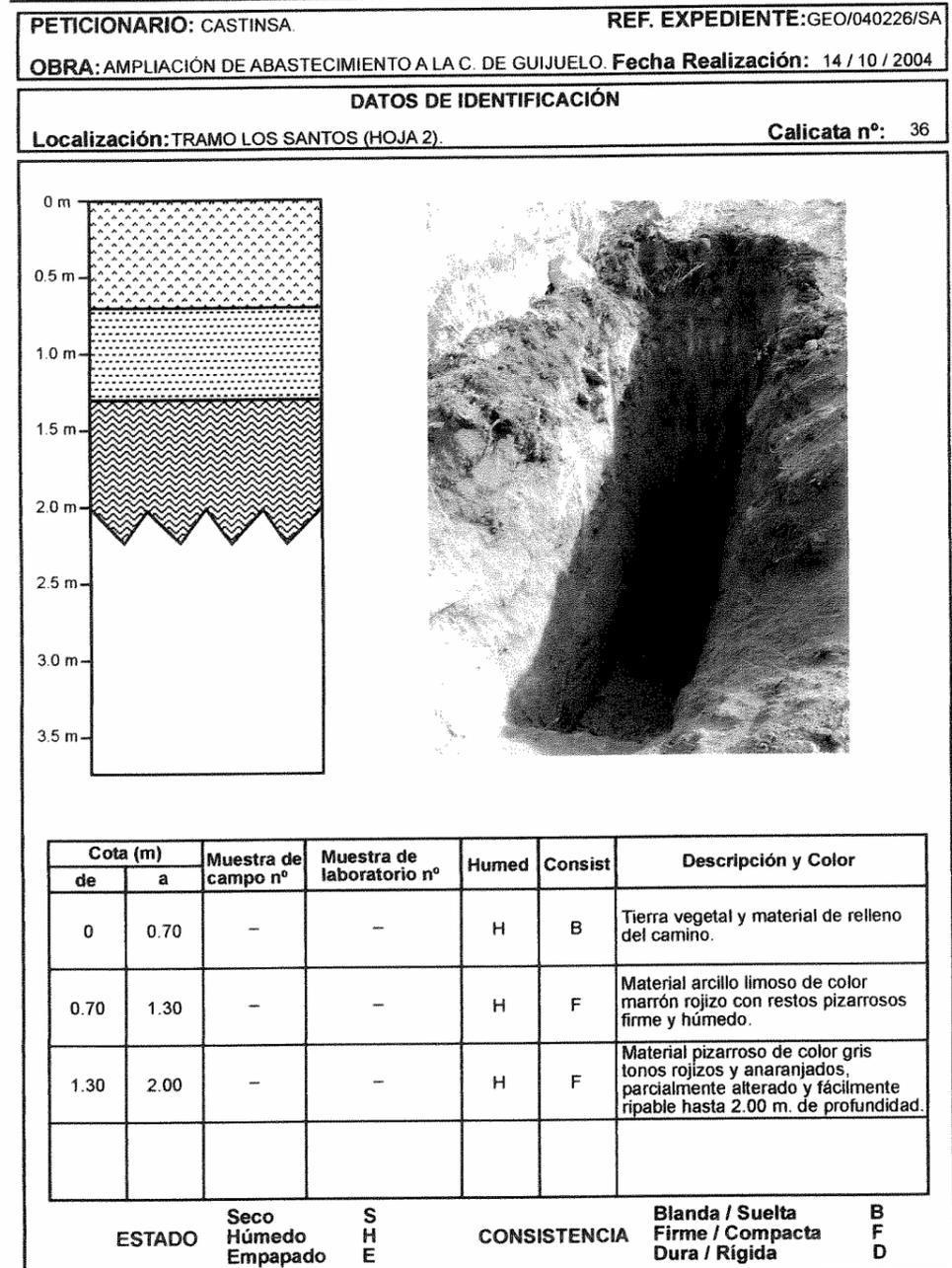
Las pizarras son propias de metamorfismo de bajo grado. Asociada a margas y lutitas, el grano es fino y la foliación microscópica. La fábrica mineral es entabada y anisotrópica. La pizarrosidad característica puede ser o no paralela a los planos de las capas de las margas originales. Se encuentran cristaloblastos muy finos con fractura acicular y superficies sedosas reflectivas.

2.3. CALICATAS REALIZADAS EN LOS SANTOS

En la zona de los santos se han realizado cuatro calicatas con los siguientes resultados:

CALICATA	TERRENO SUELTO		TERRENO DE TRÁNSITO	
	ESPESOR (m)	%	ESPESOR (m)	%
36	1,38	100	0,00	0
37	1,00	72,46	0,38	27,54
38	1,38	100	0,00	0
39	1,38	100	0,00	0

DESCRIPCIÓN DE CALICATA





DESCRIPCIÓN DE CALICATA



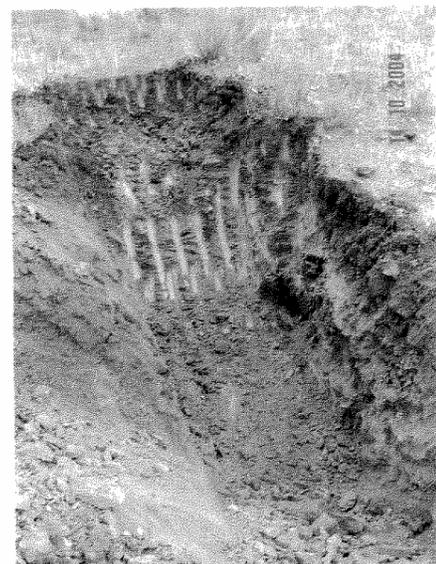
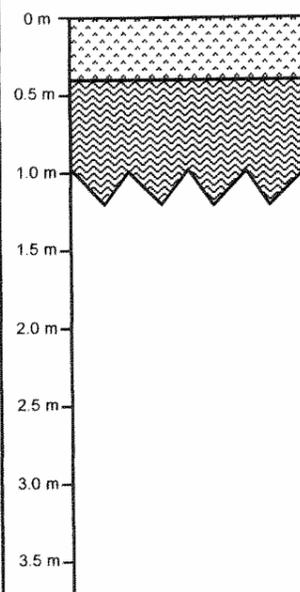
PETICIONARIO: CASTINSA. REF. EXPEDIENTE: GEO/040226/SA

OBRA: AMPLIACIÓN DE ABASTECIMIENTO A LA C. DE GUIJUELO. Fecha Realización: 14 / 10 / 2004

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Localización: TRAMO LOS SANTOS (HOJA 11).

Calicata nº: 37



Cota (m)		Muestra de campo nº	Muestra de laboratorio nº	Humed	Consist	Descripción y Color
de	a					
0	0.40	-	-	H	B	Tierra vegetal de color marrón con consistencia blanda y estado húmedo.
0.40	1.00	-	-	H	F/D	Material pizarroso de color gris azulado con tonos marrones y naranjas, parcialmente alterado y fácilmente ripable hasta 1.00 m.

ESTADO Seco S
 Húmedo H
 Empapado E

CONSISTENCIA Blanda / Suelta B
 Firme / Compacta F
 Dura / Rígida D

DESCRIPCIÓN DE CALICATA



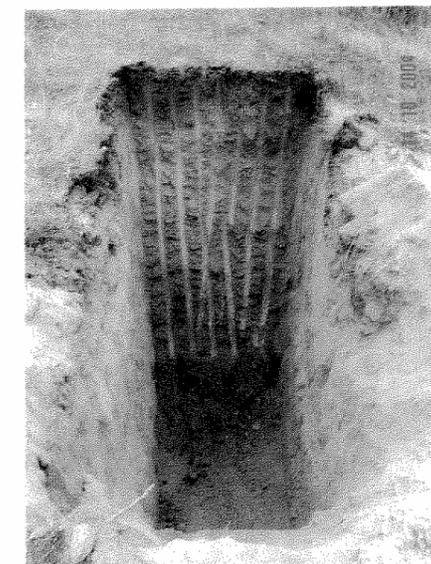
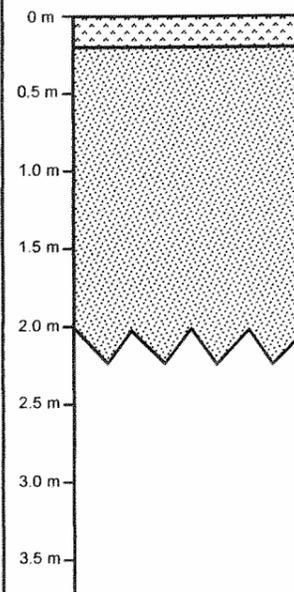
PETICIONARIO: CASTINSA. REF. EXPEDIENTE: GEO/040226/SA

OBRA: AMPLIACIÓN DE ABASTECIMIENTO A LA C. DE GUIJUELO. Fecha Realización: 14 / 10 / 2004

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Localización: TRAMO LOS SANTOS (HOJA 11).

Calicata nº: 38



Cota (m)		Muestra de campo nº	Muestra de laboratorio nº	Humed	Consist	Descripción y Color
de	a					
0	0.20	-	-	H	B	Tierra vegetal de color marrón con consistencia blanda y estado húmedo.
0.20	2.00	-	-	H	F	Jabre, material arenoso producto de alteración de granito, de color marrón blanquecino, firme y húmedo.

ESTADO Seco S
 Húmedo H
 Empapado E

CONSISTENCIA Blanda / Suelta B
 Firme / Compacta F
 Dura / Rígida D



DESCRIPCIÓN DE CALICATA

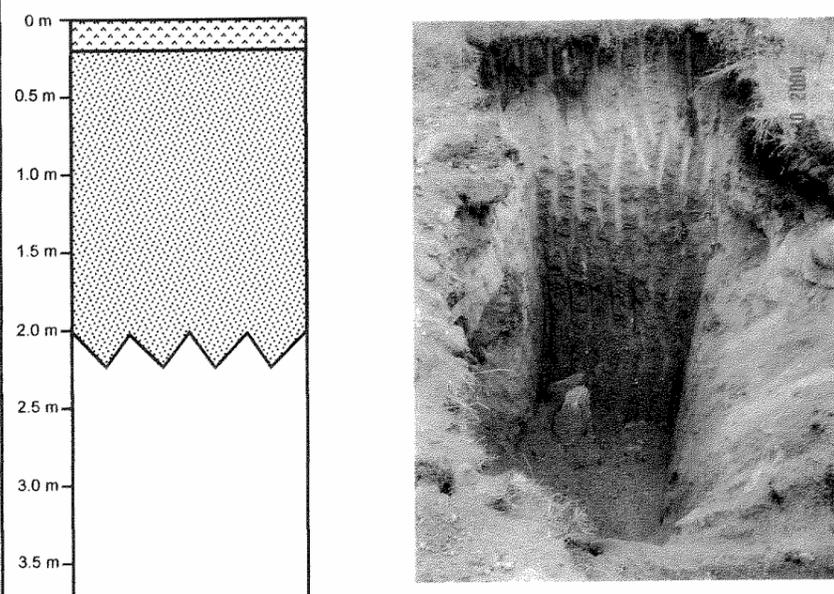


PETICIONARIO: CASTINSA. REF. EXPEDIENTE: GEO/040226/SA

OBRA: AMPLIACIÓN DE ABASTECIMIENTO A LA C. DE GUIJUELO. Fecha Realización: 14 / 10 / 2004

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Localización: TRAMO LOS SANTOS (HOJA 11), PK 0+000 (LOS SANTOS). Calicata nº: 39



Cota (m)		Muestra de campo nº	Muestra de laboratorio nº	Humed	Consist	Descripción y Color
de	a					
0	0.25	-	-	H	B	Tierra vegetal de color marrón oscuro con consistencia blanda y estado húmedo.
0.25	2.00	-	-	H	F	Jabre, material arenoso producto de alteración de granito, de color marrón firme y húmedo.

ESTADO Seco S
 Húmedo H
 Empapado E

CONSISTENCIA Blanda / Suelta B
 Firme / Compacta F
 Dura / Rígida D

2.4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

En el tramo que atañe al presente proyecto, se obtienen las siguientes conclusiones.

El tramo de los Santos se caracteriza por la presencia de terreno vegetal, ocasionalmente materiales granulares, productos de alteración del nivel inferior y materiales pizarrosos pertenecientes a las formaciones de Aldeatejada de edad Cámbrico inferior y Pizarras del Endrinal de edad Cámbrica; estos materiales pizarrosos varían en cuanto a su ripabilidad con espesores que varían entre 0,75 m. y 2 m.

3. ESTUDIO GEOTÉCNICO

3.1. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Para determinar los parámetros resistentes del terreno se realizan diferentes ensayos en la zona de la obra, obteniéndose la tensión admisible de cálculo del terreno y el rozamiento interno del mismo.

En el ensayo del penetrómetro se observa que hasta una profundidad de 2 m no se alcanza un golpeo superior a 10 golpes. En consecuencia se toma un valor de $N_b = 16$ a partir de esa profundidad.

Empleando la formulación de Peck para suelos cohesivos se tiene:

$$q_a = C_w \cdot 0,41 \cdot N \cdot \Delta h \text{ en kPa}$$

$$\Delta h = 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm (asiento admisible)}$$

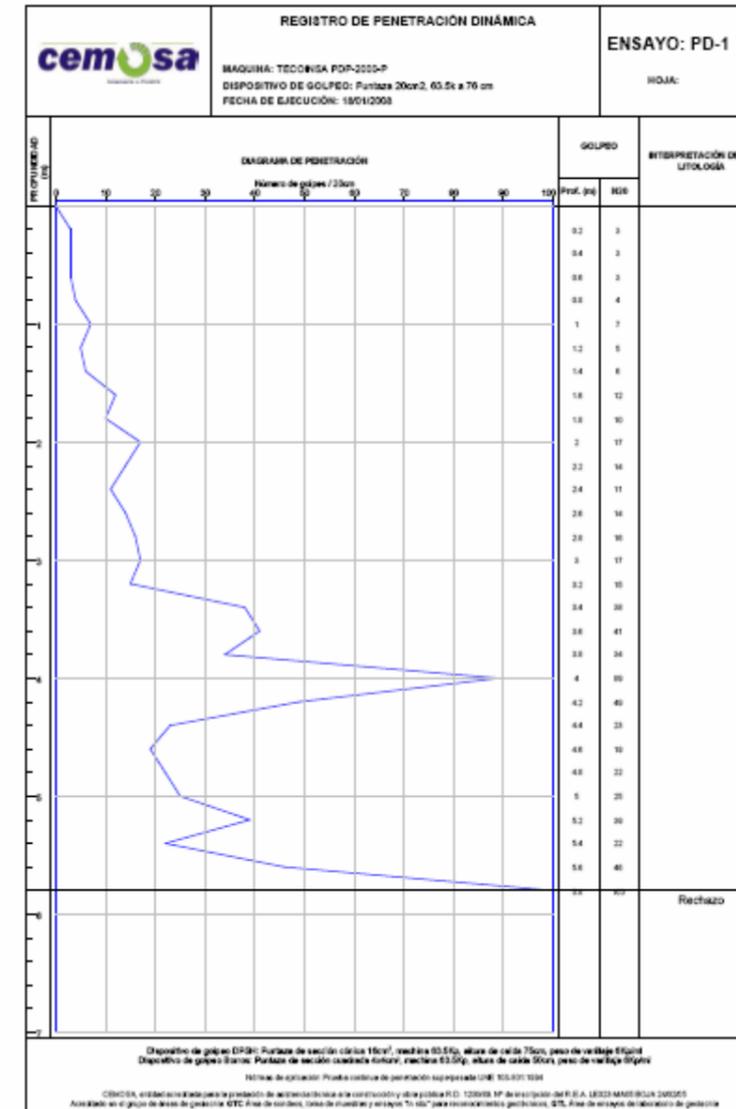
$$C_w = 1 \text{ (no hay influencia del nivel freático)}$$

$$N = C_N = 0,77 \cdot \log \frac{1,915}{\sigma'_0} = 1,30$$

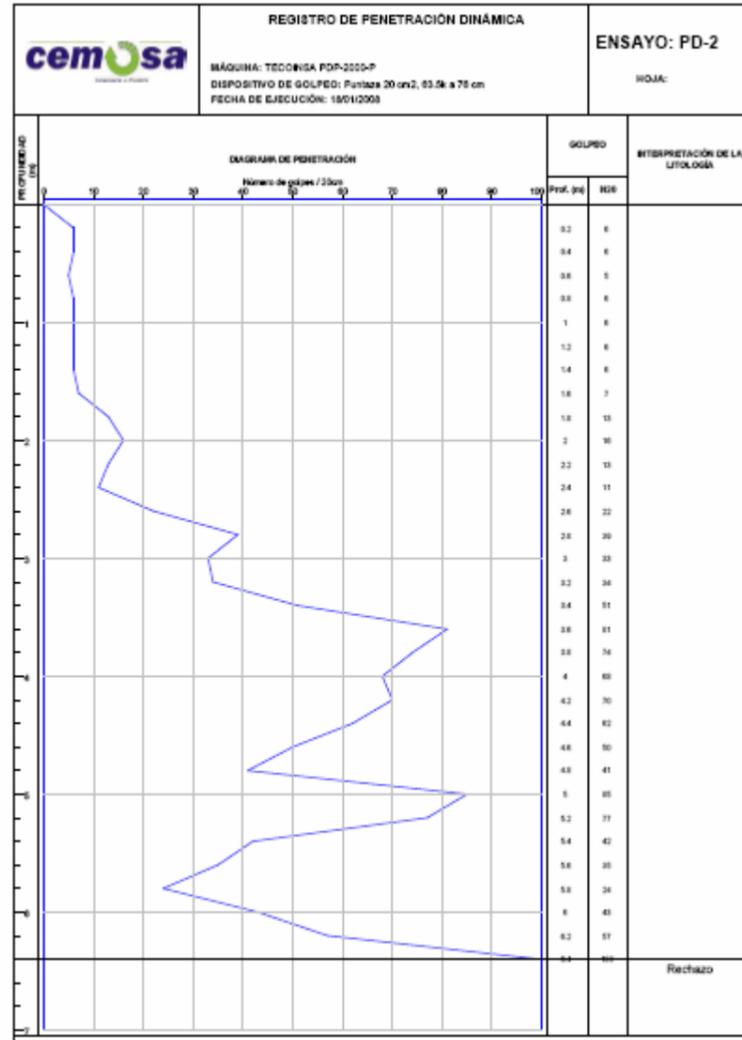
$$q_a = 0,41 \cdot 1,30 \cdot 16 \cdot 25 = 213,0 \text{ kPa}$$

$$q_{adm} = \frac{q_a}{1,5} = 142 \text{ kPa} = 142 \text{ kN/m}^2$$

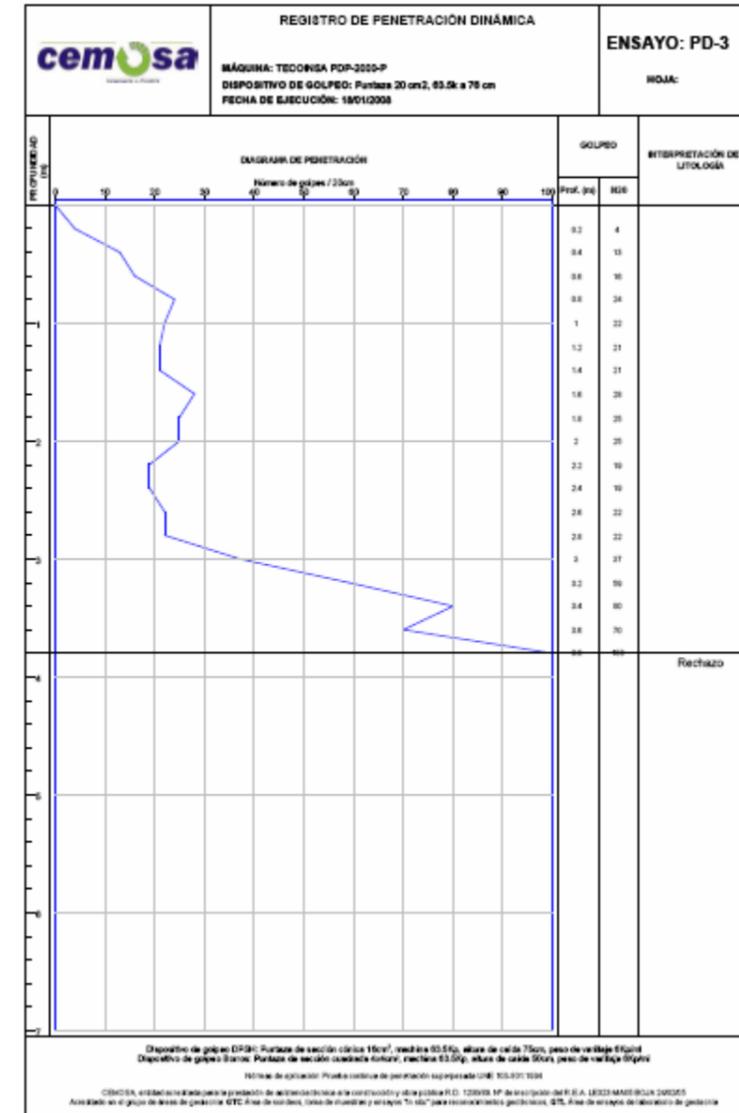
PENETRÓMETRO 1:



PENETROMETRO 2:



PENETROMETRO 3:



	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

3.2. PARÁMETROS RESISTENTES DEL TERRENO

tensión admisible del terreno

$$q_a = 213,0 \text{ kN/m}^2$$

tensión admisible de cálculo

$$q_{adm} = 142 \text{ kN/m}^2$$

ángulo de rozamiento interno

$$\phi = 45^\circ$$

No se ha detectado presencia del nivel freático a la profundidad ensayada.

4. CONCLUSIONES

Debido a las características de los materiales que componen el terreno se estima que es fácilmente ripable. Por lo que se propone el empleo de pala mixta para las operaciones de desbroce, limpieza, vaciado y excavación de las cimentaciones, ya que ésta no se va a realizar a gran profundidad, en caso de que su empleo no sea efectivo, la constructora puede optar por la excavación mediante retroexcavadora.

En cuanto a la cimentación, atendiendo a los parámetros característicos el terreno, se propone como sistema más adecuado, la realización de zapatas aisladas rígidas de hormigón armado.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 2.- CÁLCULO DE LA CUBIERTA

Índice:

1. panel sandwich
2. rastreles de madera
3. cerramiento de chapa ondulada

1. PANEL SANDWICH

Para dar continuidad desde el interior a la estructura formada íntegramente por madera, se ha optado por el empleo de paneles tipo sándwich con recubrimiento inferior de placas de madera con un acabado tipo abedul regular o similar.

El panel empleado es el panel sándwich X-FOAM WR o similar, que tiene las siguientes características técnicas.

	Norma de ensayo	Valores
Densidad kg/m ³	ISO R 845	30/33
Conductividad térmica mínima a 10°C	UNI 7891	0,033 W/mq °K
Resistencia a la compresión	DIN 53421	2,0/2,5 kg/cm ²
Permeabilidad al vapor de agua	DIN 52615	80/150
Absorción de agua después de 28 días lámina entera		1,5 %
Rango de temperaturas de uso		-50 + 70 °C
Coefficiente de dilatación	UNI 6248	0,07 mm/m°K
Capilaridad		Nula
Inflamabilidad	CSE-RF2 RF--D.Min.	Clase 1

La colocación se realiza mediante puntas de acero clavadas directamente sobre las correas y machihembrados entre los paneles.

Las dimensiones son 1200 mm de ancho por 2390 mm de largo, con un espesor de 100 mm formado por tres capas, las exteriores son de 10 mm cada una y la central se consigue mediante un aislante de 80 mm de espesor realizado con poliestireno extruido, garantizando el mantenimiento de las características térmicas en el tiempo.

Realizando la fijación mediante tres apoyos, para un espesor de panel de 100 mm, el fabricante considera una carga útil de 500 kg/m².

2. RASTRELES DE MADERA

La unión entre el panel sándwich y la chapa de acero de cubierta se realiza mediante rastreles de madera aserrada maciza de pino silvestre de dimensiones 60 x 30 milímetros.

Los rastreles se fijan mediante puntas de acero a los paneles en sentido transversal a la directriz de la edificación y sobre estos se fijan los rastreles en sentido longitudinal, de esta manera se permite la evacuación del agua que pueda filtrarse a través de la chapa de cubierta.

La distribución de los rastreles sobre la cubierta se realiza dejando una separación entre los mismos de 1,20 metros en sentido transversal y de 0,40 metros en sentido longitudinal.

El volumen de madera existente en la formación de la cubierta por metro cuadrado es:

Número de rastreles por metro en sentido longitudinal

$$\frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ rastreles}$$

Número de rastreles por metro en sentido transversal

$$\frac{1}{1,2} = 0,83 \text{ rastreles}$$

El número total de rastreles por metro cuadrado es de 3,33 rastreles de un metro de longitud.

La carga de los rastreles por metro cuadrado, teniendo en cuenta que la densidad media de la madera de pino silvestre es de 500 kg/m³ y la sección es de 60x 30 mm,

$$q_R = 3,33 \cdot 0,06 \cdot 0,03 \cdot 500 = 3 \text{ kg/m}^2$$

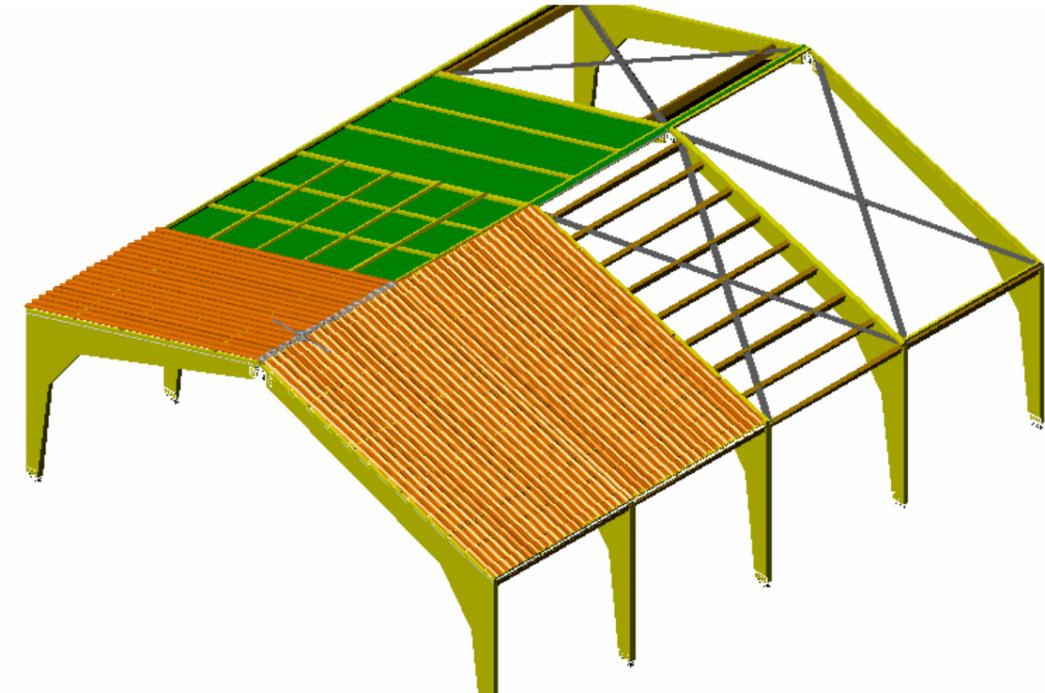
3. CERRAMIENTO DE CHAPA ONDULADA

El elemento de acabado de cubierta es una chapa ondulada acabada en color marrón.

Las dimensiones de la placa son de 2 metros de largo por 0,95 metros de ancho con un espesor de 3 mm y un peso de 6 kg/placa. El acabado exterior presenta 10 ondas con una altura de 3,8 cm cada una.

La fijación a los rastreles de madera se realiza mediante clavos de cabeza de PVC con un mínimo de 24 por placa, siendo 16 comunes con placas que solapan.

La carga de la chapa por metro cuadrado es de 3 kg/m² aproximadamente, por lo que el conjunto con los rastreles proporciona una carga total de 6 kg/m², sobradamente soportada por los paneles sándwich resistentes.



	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 3.- CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA SECUNDARIA

índice

1. predimensionamiento
2. acciones previstas en el cálculo

- 2.1. carga permanente
- 2.2. sobrecarga de uso
- 2.3. sobrecarga de nieve
- 2.4. acción del viento

- 2.4.1. cubierta a dos aguas, dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
- 2.4.2. cubierta a dos aguas, dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

3. estados límite últimos

- 3.1. esfuerzos debidos a las hipótesis simples

- 3.1.1. carga permanente
- 3.1.2. sobrecarga de uso
- 3.1.3. sobrecarga de nieve
- 3.1.4. viento de presión v1
- 3.1.5. viento de succión v2
- 3.1.6. viento de succión v3

- 3.2. combinación de acciones
- 3.3. resistencias de cálculo
- 3.4. características resistivas de la sección
- 3.5. comprobación de los e.l.u.

- 3.5.1. comprobación a flexión esviada
- 3.5.2. comprobación a cortante
- 3.5.3. estabilidad: vuelco lateral en vigas

4. estados límite de servicio

- 4.1. flechas producidas por las hipótesis simples

- 4.1.1. carga permanente
- 4.1.2. sobrecarga de uso
- 4.1.3. sobrecarga de nieve
- 4.1.4. viento de presión v1
- 4.1.5. viento de succión v2
- 4.1.6. viento de succión v3

- 4.2. combinación de acciones

- 4.2.1. acciones características
- 4.2.2. acciones de tipo casi permanente

- 4.3. comprobación de la flecha máxima admisible

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

1. PREDIMENSIONAMIENTO

El canto de la sección de las correas puede estimarse en función de luz como:

Siendo la luz de las correas igual a la separación entre pórticos, $l_c = 6000$ mm.

$$h_{\text{tan teo}} = \frac{l_c}{17} = \frac{6000}{17} = 352,94 \text{ mm}$$

La anchura, b, de la sección, oscila entre h/2 y h/3,5. Siendo la gama de anchuras de las correas normalmente: 80-90-100-135-210 mm

Si la pendiente del faldón de la cubierta es superior a 10°, la proporción entre canto y ancho tiende a reducirse. Para ello las dimensiones de h y de b se corrigen de acuerdo a las siguientes expresiones:

En este caso, para una inclinación de 16,7°:

$$h_\alpha = h \cdot \sqrt{\frac{\cos \alpha}{3 \cdot \sqrt{\tan \alpha}}} = 308,4 \text{ mm}$$

Se opta por un canto h = 300 mm

$$b_\alpha = h_\alpha \cdot \sqrt{\tan \alpha} = 164 \text{ mm}$$

Para el ancho de la sección se toma el ancho comercial más cercano:

$$b = 135 \text{ mm}$$

El material que se va a emplear es madera laminada homogénea GL_28h.

La separación entre correas es de 1,30 metros, por lo que se colocan un total de 18 correas entre cada par de pórticos.

La fabricación de las correas se realiza mediante la unión, por adhesivo de resorcina y presión, de láminas de madera conífera de pino silvestre.

La normativa UNE EN 386 "Madera laminada encolada. Requisitos de fabricación" establece para las maderas laminadas formadas por maderas coníferas y clase de servicio 2, un máximo de espesor de lámina y sección de la lámina.

Valores máximos:

Espesor: $t \leq 45$ mm

Superficie: $A \leq 9000$ mm²

El ancho de las láminas, según el diseño de las correas es b = 135 mm, la altura de la sección es de h = 300 mm, por lo que se opta por un espesor de lámina de t = 30 mm, empleando 10 láminas encoladas para realizar el elemento.

La sección de las láminas es:

$$A = b \cdot t = 135 \cdot 30 = 4050 \text{ mm}^2 < 9000 \text{ mm}^2$$

2. ACCIONES PREVISTAS EN EL CÁLCULO

Las acciones a las que están sometidas las correas son las siguientes:

2.1. CARGA PERMANENTE G1

La carga permanente está formada por los elementos de la cubierta compuesta de panel sándwich, rastreles y chapa grecada más un peso destinado a posibles instalaciones que puedan ir colgadas de la cubierta. Además es necesario añadir el peso propio del elemento calculado y de los elementos estructurales que soporta.

Elementos de la cubierta:

Panel sándwich = 30 kg/m^2

Peso de instalaciones = 10 Kg/m^2

Chapa grecada + rastreles = 10 Kg/m^2

Total carga de la cubierta = 50 Kg/m^2

La carga de la cubierta que corresponde a cada correa para una separación entre las mismas de 1,30 m es:

Carga cubierta por correa = $50 \cdot 1,30 = 65 \text{ kg/m}$

Correas de madera laminada GL 28h

Las correas de madera laminada se diseñan con una sección de 300x135 mm y una longitud de 6 m entre pórticos, la densidad de este material es de 410 kg/m^3 , por lo que su peso propio será:

Peso propio correa = $0,135 \cdot 0,300 \cdot 410 = 16,605 \text{ kg/m}$

Carga permanente total sobre las correas,

$G1 = 65 + 16,605 = 81,605 \text{ kg/m} = 0,816 \text{ kN/m}$

2.2. SOBRECARGA DE USO, Q1

La norma CTE_DB-SE_AE establece para cubiertas accesibles únicamente para conservación de inclinación inferior a 20° , como es este caso, una sobrecarga de uso de 1 kN/m^2

Tabla 3.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [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
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 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta, de forma que para una inclinación de $16,7^\circ$ se tiene,

$$\text{Sobrecarga} = 1 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot \cos 16,7^\circ = 0,958 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Además debe considerarse una segunda sobrecarga de uso en forma de una carga puntual colocada en la zona más desfavorable de la cubierta, pero al ser inferior a la sobrecarga de nieve y no poder ser simultánea con la misma, no se tiene en cuenta al realizar las combinaciones.

Para una separación entre correas de 1,30 m la sobrecarga de uso es:

$$Q1 = 0,958 \cdot 1,30 = 1,245 \text{ kN/m}$$

Sobrecarga de uso sobre las correas, $Q1 = 1,245 \text{ kN/m}$

2.3. SOBRECARGA DE NIEVE, N1

El CTE_DB-SE_AE establece el valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal como:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

μ es el coeficiente de forma de la cubierta, para faldones de cubierta sin impedimento al deslizamiento de la nieve e inclinación inferior a 30° $\mu = 1$

s_k es el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, según el ANEJO E del CTE_DB-SE_AE para la zona 4 y altitud de 1000 m $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$



Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m^2)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

La carga de nieve sobre la cubierta para una inclinación de $16,7^\circ$ es:

$$q_{na} = 1 \cdot 1,2 \cdot \cos 16,7^\circ = 1,15 \text{ kN/m}^2$$

Para una separación entre correas de 1,30 m la sobrecarga de nieve es:

$$N1 = 1,15 \cdot 1,30 = 1,494 \text{ kN/m}$$

Sobrecarga de nieve sobre las correas, $N1 = 1,494 \text{ kN/m}$

2.4. SOBRECARGA DE VIENTO, V

La acción del viento a presión estática puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad \text{siendo,}$$

q_b es la presión dinámica del viento y para la zona A según el Anejo D del CTE_DB-SE_AE

tiene un valor de $q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$

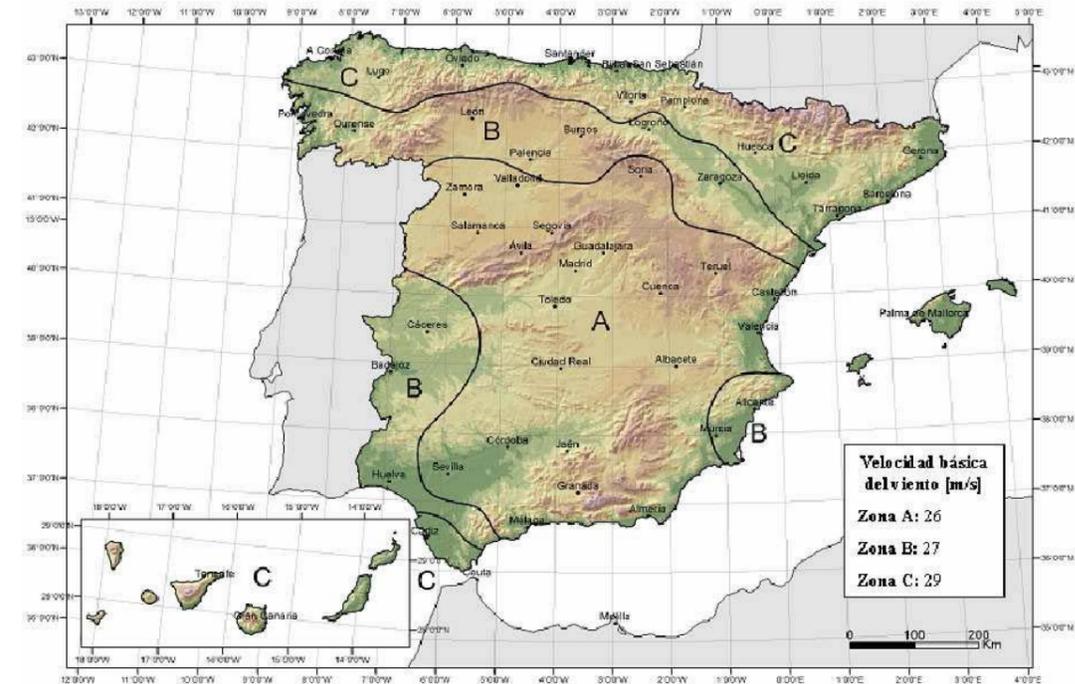


Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

c_e es el coeficiente de exposición que puede determinarse según la expresión :

$$c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k)$$

$$F = k \cdot \ln(\max(z, Z) / L)$$

Siendo z la cota de la edificación sobre el terreno (9m) y Z , L y k parámetros definidos según el grado de aspereza del terreno, caso III, zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados como árboles o construcciones pequeñas, el valor de estos parámetros es: $k = 0,19$; $L = 0,05 \text{ m}$; y $Z = 2,0 \text{ m}$, sustituyendo:

$$F = 0,9867; \quad c_e = 2,29$$

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

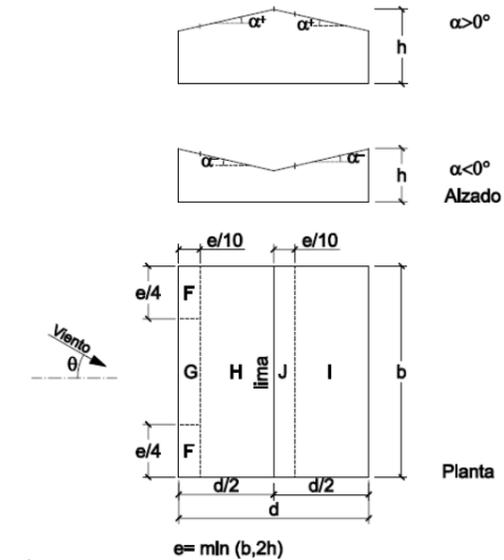
Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

c_p es el coeficiente de presión exterior o eólico, depende de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición del elemento considerado y de su área de influencia.

2.4.1. CUBIERTAS A DOS AGUAS, DIRECCIÓN DEL VIENTO $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

Tabla D.4 Cubiertas a dos aguas

a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



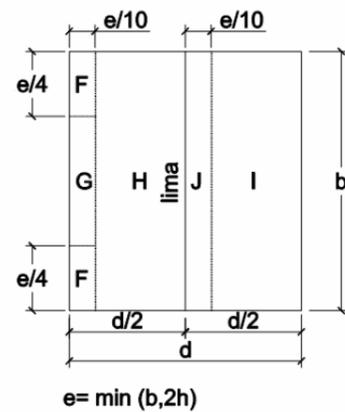
Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	0,2	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
60°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0

Interpolamos para obtener los valores tabulados para la inclinación de 16,7°

Pendiente	A (m ²)	BARLOVENTO			SOTAVENTO	
		ZONA F	ZONA G	ZONA H	ZONA I	ZONA J
16,7°	> 10	-0,854	-0,766	-0,289	-0,4	-0,943
	> 10	0,257	0,257	0,222	0	0
	< 1	-1,943	-1,5	-0,289	-0,4	-1,387
	< 1	0,257	0,257	0,222	0	0

El área de influencia de las correas es $A = 1,30 \cdot 6 = 7,8 \text{ m}^2$, para elementos con área de influencia comprendida entre 1 y 10, el coeficiente de presión exterior se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$c_{pe,A} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \log_{10} A$$



$$e = \min(b, 2h) = 18 \text{ m}$$

$$e/10 = 1,8 \text{ m}; e/4 = 4,5 \text{ m}$$

Las correas se encuentran en la situación más desfavorable en las zonas F a barlovento y J a sotavento.

Barlovento, zona F:

$$\text{Succión } c_{pe,A} = -0,972$$

$$\text{Presión } c_{pe,A} = 0,257$$

Sotavento, zona J:

$$\text{Succión } c_{pe,A} = -0,991$$

$$\text{Presión } c_{pe,A} = 0,00$$

La acción del viento es: $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$

Barlovento, zona F:

$$\text{Succión } q_e = -0,935 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Presión } q_e = 0,247 \text{ kN/m}^2$$

Sotavento, zona J:

$$\text{Succión } q_e = -0,953 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Presión } q_e = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

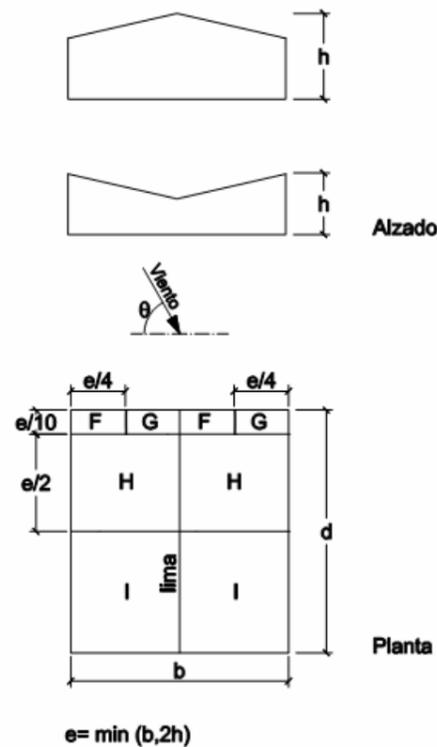
Para obtener la carga del viento sobre las correas se multiplica por la separación entre las mismas, 1,30 m

La acción del viento de presión es, $V1 = 0,321 \text{ kN/m}$ y $V1 = 0,00 \text{ kN/m}$

La acción del viento de succión es, $V2 = -1,216 \text{ kN/m}$ y $V2 = -1,239 \text{ kN/m}$

2.4.2. CUBIERTAS A DOS AGUAS, DIRECCIÓN DEL VIENTO $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

b) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

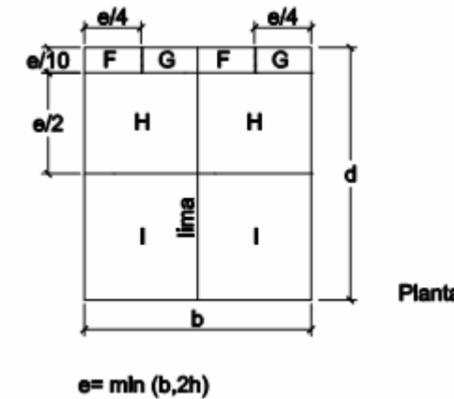


Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Nota:
- No se deben mezclar valores positivos y negativos en una sola cara.

Interpolamos para obtener los valores tabulados para la inclinación de 16,7°

Pendiente	A (m ²)	ZONA F	ZONA G	ZONA H	ZONA I
16,7°	> 10	-1,277	-1,311	-0,623	-0,5
	< 1	-1,943	-2,00	-1,2	-0,5
$C_{pe,A}$	7,8	-1,34	-1,385	-0,68	-0,5



La zona más desfavorable de viento donde se encuentra el elemento es la Zona G

$$e = 18 \text{ m}; e/4 = 4,5 \text{ m}; e/10 = 1,8 \text{ m}$$

Parte de la correa se encuentra en la zona más desfavorable, G, por lo que se toma como valor de cálculo quedando del lado de la seguridad.

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

$$\text{succión: } q_e = -1,332 \text{ kN/m}^2$$

Para obtener la carga del viento sobre las correas se multiplica por la separación entre las mismas, 1,30 m

La acción del viento de succión es, $V3 = -1,732 \text{ kN/m}$ y $V3 = -1,732 \text{ kN/m}$

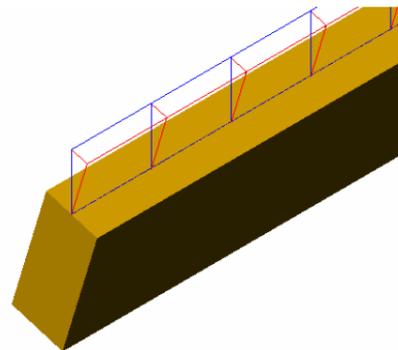
3. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

3.1. ESFUERZOS DEBIDOS A LAS HIPÓTESIS SIMPLES

3.1.1. CARGA PERMANENTE (G1)

Las correas en la estructura de madera se consideran vigas biapoyadas entre los pórticos. La carga permanente actúa perpendicularmente a la proyección horizontal de la correa por lo que se descompone en cargas paralela y perpendicular a la superficie de la correa que tiene la misma inclinación que la cubierta.

$$G1 = 0,816 \text{ kN/m} \quad \alpha = 16,7^\circ$$



Considerando como ejes locales de la correa el eje z el perpendicular a la cara superior y el eje y el paralelo a dicha cara, descomponemos la carga permanente en ambas cargas sobre los ejes locales

$$G1_z = G1 \cdot \cos \alpha = 0,782 \text{ kN/m}$$

$$G1_y = G1 \cdot \sin \alpha = 0,234 \text{ kN/m}$$

Estas cargas sobre la correa producen momentos y cortantes en ambos ejes, el valor máximo de los esfuerzos cortantes se da sobre los apoyos y el de los momentos flectores en el centro del vano. Los valores son los siguientes:

$$My_{G1} = G1_z \cdot \frac{L^2}{8} = 3,519 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Mz_{G1} = G1_y \cdot \frac{L^2}{8} = 1,053 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Vz_{G1} = G1_z \cdot \frac{L}{2} = 2,346 \text{ kN}$$

$$Vy_{G1} = G1_y \cdot \frac{L}{2} = 0,702 \text{ kN}$$

Análogamente se calculan los esfuerzos para el resto de las hipótesis simples teniendo en cuenta que las acciones del viento son perpendiculares a la cubierta y por lo tanto se corresponden con una carga en el eje z local de la correa, sin necesidad de descomponerla. Los resultados han sido recalculados y verificados mediante el programa Metal 3d de Cypecad.

3.1.2. SOBRECARGA DE USO (Q1)

$$My_{Q1} = 5,364 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Mz_{Q1} = 1,611 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Vz_{Q1} = 3,576 \text{ kN}$$

$$Vy_{Q1} = 1,074 \text{ kN}$$

3.1.3. SOBRECARGA DE NIEVE (N1)

$$My_{N1} = 6,434 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Mz_{N1} = 1,931 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Vz_{N1} = 4,293 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Vy_{N1} = 1,287 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

3.1.4. VIENTO DE PRESIÓN (V1)

$$M_y_{V1} = 1,445 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_z_{V1} = 0,963 \text{ kN}$$

3.1.5. VIENTO DE SUCCION (V2)

$$M_y_{V2} = - 5,576 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_z_{V2} = - 3,717 \text{ kN}$$

3.1.6. VIENTO DE SUCCIÓN (V3)

$$M_y_{V3} = -7,794 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_z_{V3} = - 5,196 \text{ kN}$$

3.2. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Según el CTE el valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondientes a una situación persistente o transitoria, se calcularía a partir de la siguiente expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

a) Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$).

b) Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis.

c) El resto de las acciones variables en valor de cálculo de combinación ($\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$)

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
		desestabilizadora	estabilizadora
Estabilidad	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Aunque con Cypecad se comprueban todas las combinaciones posibles, para el análisis manual sólo se tienen en cuenta las más desfavorables.

	G1	Q1	N1	V1	V2	V3
	Desf	Desf	Desf	Desf	Desf	Desf
	Fav	Fav	Fav	Fav	Fav	Fav
Comb. 1	1,35	1,50	0,5-1,50	0,6-1,50		
Comb. 2	1,35	0-1,50	1,50	0,6-1,50		
Comb. 3	1,35	0-1,50	0,5-1,50	1,50		
Comb. 4	0,80	0-1,50	0-1,50			1,50

Se tiene en cuenta que V2 y V3 son acciones del mismo tipo, viento de succión, no simultáneas por lo que se desprecian las combinaciones con V2, ya que los esfuerzos que produce son de menor valor que los producidos por V3.

Se tienen las siguientes combinaciones:

Combinación 1: Acción variable principal la sobrecarga de uso.

Combinación 2: Acción variable principal la sobrecarga de nieve.

Combinación 3: Acción variable principal el viento de presión.

Combinación 4: Acción variable principal el viento de succión (V3).

Para estas combinaciones, empleando los coeficientes tabulados y la ecuación se obtienen los siguientes valores:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

	My (kN·m)	Mz (kN·m)	Vz kN	Vy kN
Comb.1	18,922	5,286	12,618	3,524
Comb.2	15,702	4,318	10,473	2,878
Comb.3	11,744	2,870	7,831	1,913
Comb.4	-8,876	0,842	-5,917	0,562

3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO

Los valores característicos asociados a la madera laminada homogénea GL_28h son los siguientes:

Tabla E.3 Madera laminada encolada homogénea. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente

Propiedades		Clase Resistente			
		GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Resistencia (característica), en N/mm²					
- Flexión	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
- Tracción paralela	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
- Tracción perpendicular	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
- Compresión paralela	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
- Compresión perpendicular	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
- Cortante	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Rigidez, en kN/mm²					
- Módulo de elasticidad paralelo medio	$E_{0,g,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7
- Módulo de elasticidad paralelo 5º-percentil	$E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
- Módulo de elasticidad perpendicular medio	$E_{90,g,medio}$	0,39	0,42	0,46	0,49
- Módulo transversal medio	$G_{g,medio}$	0,72	0,78	0,85	0,91
Densidad, en kg/m³					
Densidad característica	$\rho_{g,k}$	380	410	430	450

A continuación se determinan los factores de corrección de la resistencia que afectan a la sección de las correas.

Para madera laminada encolada:

a) factor de altura k_h : en piezas de madera laminada encolada de sección rectangular, si el canto en flexión o la mayor dimensión de la sección en tracción paralela es menor que 600 mm, los valores característicos $f_{m,g,k}$ y $f_{t,o,g,k}$ pueden multiplicarse por el factor k_h .

$$k_h = \left(\frac{600}{h}\right)^{0,1} \leq 1,1$$

siendo h el canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción, [mm].

$$k_{h,z} = \left(\frac{600}{135}\right)^{0,1} = 1,16 > 1,1 \rightarrow k_{h,z} = 1,1$$

$$k_{h,y} = \left(\frac{600}{300}\right)^{0,1} = 1,072 < 1,1 \rightarrow k_{h,y} = 1,072$$

El factor de corrección por volumen no se considera al no haber tracción perpendicular a la fibra.

Valor de cálculo de las propiedades del material

El valor de cálculo, X_d , de una propiedad del material (resistencia) se define como:

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M}$$

siendo:

X_k valor característico de la propiedad del material;

γ_M coeficiente parcial de seguridad para la propiedad del material definido en la tabla 2.3;

k_{mod} factor de modificación, cuyos valores figuran en la tabla 2.4 teniendo en cuenta, previamente, la clase de duración de la combinación de carga de acuerdo con la tabla 2.2 y la clase de servicio.

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones

Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ_M .

Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	
	1,0

Tabla 2.4 Valores del factor k_{mod} .

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Madera laminada encolada		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Madera microlaminada		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

$\gamma_M = 1,25$ para madera laminada encolada

La duración de todas las combinaciones es corta, ya que se considera la duración de la hipótesis simple más corta de cada combinación.

La clase de servicio es clase 2 al estar en un ambiente de humedad, es la clase de servicio considerada para piscinas climatizadas.

$$k_{mod} = 0,9$$

Valores característicos resistentes a flexión del material:

$$f_{m,k,y} = k_{h,y} \cdot f_{m,k} = 30 N / mm^2$$

con:

$$k_{h,y} = 1,072$$

$$f_{m,k} = 28 N / mm^2$$

$$f_{m,k,z} = k_{h,z} \cdot f_{m,k} = 30,8 N / mm^2$$

con:

$$k_{h,z} = 1,1$$

$$f_{m,k} = 28 N / mm^2$$

Valores de resistencias de cálculo del material

Resistencia de cálculo a flexión

$$f_{m,d,y} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k,y}}{\gamma_M} = 21,6 N / mm^2$$

$$f_{m,d,z} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k,z}}{\gamma_M} = 22,176 N / mm^2$$

Resistencia de cálculo a cortante

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2,304 N / mm^2$$

3.4. CARACTERÍSTICAS RESISTIVAS DE LA SECCIÓN

Sección

$$S = b \cdot h = 135 \cdot 300 = 40500 \text{ mm}^2$$

Módulo de inercia

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = 2025000 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{b^2 \cdot h}{6} = 911250 \text{ mm}^3$$

Momento de inercia

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = 61509360 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{b^3 \cdot h}{12} = 303750000 \text{ mm}^4$$

3.5. COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

3.5.1. COMPROBACIÓN A FLEXIÓN ESVIADA

Deben cumplirse las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ec.1} = \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right| + k_m \cdot \left| \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right| \leq 1; \quad \text{Ec.2} = k_m \cdot \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right| \leq 1$$

siendo:

$\sigma_{m,y,d}$ tensión de cálculo a flemón respecto al eje principal y

$f_{m,y,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje principal y

$\sigma_{m,z,d}$ tensión de cálculo a flexión respecto al eje principal z

$f_{m,z,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje principal z

k_m factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal y adopta los valores siguientes:

$k_m = 0,7$ para secciones rectangulares de madera maciza, madera laminada encolada y madera microlaminada;

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z}; \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y}; \quad f_{m,z,d} = 22,176 \text{ N/mm}^2; \quad f_{m,y,d} = 21,6 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba la flexión esviada para cada una de las combinaciones consideradas:

Combinación	$\sigma_{m,y,d}$ N/mm ²	$\sigma_{m,z,d}$ N/mm ²	Ec.1	Ec.2	Comprobación
Comb. 1	9,344	5,801	0,616	0,564	CUMPLE
Comb. 2	7,754	4,739	0,509	0,465	CUMPLE
Comb. 3	5,800	3,150	0,368	0,330	CUMPLE
Comb. 4	-4,383	0,924	0,232	0,184	CUMPLE

3.5.2. COMPROBACIÓN A CORTANTE

Debe cumplirse la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 3} = \left| \frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right| \leq 1 ; \text{ debe verificarse en ambos ejes.}$$

Siendo:

τ_d tensión de cálculo a cortante, función del esfuerzo cortante (V) y de la sección (S)

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V}{S}$$

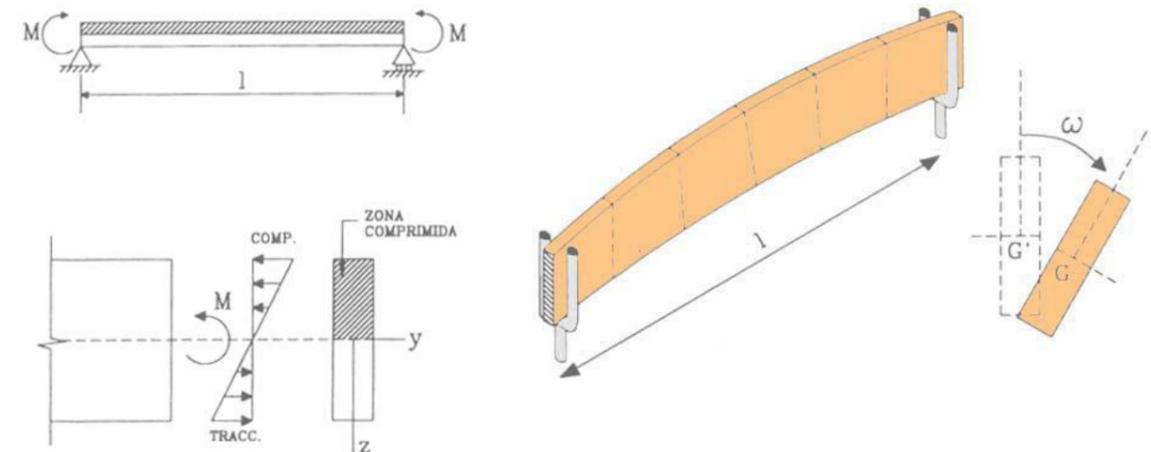
$f_{v,d}$ resistencia de cálculo a cortante;

$$f_{v,d} = 2,304 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba a cortante para cada una de las combinaciones en ambos ejes:

Combinación	$\tau_{d,y}$ N/mm^2	$\tau_{d,z}$ N/mm^2	Ec.3 (y)	Ec.3 (z)	Comprobación
Comb.1	0,131	0,467	0,057	0,203	CUMPLE
Comb.2	0,107	0,388	0,046	0,168	CUMPLE
Comb.3	0,071	0,290	0,031	0,126	CUMPLE
Comb.4	0,021	-0,219	0,009	0,095	CUMPLE

3.5.3. ESTABILIDAD: VUELCO LATERAL EN VIGAS



Deben cumplirse las siguientes ecuaciones:

$$\frac{1}{k_{crit}} \cdot \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) \leq 1 ; \quad \frac{1}{k_{crit}} \cdot \left(k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) \leq 1 ;$$

La comprobación a vuelco lateral no será necesaria en vigas con esbeltez relativa a flexión $\lambda_{rel,m} \leq 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$ y sería la misma comprobación ya realizada en flexión esviada.

La esbeltez relativa de una viga a flexión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}; \text{ siendo:}$$

$f_{m,k}$ resistencia característica a flexión

$\sigma_{m,crit}$ tensión crítica a flexión calculada de acuerdo con la teoría de la estabilidad elástica, utilizando los valores característicos de los módulos de elasticidad, que en piezas de directriz recta y sección constante puede obtenerse a partir de la expresión siguiente:

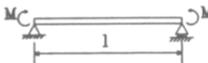
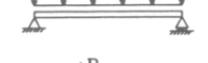
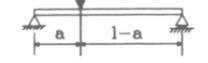
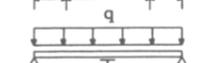
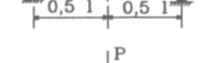
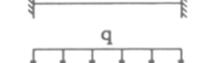
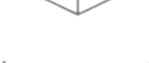
$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{\beta_v \cdot l_{ef} \cdot W_y}$$

siendo:

$E_{0,05}$ módulo de elasticidad longitudinal característico $E_{0,05} = 10200 \text{ N/mm}^2$

$G_{0,05}$ módulo de elasticidad transversal característico $G_{0,05} = 780 \text{ N/mm}^2$

β_v coeficiente que define la longitud eficaz a vuelco lateral. Depende de las condiciones de apoyo y de la ley de cargas $\beta_v = 0,95$

VIGA-CARGA	LEY DE MOMENTOS	β_v
		1,00
		0,57
		0,43
		0,95
		$0,8/\alpha$ $\alpha = 1,35 - 1,4a \frac{(1-a)}{l^2}$
		0,96
		0,40
		0,25
		0,59
		0,39
		2,00
		1,20
		1,70

T : SECCION CON DESPLAZAMIENTO LATERAL DEL BORDE COMPRIMIDO IMPEDIDO

I_z momento de inercia respecto al eje débil

I_{tor} módulo de torsión $I_{tor} = \beta \cdot h \cdot b^3 = 175588768,434 \text{ mm}^4$ para $\beta = f(h/b) = 0,2378$

l_{ef} longitud eficaz de vuelco lateral de la viga $l_{ef} = \beta_v \cdot L = 5700 \text{ mm}$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

sustituyendo estos valores:

$$\sigma_{m,crit} = 83,983 \text{ N/mm}^2$$

La esbeltez relativa a flexión será:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0,577 < 0,75 \text{ por lo que } k_{crit} = 1$$

la comprobación es la misma que a flexión esviada por lo que cumple.

4. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

4.1. FLECHAS PRODUCIDAS POR LAS HIPÓTESIS SIMPLES

4.1.1. CARGA PERMANENTE (G1)

$$G1_z = G1 \cdot \cos \alpha = 0,782 \text{ kN/m}$$

$$G1_y = G1 \cdot \sin \alpha = 0,234 \text{ kN/m}$$

Las cargas sobre los ejes locales de la correa producen flechas en los planos xz y xy:

$$f = \frac{5 \cdot G1 \cdot L^4}{384 \cdot E_{0,m} \cdot I} \left[1 + \frac{24}{25} \cdot \frac{E_{0,m}}{G_m} \cdot \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right]$$

siendo:

f: la flecha en el plano considerado

G1: la carga distribuida del plano considerado

L: longitud de la correa, 6 m

$E_{0,m}$: módulo de elasticidad paralelo medio = 12600 N/mm²

I: momento de inercia respecto al eje considerado

G_m : módulo transversal medio = 780 N/mm²

h o b alto o ancho de la sección 300x135 mm

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} = 303750000 \text{ mm}^4 \quad I_y = 61509360 \text{ mm}^4$$

$$fy_G1 = 5,293 \text{ mm}$$

$$fz_G1 = 3,475 \text{ mm}$$

Análogamente se calculan las flechas para el resto de las hipótesis simples teniendo en cuenta que las acciones del viento son perpendiculares a la cubierta y por lo tanto se corresponden con una carga en el eje z local de la correa, sin necesidad de descomponerla. Los resultados han sido recalculados y verificados mediante el programa Metal 3d de Cypecad.

4.1.2. SOBRECARGA DE USO (Q1)

$$fy_Q1 = 8,097 \text{ mm}$$

$$fz_Q1 = 5,297 \text{ mm}$$

4.1.3. SOBRECARGA DE NIEVE (N1)

$$fy_N1 = 9,703 \text{ mm}$$

$$fz_N1 = 6,359 \text{ mm}$$

4.1.4. VIENTO DE PRESIÓN (V1)

$$fz_V1 = 1,426 \text{ mm}$$

4.1.5. VIENTO DE SUCCIÓN (V2)

$$fz_V2 = -5,506 \text{ mm}$$

4.1.6. VIENTO DE SUCCIÓN (V3)

$$fz_V3 = -7,697 \text{ mm}$$

4.2. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor característico ($G_{k,j}$);
- una acción variable cualquiera, en valor característico ($Q_{k,1}$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de combinación ($\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$).

Los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

siendo:

- todas las acciones permanentes, en valor característico ($G_{k,j}$);
- todas las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$).

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento			
	0,6	0,5	0
Temperatura			
	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno			
	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

4.2.1. ACCIONES CARACTERÍSTICAS

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Acción variable principal sobrecarga de uso Q1:

$$f_z = f_{z_G1} + f_{z_Q1} + 0,5 \cdot f_{z_N1} + 0,6 \cdot f_{z_V1} = 12,807 \text{ mm}$$

$$f_y = f_{y_G1} + f_{y_Q1} + 0,5 \cdot f_{y_N1} + 0,6 \cdot f_{y_V1} = 18,242 \text{ mm}$$

- Acción variable principal sobrecarga de nieve N1:

$$f_z = f_{z_G1} + f_{z_N1} + 0 \cdot f_{z_Q1} + 0,6 \cdot f_{z_V1} = 10,690 \text{ mm}$$

$$f_y = f_{y_G1} + f_{y_N1} + 0 \cdot f_{y_Q1} + 0,6 \cdot f_{y_V1} = 14,996 \text{ mm}$$

- Acción variable principal viento de presión V1:

$$f_z = f_{z_G1} + f_{z_V1} + 0 \cdot f_{z_Q1} + 0,5 \cdot f_{z_N1} = 8,081 \text{ mm}$$

$$f_y = f_{y_G1} + f_{y_V1} + 0 \cdot f_{y_Q1} + 0,5 \cdot f_{y_N1} = 10,145 \text{ mm}$$

4.2.2. ACCIONES ED TIPO CAS PERMANENTES

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$f_z = f_{z_G1} + 0 \cdot f_{z_Q1} + 0 \cdot f_{z_N1} + 0 \cdot f_{z_V1} = 3,475 \text{ mm}$$

$$f_y = f_{y_G1} + 0 \cdot f_{y_Q1} + 0 \cdot f_{y_N1} + 0 \cdot f_{y_V1} = 5,293 \text{ mm}$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

4.3. COMPROBACIÓN DE LA FLECHA MÁXIMA ADMISIBLE

Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

$$f_{adm} = \frac{L}{300} = \frac{6000}{300} = 20 \text{ mm};$$

$$f_z = 12,807 \text{ mm} < 20 \text{ mm} \quad \text{CUMPLE}$$

$$f_y = 18,242 \text{ mm} < 20 \text{ mm} \quad \text{CUMPLE}$$

Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que:

$$f_{adm} = \frac{L}{300} = \frac{6000}{300} = 20 \text{ mm}$$

$$f_z = 3,475 \text{ mm} < 20 \text{ mm} \quad \text{CUMPLE}$$

$$f_y = 5,293 \text{ mm} < 20 \text{ mm} \quad \text{CUMPLE}$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 4.- CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL

índice

1. predimensionamiento

2. acciones previstas en el cálculo

2.1. carga permanente

2.2. sobrecarga de uso

2.3. sobrecarga de nieve

2.4. acción del viento

2.4.1. cubierta a dos aguas, dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

2.4.2. cubierta a dos aguas, dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

2.4.3. **paramentos verticales, dirección del viento** $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

3. estados límite últimos

3.1. esfuerzos debidos a las hipótesis simples

3.1.1. sobrecarga de nieve

3.1.2. carga permanente

3.1.3. sobrecarga de uso

3.1.4. viento de presión v1

3.1.5. viento de succión v2

3.1.6. viento de succión v3

3.2. combinación de acciones

3.3. resistencias de cálculo

3.4. comprobación de los e.l.u del dintel

3.4.1. comprobación a flexocompresión más pandeo

3.4.2. comprobación a flexotracción

3.4.3. comprobación a cortante

3.4.4. agotamiento de secciones de canto variable

3.5. comprobación de los e.l.u. del pilar

3.5.1. comprobación a flexocompresión más pandeo

3.5.2. comprobación a flexotracción

3.5.3. comprobación a cortante

4. estados límite de servicio

4.1. desplazamientos producidos por las hipótesis simples

4.1.1. sobrecarga de nieve

4.1.2. carga permanente

4.1.3. sobrecarga de uso

4.1.4. viento de presión v1

4.1.5. viento de succión v2

4.1.6. viento de succión v3

4.2. combinación de acciones

4.2.1. acciones características

4.2.2. acciones de tipo casi permanente

4.3. comprobación de los desplazamientos máximos

5. diseño y cálculo del nudo rígido de esquina

5.1. descripción del nudo

5.2. comprobación de e.l.u. del nudo de esquina

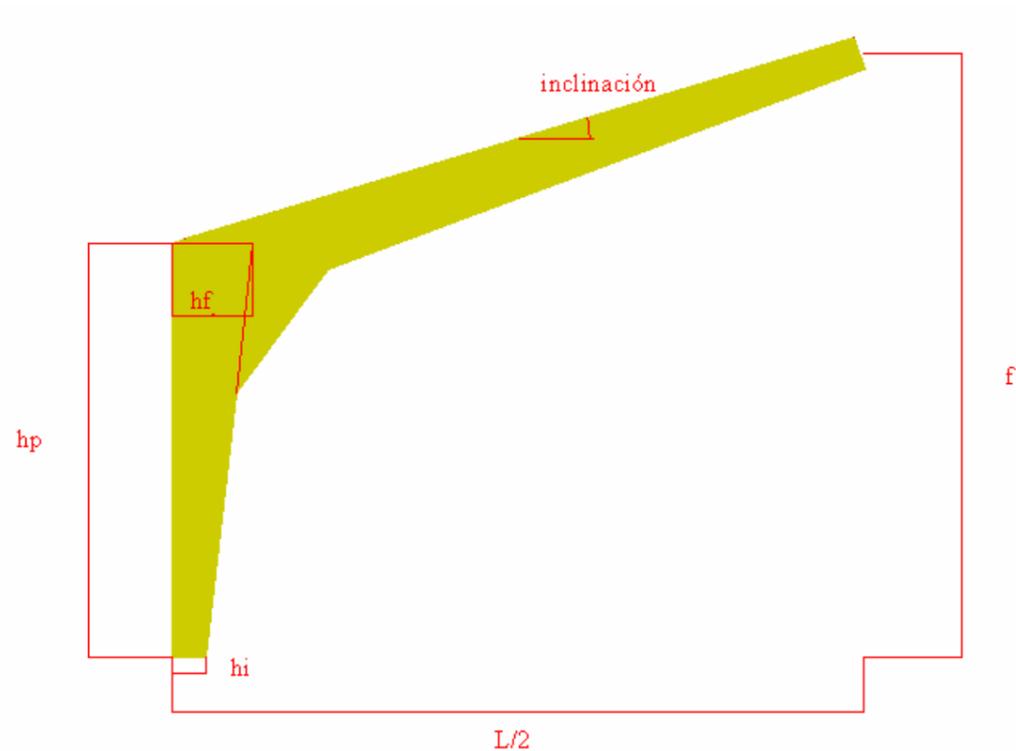
5.2.1. comprobación a compresión oblicua

5.2.2. comprobación de la tensión en la dirección de la fibra

5.2.3. comprobación de la tensión en la dirección perpendicular

5.2.4. comprobación a cortante

1. PREDIMENSIONAMIENTO



La estructura principal se diseña como un pórtico triarticulado de madera laminada homogénea GL_36h de sección variable. La longitud total de la edificación es de 48 metros, que se conseguirá con 9 pórticos separados 6 metros entre sí.

Los datos geométricos del pórtico son:

Luz: $L = 20 \text{ m}$

Altura pilar: $h_p = 6 \text{ m}$

Altura vértice: $f = 9 \text{ m}$

Inclinación de la cubierta: $\alpha = a \tan \frac{f - h_p}{L/2} = 16,7^\circ$

En las estructuras de madera existen configuraciones geométricas de carga y de contorno que por ser muy habituales ya están estudiadas, y a la hora de diseñarlas es posible partir de unos valores aproximados a los definitivos. Esta metodología está especialmente desarrollada en el caso de piezas de madera laminada.

En piezas de la estructura principal, conocida la luz a salvar, el canto se obtendrá mediante la expresión $h=L/k$, donde k depende del tipo de estructura que se plantee.

Para el caso del pórtico triarticulado:

$$h_i = L/40 = 500 \text{ mm}$$

$$h_f = L/17 = 1176 \text{ mm}$$

Para dimensionar el ancho se parte del canto medio:

$$h_m = \frac{h_i + h_f}{2} = 838 \text{ mm}$$

$$b_{\text{tanteo}} = \frac{h_m}{5} = 167,6 \text{ mm}$$

Dentro de la gama de anchos comerciales: 135-160-180-210... Tendríamos $b=180 \text{ mm}$, pero por restricciones de pandeo se toma el ancho superior $b=210 \text{ mm}$

Esta estructura se consigue mediante la unión por encolado y presión de láminas de madera de pino silvestre y adhesivos de resorcina, por su gran resistencia a la humedad y buen comportamiento al fuego.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

La normativa UNE EN 386 “Madera laminada encolada. Requisitos de fabricación” establece para las maderas laminadas formadas por maderas coníferas y clase de servicio 2, un máximo de espesor de lámina y sección de la lámina.

Valores máximos:

Espesor: $t \leq 45$ mm

Superficie: $A \leq 9000$ mm²

El ancho de las láminas, según el diseño del pórtico es $b = 210$ mm, por lo que el espesor máximo de las láminas para no sobrepasar el área máxima es:

$$t \leq \frac{9000}{210} = 42,857 \text{ mm};$$

Se opta por un espesor de lámina de $t = 40$ mm, debido a que cuanto mayor sea el espesor, menor será el costo de fabricación por el ahorro de adhesivo, cepillado de la madera y mano de obra.

2. ACCIONES PREVISTAS EN EL CÁLCULO

Las acciones a las que van a estar sometidos los pórticos son las siguientes:

2.1. CARGA PERMANENTE G1

La carga permanente es la correspondiente al peso propio de los elementos de la estructura y cubierta.

Elementos de la cubierta:

Panel sándwich = 30 kg/m^2

Peso de instalaciones = 10 Kg/m^2

Chapa grecada + rastreles = 10 Kg/m^2

Total carga de la cubierta = 50 Kg/m^2

La carga de la cubierta que corresponde a cada pórtico para una separación entre los mismos de 6 m, es:

Carga cubierta por pórtico = $50 \cdot 6 = 300 \text{ kg/m}$

Correas de madera laminada GL 28h

Las correas de madera laminada se diseñan con una sección de 300x135 mm y una longitud de 6 m entre pórticos, la densidad de este material es de 410 kg/m^3 , por lo que su peso propio será:

Cada correa tiene un peso total de:

$$\text{Peso total correa} = 6 \cdot 0,135 \cdot 0,300 \cdot 410 = 99,630 \text{ kg}$$

Con una separación entre correas de 1,30 m hay 9 correas por cada dintel, teniendo éste una longitud de 10,440 m, por lo que la carga de las correas por metro de pórtico es:

$$\text{Carga correas sobre pórtico} = 99,630 \cdot \frac{8}{10,440} = 71,849 \text{ kg/m}$$

Pórtico de madera laminada GL 36h

Al ser un pórtico de sección variable se calcula la sección media a partir del canto inicial 500 mm y el final 1176 mm, para un ancho de 210mm

$$\text{Sección media} = b \cdot \frac{h_i + h_f}{2} = 0,176 \text{ m}^2$$

Para una densidad media de la madera laminada GL36h de 450 kg/m^3 tenemos una carga debida al peso propio de:

$$\text{Carga peso propio pórtico} = 0,176 \cdot 450 = 79,2 \text{ kg/m}$$

Carga permanente total sobre cada pórtico,

$$G1 = 300 + 71,849 + 79,2 = 451,049 \text{ kg/m} = 4,510 \text{ kN/m}$$

2.2. SOBRECARGA DE USO, Q1

La norma CTE_DB-SE_AE establece para cubiertas accesibles únicamente para conservación de inclinación inferior a 20° , como es este caso, una sobrecarga de uso de 1 kN/m^2

Tabla 3.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [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
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 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta, de forma que para una inclinación de $16,7^\circ$ se tiene,

$$\text{Sobrecarga} = 1 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 16,7^\circ = 0,958 \text{ kN/m}^2$$

Además debe considerarse una segunda sobrecarga de uso en forma de una carga puntual colocada en la zona más desfavorable de la cubierta, pero al ser inferior a la sobrecarga de nieve y no poder ser simultánea con la misma, no se tiene en cuenta al realizar las combinaciones.

Para una separación entre pórticos de 6m la sobrecarga de uso es:

$$Q1 = 0,958 \cdot 6 = 5,747 \text{ kN/m}$$

Sobrecarga de uso sobre cada pórtico, $Q1 = 5,747 \text{ kN/m}$

2.3. SOBRECARGA DE NIEVE, N1

El CTE_DB-SE_AE establece el valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal como:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

μ es el coeficiente de forma de la cubierta, para faldones de cubierta sin impedimento al deslizamiento de la nieve e inclinación inferior a 30° $\mu = 1$

s_k es el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, según el ANEJO E del CTE_DB-SE_AE para la zona 4 y altitud de 1000 m $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$



Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

La carga de nieve sobre la cubierta para una inclinación de $16,7^\circ$ es:

$$q_{na} = 1 \cdot 1,2 \cdot \cos 16,7^\circ = 1,15 \text{ kN/m}^2$$

Para una separación entre pórticos de 6m la sobrecarga de nieve es:

$$N1 = 1,15 \cdot 6 = 6,9 \text{ kN/m}$$

Sobrecarga de nieve sobre cada pórtico, $N1 = 6,9 \text{ kN/m}$

2.4. SOBRECARGA DE VIENTO, V

La acción del viento a presión estática puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad \text{siendo,}$$

q_b es la presión dinámica del viento y para la zona A según el Anejo D del CTE_DB-SE_AE

tiene un valor de $q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$

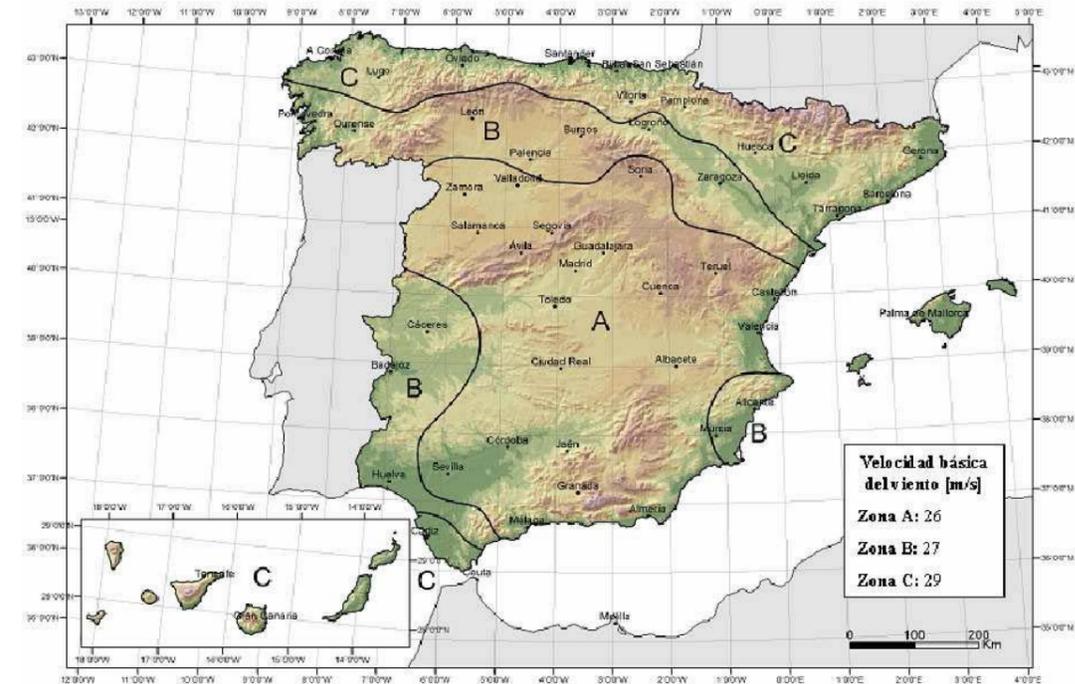


Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

c_e es el coeficiente de exposición que puede determinarse según la expresión :

$$c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k)$$

$$F = k \cdot \ln(\max(z, Z) / L)$$

Siendo z la cota de la edificación sobre el terreno (9m) y Z , L y k parámetros definidos según el grado de aspereza del terreno, caso III, zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados como árboles o construcciones pequeñas, el valor de estos parámetros es:

$k = 0,19$; $L = 0,05 \text{ m}$; y $Z = 2,0 \text{ m}$, sustituyendo:

$$F = 0,9867; \quad c_e = 2,29$$

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

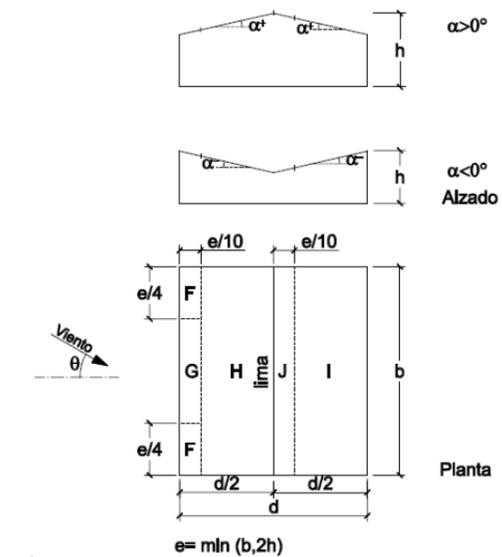
Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

c_p es el coeficiente de presión exterior o eólico, depende de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición del elemento considerado y de su área de influencia.

2.4.1. CUBIERTAS A DOS AGUAS, DIRECCIÓN DEL VIENTO $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

Tabla D.4 Cubiertas a dos aguas

a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	0,2	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
30°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	≥ 10	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
60°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
60°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
75°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Interpolamos para obtener los valores tabulados para la inclinación de 16,7°

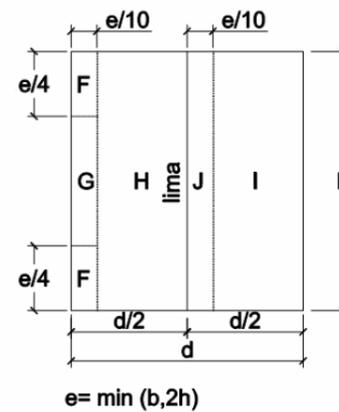
Pendiente	A (m ²)	BARLOVENTO			SOTAVENTO	
		ZONA F	ZONA G	ZONA H	ZONA I	ZONA J
16,7°	> 10	-0,854	-0,766	-0,289	-0,4	-0,943
	> 10	0,257	0,257	0,222	0	0
	< 1	-1,943	-1,5	-0,289	-0,4	-1,387
	< 1	0,257	0,257	0,222	0	0

El área de influencia de los pórticos es $A = 10,440 \cdot 6 = 62,648 \text{ m}^2$, en este caso se toman los valores para $A > 10 \text{ m}^2$.

Las zonas más desfavorables que afectan al pórtico son la zona G a barlovento y la zona J a sotavento.

$$e = \min(48,2 \cdot 9) = 18 \text{ m}$$

$e/4 = 4,5 \text{ m}$ se considera el estudio de un pórtico central, ya que son los que más cargas soportan, por eso se excluye la zona F, el primer pórtico central se encuentra a una distancia de $6\text{m} > 4,5\text{m}$



Barlovento, zona G:

$$\text{Succión } c_p = -0,766$$

$$\text{Presión } c_p = 0,257$$

Sotavento, zona J:

$$\text{Succión } c_p = -0,943$$

$$\text{Presión } c_p = 0,00$$

$$\text{La acción del viento es: } q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Barlovento, zona G:

$$\text{Succión } q_e = -0,737 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Presión } q_e = 0,247 \text{ kN/m}^2$$

Sotavento, zona J:

$$\text{Succión } q_e = -0,907 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Presión } q_e = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

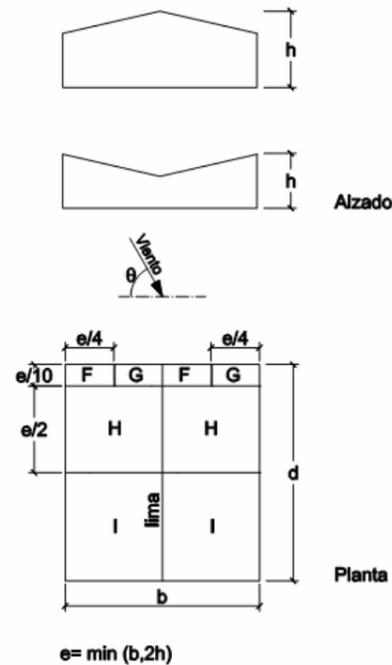
Para obtener la carga del viento sobre los pórticos se multiplica por la separación entre los mismos, 6 m

$$\text{La acción del viento de presión es, } V1 = 1,483 \text{ kN/m y } V1 = 0,00 \text{ kN/m}$$

$$\text{La acción del viento de succión es, } V2 = -4,420 \text{ kN/m y } V2 = -5,442 \text{ kN/m}$$

2.4.2. CUBIERTAS A DOS AGUAS, DIRECCIÓN DEL VIENTO $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

b) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



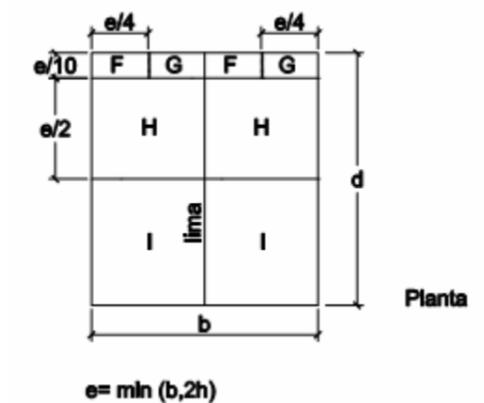
Interpolamos para obtener los valores tabulados para la inclinación de $16,7^\circ$

Pendiente	A (m ²)	ZONA F	ZONA G	ZONA H	ZONA I
16,7°	> 10	-1,277	-1,311	-0,623	-0,5
	< 1	-1.943	-2,00	-1,2	-0,5

La zona más desfavorable de viento donde se encuentra el elemento es la Zona H

$e = 18 \text{ m}$; $e/10 = 1,8 \text{ m} < 6 \text{ m}$ por lo que en las zonas F y G no se encuentra ningún pórtico central.

$e/2 = 9 \text{ m} > 6 \text{ m}$, en la zona H se encuentra el primer pórtico central, por lo que es la zona considerada como más desfavorable.



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Nota:

- No se deben mezclar valores positivos y negativos en una sola cara.

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

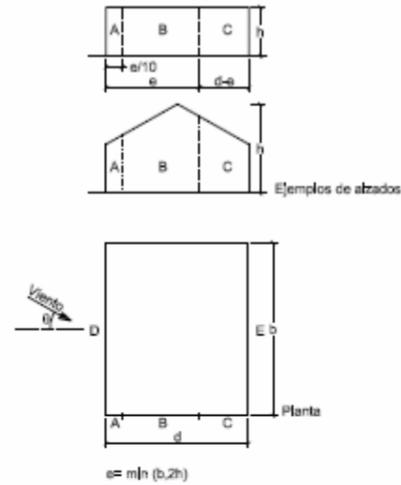
succión: $q_e = -0,599 \text{ kN/m}^2$

Para obtener la carga del viento sobre los pórticos se multiplica por la separación entre los mismos, 6 m

La acción del viento de succión es, $V3 = -3,595 \text{ kN/m}$ y $V3 = -3,595 \text{ kN/m}$

2.4.3. PARAMENTOS VERTICALES, DIRECCIÓN DEL VIENTO $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

Tabla D.1 Paramentos verticales



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	-	-	-	-	-0,5
	$\leq 0,25$	-	-	-	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	-	-	-	-	-0,5
	$\leq 0,25$	-	-	-	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	-	-	-	-	-0,5
	$\leq 0,25$	-	-	-	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	-	-	-	-	-0,5
	$\leq 0,25$	-	-	-	-	-0,3

Interpolamos para la relación $h/d = 0,45$, siendo h la altura del pórtico (9 m) y d la luz (20 m), se consideran los datos tabulados para un área de influencia mayor de 10 m².

A (m ²)	h/d	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E
> 10	0,45	-1,2	-0,8	-0,5	0,727	-0,353

Las zonas más desfavorables que afectan al pórtico son la zona D a barlovento y la zona E a sotavento.

La acción del viento es: $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$

Barlovento, zona D:

Presión $q_e = 0,699 \text{ kN/m}^2$

Sotavento, zona E:

Succión $q_e = -0,340 \text{ kN/m}^2$

Para obtener la carga del viento sobre los pórticos se multiplica por la separación entre los mismos, 6 m

La acción del viento de presión es, $V = 4,195 \text{ kN/m}$

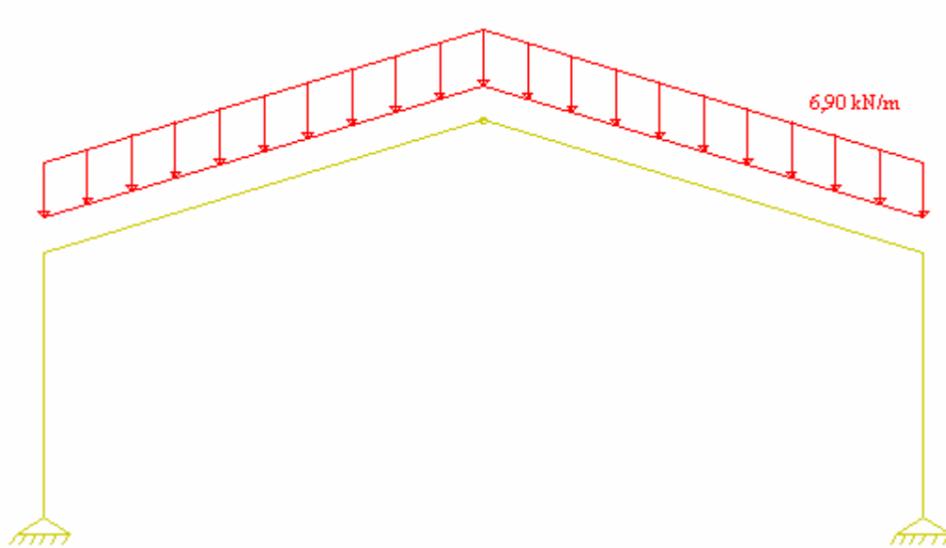
La acción del viento de succión es, $V = -2,037 \text{ kN/m}$

3. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

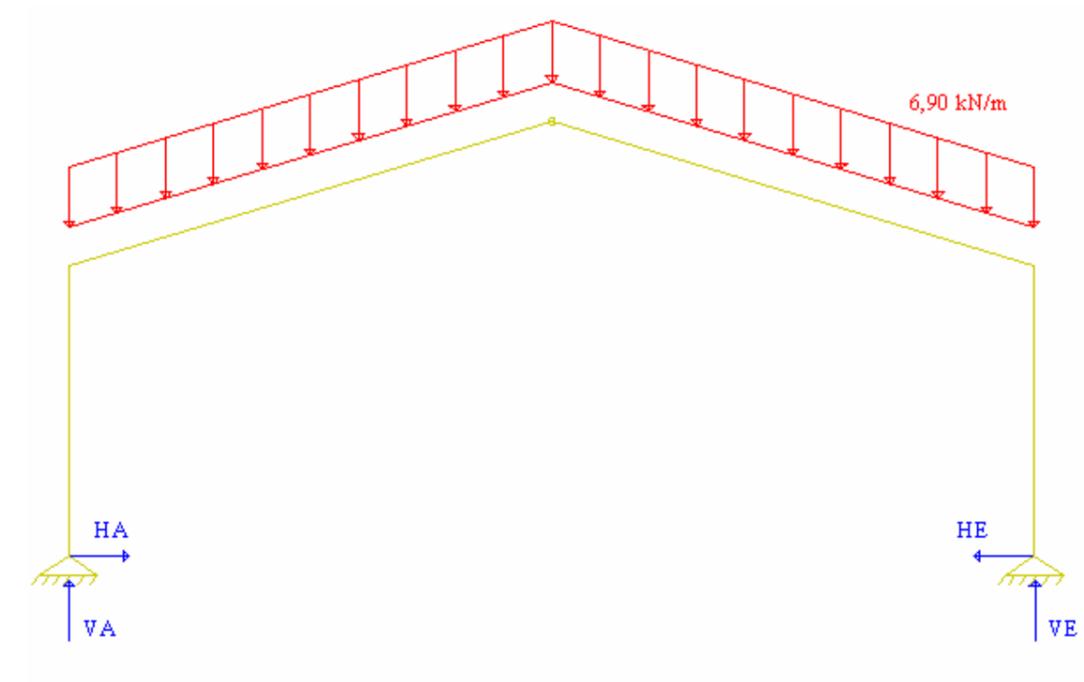
3.1. ESFUERZOS DEBIDOS A LAS HIPÓTESIS SIMPLES

3.1.1. SOBRECARGA DE NIEVE (N1)

La nieve produce una carga horizontal distribuida sobre el pórtico de valor $N1=6,90 \text{ kN/m}$

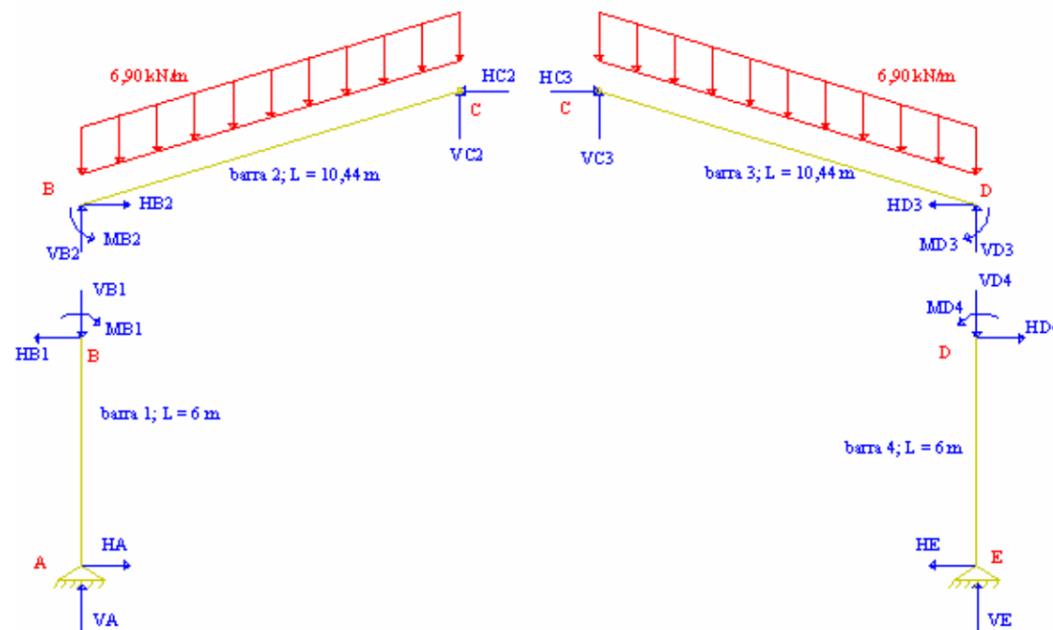


En el pórtico aparecen las siguientes reacciones:



$$\sum F_V = 0; \quad V_A + V_B = 6,9 \cdot 2 \cdot (10/\cos 16,7^\circ) = 144,072 \text{ kN} \quad (\text{ec.1})$$

$$\sum F_H = 0; \quad H_A + H_B = 0 \quad (\text{ec.2})$$



Por simetría se deduce que V_A tiene que ser igual a V_B

$$V_A = V_B \rightarrow ec.1 \rightarrow V_A = V_B = \frac{144,072}{2} = 72,036 \text{ kN}$$

Por el equilibrio de las barras 1 y 4:

$$V_B1 = V_A = 72,036 \text{ kN ; equilibrio barra 1}$$

$$V_D4 = V_E = 72,036 \text{ kN ; equilibrio barra 2}$$

Por el equilibrio de los nudos B y D

$$V_B1 = V_B2 = 72,036 \text{ kN ; equilibrio nudo B}$$

$$V_D4 = V_D3 = 72,036 \text{ kN ; equilibrio nudo D}$$

Por el equilibrio de las barras 2 y 3:

$$V_C2 = V_B2 - 6,9 \cdot 10,440 = 0,00 \text{ ; equilibrio barra 2}$$

$$V_C3 = V_D3 - 6,9 \cdot 10,440 = 0,00 \text{ ; equilibrio barra 3}$$

De la misma manera, por equilibrio de barras y nudos y en ausencia de cargas horizontales se deduce:

$$H_A = H_B1 = H_B2 = H_C2 = H_C3 = H_D3 = H_D4 = H_E$$

Por el equilibrio del nudo B y análogamente con el nudo D:

$$M_B1 = M_B2 \text{ ;}$$

$$M_B1 = H_A \cdot 6 \text{ ;}$$

$$M_B2 = 6,9 \cdot 10,44 \cdot \frac{10,44}{2} - H_C2 \cdot 3 \text{ ;}$$

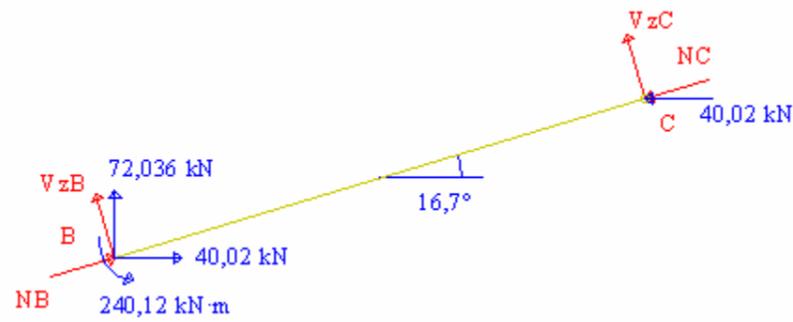
$$H_A = H_C3 \text{ ;}$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones se obtienen los valores:

$$H_A = H_B1 = H_B2 = H_C2 = H_C3 = H_D3 = H_D4 = H_E = 40,02 \text{ kN}$$

$$M_B = M_D = 240,12 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Una vez calculados los esfuerzos horizontales y verticales se calculan los esfuerzos cortante y axil de las barras inclinadas.



$$NB = VB2 \cdot \sin 16,7^\circ + HB2 \cdot \cos 16,7^\circ = 59,032 \text{ kN}$$

$$VzB = VB2 \cdot \cos 16,7^\circ - HB2 \cdot \sin 16,7^\circ = 57,498 \text{ kN}$$

$$NC = HC2 \cdot \cos 16,7^\circ = 38,332 \text{ kN}$$

$$VzC = HC2 \cdot \sin 16,7^\circ = 11,50 \text{ kN}$$

Para el cálculo del máximo del momento sobre la barra inclinada descomponemos la carga distribuida en los ejes locales de la barra

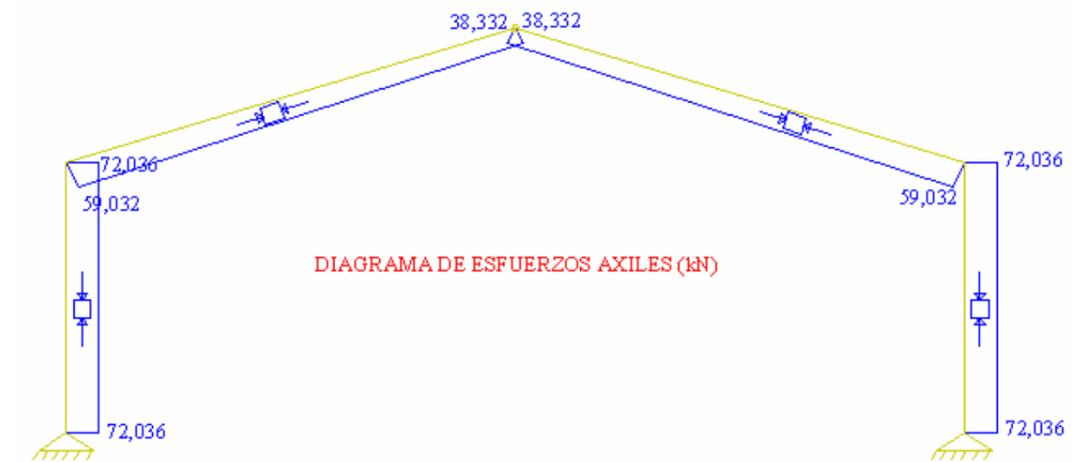
$$N1z = N1 \cdot \cos 16,7^\circ = 6,609 \text{ kN/m}$$

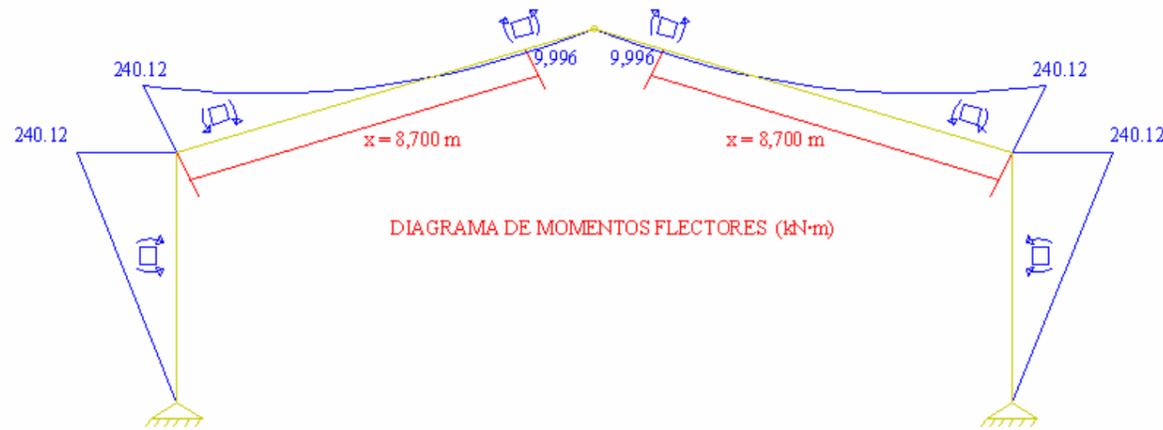
El máximo estará localizado en x:

$$VzB = N1z \cdot x ; 57,498 = 6,609 \cdot x \rightarrow x = 8,700 \text{ m}$$

$$My \text{ max} = VzB \cdot x - N1z \cdot \frac{x^2}{2} - MB = 9,996 \text{ kN.m}$$

Los diagramas de esfuerzos sobre el pórtico son:





	Axil (kN)	Cortante Vz, (kN)	Flector My (kN·m)
Apoyo A	-72,04	40,02	0,00
Nudo esquina B	-59,03	-57,50	-240,13
Articulación C	-38,33	11,50	0,00
Nudo esquina D	-59,03	-57,50	-240,13
Apoyo E	-72,04	40,02	0,00

Análogamente se calculan los esfuerzos para el resto de las hipótesis simples. Los resultados han sido recalculados y verificados mediante el programa Metal 3d de Cypecad.

3.1.2. CARGA PERMANENTE (G1)

	Axil (kN)	Cortante Vz, (kN)	Flector My (kN·m)
Apoyo A	-55,09	26,70	0,00
Nudo esquina B	-39,77	-39,64	-160,20
Articulación C	-25,58	7,67	0,00
Nudo esquina D	-39,77	-39,64	-160,20
Apoyo E	-55,09	26,70	0,00

3.1.3. SOBRECARGA DE USO (Q1)

	Axil (kN)	Cortante Vz, (kN)	Flector My (kN·m)
Apoyo A	-60,00	33,33	0,00
Nudo esquina B	-49,17	-47,89	-200,00
Articulación C	-31,93	9,58	0,00
Nudo esquina D	-49,17	-47,89	-200,00
Apoyo E	-60,00	33,33	0,00

3.1.4. VIENTO DE PRESIÓN (V1)

	Axil (kN)	Cortante Vz, (kN)	Flector My (kN·m)
Apoyo A	-7,51	-17,41	0,00
Nudo esquina B	-9,59	-4,97	-28,97
Articulación C	-9,59	10,52	0,00
Nudo esquina D	-13,79	-3,50	-36,57
Apoyo E	-7,32	0,2	0,00

3.1.5. VIENTO DE SUCCIÓN (V2)

	Axil (kN)	Cortante Vz, (kN)	Flector My (kN·m)
Apoyo A	49,85	-45,40	0,00
Nudo esquina B	33,70	41,93	196,89
Articulación C	33,70	-4,21	0,00
Nudo esquina D	30,45	41,78	139,65
Apoyo E	48,77	29,39	0,00

3.1.6. VIENTO DE SUCCIÓN (V3)

	Axil (kN)	Cortante Vz, (kN)	Flector My (kN·m)
Apoyo A	35,95	18,17	0,00
Nudo esquina B	27,74	29,21	109,05
Articulación C	27,74	-8,32	0,00
Nudo esquina D	27,74	29,21	109,05
Apoyo E	35,95	18,17	0,00

3.2. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Según el CTE el valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondientes a una situación persistente o transitoria, se calcularía a partir de la siguiente expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

a) Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$).

b) Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis.

c) El resto de las acciones variables en valor de cálculo de combinación ($\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$)

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

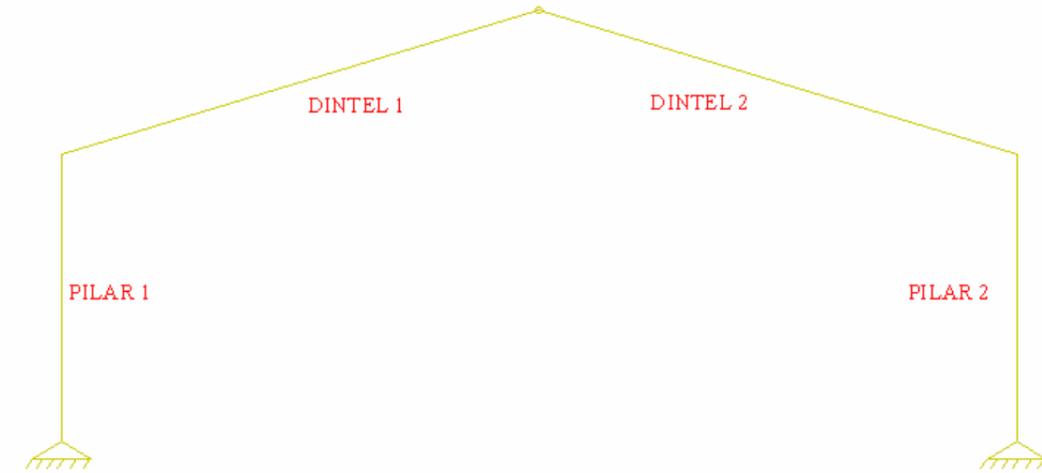
Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

La comprobación manual de la estructura se realiza a partir de la envolvente de esfuerzos combinados más desfavorable, aunque con el programa de cálculo Metal 3d, de Cypacad se ha comprobado que el dimensionamiento del pórtico satisface todas las comprobaciones para cualquier combinación de acciones.

	G1	Q1	N1	V1	V2	V3
	Desf	Desf	Desf	Desf	Desf	Desf
	Fav	Fav	Fav	Fav	Fav	Fav
Comb. 1	1,35	1,50	0,5-1,50	0,6-150		
Comb. 2	1,35	0-1,50	1,50	0,6-1,50		
Comb. 3	1,35	0-1,50	0,5-1,50	1,50		
Comb. 4	0,80	0-1,50	0-1,50			1,50



Se tiene en cuenta que V2 y V3 son acciones del mismo tipo, viento de succión, no simultáneas por lo que se desprecian las combinaciones con V2, ya que los esfuerzos que produce son de menor valor que los producidos por V3.

Se tienen las siguientes combinaciones:

- Combinación 1: Acción variable principal la sobrecarga de uso.
- Combinación 2: Acción variable principal la sobrecarga de nieve.
- Combinación 3: Acción variable principal el viento de presión.
- Combinación 4: Acción variable principal el viento de succión (V3).

	Axil max. kN	Axil min. kN	Cortante max. kN	Cortante min. kN	Flector max kN·m	Flector min kN·m
Pilar 1	35,25	-225,17	123,04	-46,74	167,17	-690,38
Pilar 2	33,64	-225,00	22,72	-127,05	629,29	-81,31
Dintel 1	30,09	-180,35	42,82	-172,95	167,17	-690,38
Dintel 2	25,22	-184,13	33,35	-171,63	81,31	-629,29

Los esfuerzos más desfavorables, para cada uno de los elementos del pórtico, combinados según la expresión y coeficientes tabulados en el CTE_DB-SE_AE son los siguientes:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

3.3 RESISTENCIAS DE CÁLCULO

Los valores característicos asociados a la madera laminada homogénea GL_36h son los siguientes:

Tabla E.3 Madera laminada encolada homogénea. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente

Propiedades		Clase Resistente			
		GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Resistencia (característica), en N/mm²					
- Flexión	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
- Tracción paralela	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
- Tracción perpendicular	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
- Compresión paralela	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
- Compresión perpendicular	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
- Cortante	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Rigidez, en kN/mm²					
- Módulo de elasticidad paralelo medio	$E_{0,g,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7
- Módulo de elasticidad paralelo 5 ^o -percentil	$E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
- Módulo de elasticidad perpendicular medio	$E_{90,g,medio}$	0,39	0,42	0,46	0,49
- Módulo transversal medio	$G_{g,medio}$	0,72	0,78	0,85	0,91
Densidad, en kg/m³					
Densidad característica	$\rho_{g,k}$	380	410	430	450

A continuación se determinan los factores de corrección de la resistencia que afectan a la sección de las correas.

Para madera laminada encolada:

a) factor de altura k_h : en piezas de madera laminada encolada de sección rectangular, si el canto en flexión o la mayor dimensión de la sección en tracción paralela es menor que 600 mm, los valores característicos $f_{m,g,k}$ y $f_{t,0,g,k}$ pueden multiplicarse por el factor k_h .

$$k_h = \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \leq 1,1$$

siendo h el canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción, [mm].

En el caso del pórtico, al ser de canto variable $h_i = 500$ mm y $h_f = 1176$ mm, sólo en una pequeña parte del pilar y del dintel se está por debajo del límite de 600 mm por lo que se considera un factor de altura $k_h = 1$; estando del lado de la seguridad.

El factor de corrección por volumen no se considera al no haber tracción perpendicular a la fibra.

Valor de cálculo de las propiedades del material

El valor de cálculo, X_d , de una propiedad del material (resistencia) se define como:

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M}$$

siendo:

X_k valor característico de la propiedad del material;

γ_M coeficiente parcial de seguridad para la propiedad del material definido en la tabla 2.3;

k_{mod} factor de modificación, cuyos valores figuran en la tabla 2.4 teniendo en cuenta, previamente, la clase de duración de la combinación de carga de acuerdo con la tabla 2.2 y la clase de servicio.

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones

Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ_M .

Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	
	1,0

Tabla 2.4 Valores del factor k_{mod} .

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Madera laminada encolada		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Madera microlaminada		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

$\gamma_M = 1,25$ para madera laminada encolada

La duración de todas las combinaciones es corta, ya que se considera la duración de la hipótesis simple más corta de cada combinación.

La clase de servicio es clase 2 al estar en un ambiente de humedad, es la clase de servicio considerada para piscinas climatizadas.

$$k_{mod} = 0,9$$

Las resistencias características de la madera laminada homogénea GL_36h y las resistencias de cálculo para este caso concreto son:

$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$
36	26	0,6	31	3,6	4,3
$f_{m,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{t,90,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{c,90,d}$	$f_{v,d}$
25,92	18,72	0,432	22,32	2,592	3,096

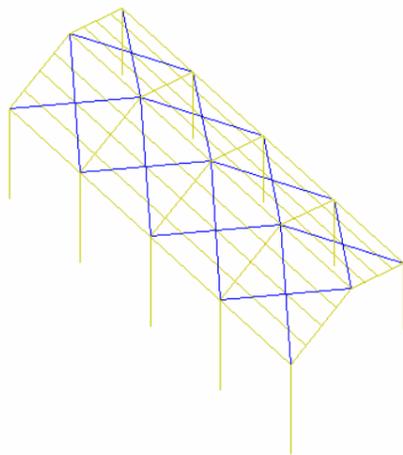
Todos los valores anteriores se dan en N/mm^2

3.4. COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS DEL DINTEL

3.4.1 COMPROBACIÓN A FLEXOCOMPRESIÓN MÁS PANDEO

Los esfuerzos más desfavorables de axil y flector son:

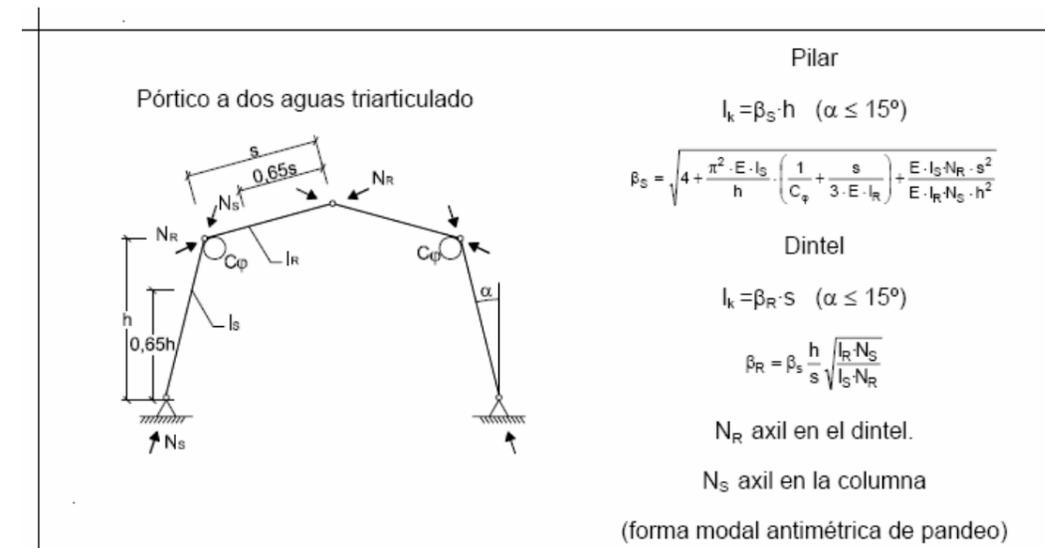
$$N_d = 180,35kN \quad ; \quad M_{y,d} = 690,38kN \cdot m$$



La determinación de las longitudes eficaces de pandeo, en el plano perpendicular al pórtico depende del arriostramiento que se coloque. En la figura siguiente se muestra la opción considerada con una longitud de pandeo igual a la longitud del dintel. Debe además indicarse que la presencia de las correas entre los pórticos colabora a rigidizar el conjunto, aunque se va a despreciar quedando del lado de la seguridad.

El arriostramiento se realiza mediante flejes de acero galvanizado de 2 mm de espesor colocados de forma definitiva sobre los pórticos y correas como se indica en la figura.

El anejo G del CTE_DB-SE_M, permite la determinación de la longitud de pandeo en el plano del pórtico mediante la siguiente tabla.



Aplicando estas expresiones se obtiene la longitud de pandeo:

$$h_R = h_i + 0,65 \cdot (h_f - h_i) = 939,4mm$$

$$h_S = h_i + 0,65 \cdot (h_f - h_i) = 939,4mm$$

$$I_R = I_S = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h_R^3 = 14507404362,2mm^4$$

Axil en el dintel $N_R = 184,13kN$

Axil en el pilar $N_S = 225,17kN$

$$C_\varphi = \infty; \quad f = 9m; \quad h_p = 6m; \quad Luz = 20m; \quad s = \sqrt{(f - h_p)^2 + \left(\frac{Luz}{2} \right)^2} = 10,44m$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

$$\beta_S = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E_{0,k} \cdot I_S}{h_p} \cdot \left(\frac{1}{C\varphi} + \frac{s}{3 \cdot E_{0,k} \cdot I_R} \right) + \frac{E_{0,k} \cdot I_S \cdot N_R \cdot s^2}{E_{0,k} \cdot I_R \cdot N_S \cdot h_p^2}} = 3,493$$

siendo $E_{0,k} = 11900 \text{ N/mm}^2$

$$\beta_R = \beta_S \cdot \frac{h_p}{s} \cdot \sqrt{\frac{I_R \cdot N_S}{I_S \cdot N_R}} = 2,22$$

La longitud de pandeo en el plano del pórtico es:

$$l_K = \beta_R \cdot s = 23,176m$$

Cálculo de los índices de pandeo:

Longitudes eficaces en los planos y,z

$$l_{ef_py} = l_K = 23,176m$$

$$l_{ef_pz} = s = 10,440m$$

$$b_{dintel} = b = 210mm$$

$$h_{dintel} = h_R = 939,4mm$$

Cálculo de las esbelteces:

$$i_y = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot b_{dintel} \cdot h_{dintel}^3}{b_{dintel} \cdot h_{dintel}}} = 271,181mm$$

$$i_z = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot b_{dintel}^3 \cdot h_{dintel}}{b_{dintel} \cdot h_{dintel}}} = 60,622mm$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef_py}}{i_y} = 85,463; \text{ la esbeltez relativa es: } \lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}} = 1,388$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef_pz}}{i_z} = 172,215; \text{ la esbeltez relativa es: } \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}} = 2,798$$

Cálculo de coeficientes de reducción de pandeo:

$$k_y = 0,5 \cdot \left[1 + \beta_C \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 1,518$$

donde:

β_C es un factor asociado a la rectitud de las piezas al que corresponden los siguientes valores:

$\beta_C = 0,2$ para madera maciza.

$\beta_C = 0,1$ para madera laminada encolada.

$$\chi_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,469$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

de manera análoga se obtienen los coeficientes en el plano xz:

$$k_z = 0,5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 4,539$$

$$\chi_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,123$$

Cálculo de las capacidades resistentes de la sección:

$$W_{yd\,intel} = \frac{b_{d\,intel} \cdot h_{d\,intel}^2}{6} = 30886532,6 \text{ mm}^3$$

$$S_{d\,intel} = b_{d\,intel} \cdot h_{d\,intel} = 197274 \text{ mm}^2$$

Resistencias de cálculo:

$$f_{m,d} = 25,92 \text{ N/mm}^2 ; f_{c,0,d} = 22,32 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzos máximos:

$$N_d = 180,35 \text{ kN} ; M_{y,d} = 690,38 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Comprobación a flexocompresión más pandeo:

$$Ec.1 = \left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1 ; Ec.2 = \left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \right| + \left| k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1$$

siendo $k_m = 0,7$ para madera laminada encolada.

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{S} = 0,914 \text{ N/mm}^2 ; \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = 22,352 \text{ N/mm}^2 ;$$

$$Ec.1 = 0,949 \text{ CUMPLE} \quad Ec.2 = 0,937 \text{ CUMPLE}$$

3.4.2. COMPROBACIÓN A FLEXOTRACCIÓN

La norma CTE_DB-SE_M establece la siguiente comprobación:

6.2.2 Flexión y tracción axial combinadas

1 Deben cumplirse las condiciones siguientes:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

siendo:

- $\sigma_{t,0,d}$ tensión de cálculo a tracción paralela;
- $f_{t,0,d}$ resistencia de cálculo a tracción paralela;
- $\sigma_{m,y,d}$ tensión de cálculo a flexión respecto al eje y;
- $f_{m,y,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje y;
- $\sigma_{m,z,d}$ tensión de cálculo a flexión respecto al eje z;
- $f_{m,z,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje z;
- k_m factor definido en la ecuación 6.16a y 6.16b del apartado 6.1.7.

Como solo existe momento en y, las dos fórmulas quedan reducidas a una.

Para el cálculo se emplea la sección de canto máximo, debido a que es dónde aparecen las solicitaciones máximas, estos valores son:

$$N_d = 30,09 \text{ kN}$$

$$M_{y,d} = 690,38 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Los valores resistentes de la sección para el canto máximo, hf = 1176 mm, son:

$$S = b \cdot hf = 246960 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = 48404160 \text{ mm}^3$$

Las tensiones soportadas por la sección son:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{S} = 0,122 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = 14,263 \text{ N/mm}^2$$

Las resistencias de cálculo para la madera laminada encolada GL_36h son:

$$f_{t,0,d} = 18,72 \text{ N/mm}^2 ; f_{m,d} = 25,92 \text{ N/mm}^2 ;$$

Comprobación:

$$\left| \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| = 0,557 < 1 \text{ CUMPLE}$$

3.4.3. COMPROBACIÓN A CORTANTE

La norma establece la siguiente comprobación:

6.1.8 Cortante

- 1 Para solicitaciones de cortante con una de las componentes paralela a la dirección de la fibra (corte paralelo), figura 6.5 izquierda, y para solicitaciones de cortante con ambas componentes perpendiculares a la dirección de la fibra (rodadura), figura 6.5 derecha, debe cumplirse la condición siguiente:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.17)$$

siendo:

- τ_d tensión de cálculo a cortante;
 $f_{v,d}$ resistencia de cálculo a cortante (corte paralelo o rodadura). La resistencia a cortante por rodadura podrá considerarse igual al doble de la resistencia a tracción perpendicular a la fibra.

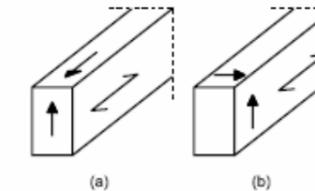


Figura 6.5 Tensiones de cortadura. a) corte paralelo. b) rodadura

La solicitación más desfavorable a cortante para el dintel es:

$$V_d = 172,95 \text{ kN}$$

La sección considerando el canto máximo, pues es el correspondiente a la sollicitación considerada es:

$$S = b \cdot h = 246960 \text{ mm}^2$$

La resistencia de cálculo a cortante es:

$$f_{v,d} = 3,096 \text{ N/mm}^2$$

La tensión cortante sobre la sección es:

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{S} = 1,050 \text{ N/mm}^2$$

Comprobación:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0,339 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

3.4.4. AGOTAMIENTO DE SECCIONES DE CANTO VARIABLE

En este apartado la norma analiza aspectos singulares del análisis y la comprobación, como son el efecto del desvío de la fibra en piezas de canto variable y las tensiones perpendiculares a la dirección de la fibra que se presentan en piezas de canto variable o curvas.

6.4.3 Viga a dos aguas o con cambio de pendiente en una de las caras (ver figura 6.12)

1 Las comprobaciones que se indican a continuación son aplicables únicamente a piezas de madera laminada encolada o de madera microlaminada. Se define la zona de vértice, según la figura 6.12, como una zona localizada en el cambio de pendiente, siendo el semivano el resto. Se comprobará:

a) **en los semivanos.** En los dos tramos de viga con canto variable, figura 6.12, se realizarán las comprobaciones indicadas en el apartado 6.4.2;

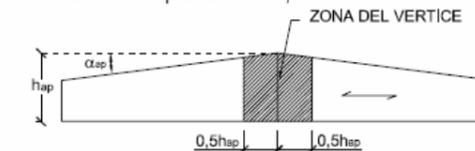


Figura 6.12. Viga a dos aguas

b) **en la zona del vértice** (zona rayada de la figura 6.12. El rayado se hace sólo para indicar la zona, ya que el laminado se supone paralelo a la cara inferior con pendiente constante):

a) En los semivanos:

6.4.2 Vigas de canto variable y caras sin cambio de pendiente (ver figura 6.9)

1 En estas vigas (figura 6.9) se presentan, en las secciones transversales al borde horizontal (borde paralelo a las láminas) leyes de distribución de tensiones normales debidas a la flexión que no son lineales. También las propiedades resistentes están afectadas por el desvío de la fibra en el borde inclinado.

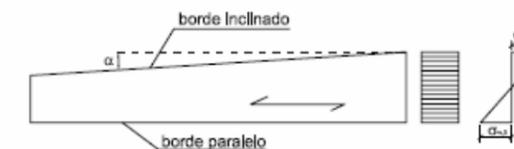


Figura 6.9 Viga a un agua (Se llama borde paralelo a la cara que marca la dirección del laminado, e inclinado al opuesto, bajo la consideración de que se mantiene el sistema de laminación. Existen otras formas de laminación, pero no se contemplan en este Documento Básico)

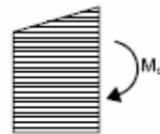
En las fibras extremas las tensiones de cálculo a flexión en el borde paralelo y en el inclinado con relación a la dirección de la fibra, $\sigma_{m,0,d}$ y $\sigma_{m,\alpha,d}$, respectivamente, deben cumplir las condiciones siguientes:

$\sigma_{m,0,d} \leq f_{m,d}$ En el borde paralelo respecto a la dirección de la fibra.

$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d}$ En el borde inclinado respecto a la dirección de la fibra.

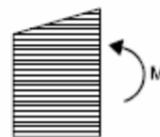
si las tensiones son de tracción, figura 6.10,

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{0,75 \cdot f_{v,d}} \cdot \operatorname{tg} \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha\right)^2}}$$

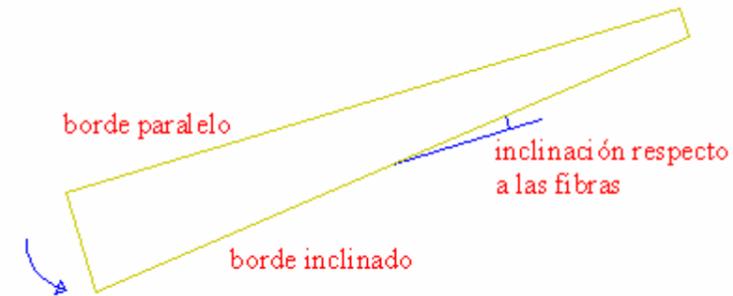


si las tensiones son de compresión, figura 6.11,

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \operatorname{tg} \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha\right)^2}}$$



En el dintel, el momento flector provoca tensiones de compresión en el borde inclinado respecto a la dirección de la fibra, que es el inferior:



La inclinación del borde inferior respecto a las fibras es:

$$\alpha = a \tan \frac{h_f - h_i}{L} = a \tan \frac{1176 - 500}{10000} = 3,867^\circ$$

Resistencias de cálculo:

$$f_{m,d} = 25,92 \text{ N/mm}^2 ; f_{v,d} = 3,096 \text{ N/mm}^2 ; f_{c,90,d} = 2,592 \text{ N/mm}^2 ;$$

El coeficiente $k_{m,\alpha}$ para las tensiones de compresión es:

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \tan^2 \alpha\right)^2}} = 0,935$$

Comprobación:

$$M_{y,d} = 690,38 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = 48404160 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,0,d} = \sigma_{m,\alpha,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = 14,263 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,0,d} \leq f_{m,d} ; 14,263 \text{ N/mm}^2 < 25,92 \text{ N/mm}^2 \quad \text{CUMPLE}$$

$$k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d} = 24,235 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d} ; 14,263 \text{ N/mm}^2 < 24,235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{CUMPLE}$$

b) Zona del vértice:

i) tensiones normales debidas a la flexión en la zona del vértice:

- en la zona del vértice, la tensión de cálculo a flexión, $\sigma_{m,d}$, debe cumplir la siguiente condición:

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \quad (6.53)$$

siendo:

$f_{m,d}$ resistencia de cálculo a flexión.

- la tensión de flexión en la sección central de la zona de vértice, $\sigma_{m,d}$, puede obtenerse a partir de la siguiente ecuación (la clásica fórmula de resistencia de materiales modificada por el coeficiente k_i):

$$\sigma_{m,d} = k_i \frac{6 M_{ap,d}}{b h_{ap}^2} \quad (6.54)$$

siendo:

$$k_i = 1 + 1,4 \text{ tg } \alpha_{ap} + 5,4 \text{ tg}^2 \alpha_{ap} \quad (6.55)$$

$M_{ap,d}$ momento flector máximo de cálculo en la sección del vértice;

b anchura de la sección;

h_{ap} altura de sección en el vértice de la viga, figura 6.12;

α_{ap} ángulo del faldón, figura 6.12.

En la zona del vértice, al tratarse de una articulación el momento flector es nulo por lo que la tensión de flexión en la zona central también será igual a cero.

ii) tensiones de tracción perpendicular a la fibra:

- la tensión de cálculo máxima de tracción perpendicular a la fibra, $\sigma_{t,90,d}$, debe cumplir la siguiente condición:

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d} \quad (6.56)$$

siendo:

$$\sigma_{t,90,d} = 0,2 \text{ tg } \alpha_{ap} \frac{6 M_{ap,d}}{b h_{ap}^2} - 0,6 \cdot \frac{p_d}{b} \quad (6.57)$$

$k_{dis} = 1,4$ coeficiente que tiene en cuenta el efecto de la distribución de tensiones de tracción perpendicular en la zona de vértice;

k_{vol} factor de volumen definido en el apartado 2.2.1.2, ecuación 2.3. En este caso, V_v es el volumen, en m^3 , de la zona de vértice, figura 6.12. Como valor máximo de V_v debe tomarse 2/3 del volumen total de la viga; $V_v = 0,01 \text{ m}^3$;

$f_{t,90,d}$ resistencia de cálculo a tracción perpendicular a la fibra;

p_d carga distribuida de compresión sobre la zona del vértice en el borde superior de la viga;

b ancho de la sección transversal de la viga.

2 Además, debe realizarse la comprobación a cortante según el apartado 6.1.8.

La tracción perpendicular a la fibra en la zona del vértice se origina debida al momento flector en el vértice y se contrarresta con la carga distribuida de compresión sobre la zona central. En el caso del vértice del pórtico triarticulado, el momento en la zona central del vértice es nulo por lo que sólo se generan fuerzas contrarias a la tracción de la fibra debidas a la carga distribuida, por lo que el vértice cumple esta comprobación.

Comprobación a cortante en la zona del vértice:

La tensión cortante sobre la sección es:

La norma establece la siguiente comprobación:

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{S} = 0,612 \text{ N/mm}^2$$

6.1.8 Cortante

- 1 Para solicitaciones de cortante con una de las componentes paralela a la dirección de la fibra (corte paralelo), figura 6.5 izquierda, y para solicitaciones de cortante con ambas componentes perpendiculares a la dirección de la fibra (rodadura), figura 6.5 derecha, debe cumplirse la condición siguiente:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.17)$$

siendo:

τ_d tensión de cálculo a cortante;

$f_{v,d}$ resistencia de cálculo a cortante (corte paralelo o rodadura). La resistencia a cortante por rodadura podrá considerarse igual al doble de la resistencia a tracción perpendicular a la fibra.

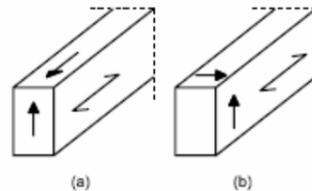


Figura 6.5 Tensiones de cortadura. a) corte paralelo. b) rodadura

Comprobación:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0,198 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

La sollicitación más desfavorable a cortante en el vértice es:

$$V_d = 42,82 \text{ kN}$$

La sección de la zona del vértice de canto $h_i = 500 \text{ mm}$, es:

$$S = b \cdot h_i = 105000 \text{ mm}^2$$

La resistencia de cálculo a cortante es:

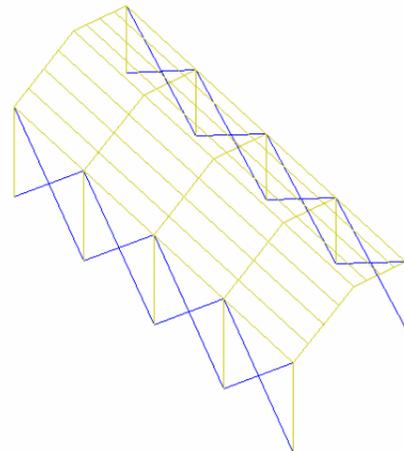
$$f_{v,d} = 3,096 \text{ N/mm}^2$$

3.5. COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS DEL PILAR

3.5.1. COMPROBACIÓN A FLEXOCOMPRESIÓN MÁS PANDEO

Los esfuerzos más desfavorables de axil y flector son:

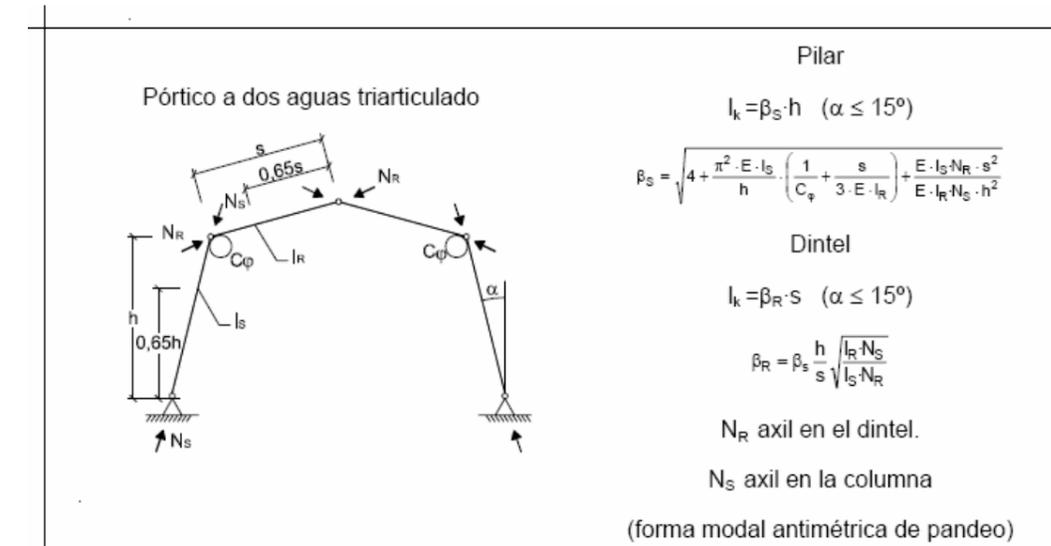
$$N_d = 225,17kN \quad ; \quad M_{y,d} = 690,38kN \cdot m$$



La determinación de las longitudes eficaces de pandeo, en el plano perpendicular al pórtico depende del arriostramiento que se coloque. En la figura siguiente se muestra la opción considerada con una longitud de pandeo igual a la altura del pilar.

El arriostramiento se realiza mediante flejes de acero galvanizado colocados como se indica en la figura de manera provisional hasta la construcción de los paramentos laterales.

El anejo G del CTE_DB-SE_M, permite la determinación de la longitud de pandeo en el plano del pórtico mediante la siguiente tabla.



Aplicando estas expresiones se obtiene la longitud de pandeo:

$$h_R = h_i + 0,65 \cdot (h_f - h_i) = 939,4mm$$

$$h_S = h_i + 0,65 \cdot (h_f - h_i) = 939,4mm$$

$$I_R = I_S = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h_R^3 = 14507404362,2mm^4$$

$$\text{Axil en el dintel} \quad N_R = 184,13kN$$

$$\text{Axil en el pilar} \quad N_S = 225,17kN$$

$$C_\varphi = \infty; \quad f = 9m; \quad h_p = 6m; \quad Luz = 20m; \quad s = \sqrt{(f - h_p)^2 + \left(\frac{Luz}{2}\right)^2} = 10,44m$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

$$\beta_S = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E_{0,k} \cdot I_S}{h_p} \cdot \left(\frac{1}{C\varphi} + \frac{s}{3 \cdot E_{0,k} \cdot I_R} \right) + \frac{E_{0,k} \cdot I_S \cdot N_R \cdot s^2}{E_{0,k} \cdot I_R \cdot N_S \cdot h_p^2}} = 3,493$$

siendo $E_{0,k} = 11900 \text{ N/mm}^2$

La longitud de pandeo en el plano del pórtico es:

$$l_k = \beta_S \cdot h_p = 20957,254 \text{ mm}$$

Cálculo de los índices de pandeo:

Longitudes eficaces en los planos y,z

$$l_{ef_py} = l_{k,pilar} = 20957,254 \text{ mm}$$

$$l_{ef_pz} = h_p = 6000 \text{ mm}$$

$$b_{pilar} = 210 \text{ mm}$$

$$h_{pilar} = h_s = 939,4 \text{ mm}$$

Cálculo de las esbelteces:

$$i_y = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot b_{pilar} \cdot h_{pilar}^3}{b_{pilar} \cdot h_{pilar}}} = 271,181 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot b_{pilar}^3 \cdot h_{pilar}}{b_{pilar} \cdot h_{pilar}}} = 60,622 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef_py}}{i_y} = 77,281; \text{ la esbeltez relativa es: } \lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}} = 1,256$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef_pz}}{i_z} = 98,974; \text{ la esbeltez relativa es: } \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}} = 1,608$$

Cálculo de coeficientes de reducción de pandeo:

$$k_y = 0,5 \cdot \left[1 + \beta_C \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 1,337$$

donde:

β_C es un factor asociado a la rectitud de las piezas al que corresponden los siguientes valores:

$\beta_C = 0,2$ para madera maciza.

$\beta_C = 0,1$ para madera laminada encolada.

$$\chi_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,557$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

de manera análoga se obtienen los coeficientes en el plano xz:

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 1,858$$

$$\chi_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,359$$

Cálculo de las capacidades resistentes de la sección:

$$W_{y,pilar} = \frac{b_{pilar} \cdot h_{pilar}^2}{6} = 30886532,6 \text{ mm}^3$$

$$S_{pilar} = b_{pilar} \cdot h_{pilar} = 197274 \text{ mm}^2$$

Resistencias de cálculo:

$$f_{m,d} = 25,92 \text{ N/mm}^2 ; f_{c,0,d} = 22,32 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzos máximos:

$$N_d = 225,17 \text{ kN} ; M_{y,d} = 690,38 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Comprobación a flexocompresión más pandeo:

$$Ec.1 = \left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1 ; Ec.2 = \left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \right| + \left| k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1$$

siendo $k_m = 0,7$ para madera laminada encolada.

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{S} = 1,141 \text{ N/mm}^2 ; \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = 22,352 \text{ N/mm}^2 ;$$

$$Ec.1 = 0,954 \text{ CUMPLE} \quad Ec.2 = 0,746 \text{ CUMPLE}$$

3.5.2. COMPROBACIÓN A FLEXOTRACCIÓN

La norma CTE_DB-SE_M establece la siguiente comprobación:

6.2.2 Flexión y tracción axial combinadas

1 Deben cumplirse las condiciones siguientes:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

siendo:

- $\sigma_{t,0,d}$ tensión de cálculo a tracción paralela;
- $f_{t,0,d}$ resistencia de cálculo a tracción paralela;
- $\sigma_{m,y,d}$ tensión de cálculo a flexión respecto al eje y;
- $f_{m,y,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje y;
- $\sigma_{m,z,d}$ tensión de cálculo a flexión respecto al eje z;
- $f_{m,z,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje z;
- k_m factor definido en la ecuación 6.16a y 6.16b del apartado 6.1.7.

Como solo existe momento en y, las dos fórmulas quedan reducidas a una.

Para el cálculo se emplea la sección de canto máximo, debido a que es dónde aparecen las solicitaciones máximas, estos valores son:

$$N_d = 35,25 \text{ kN}$$

$$M_{y,d} = 690,38 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Los valores resistentes de la sección para el canto máximo, hf = 1176 mm, son:

$$S = b \cdot hf = 246960 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = 48404160 \text{ mm}^3$$

Las tensiones soportadas por la sección son:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{S} = 0,143 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = 14,263 \text{ N/mm}^2$$

Las resistencias de cálculo para la madera laminada encolada GL_36h son:

$$f_{t,0,d} = 18,72 \text{ N/mm}^2 ; f_{m,d} = 25,92 \text{ N/mm}^2 ;$$

Comprobación:

$$\frac{|\sigma_{t,0,d}|}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,d}} = 0,558 < 1 \text{ CUMPLE}$$

3.5.3. COMPROBACIÓN A CORTANTE

La norma establece la siguiente comprobación:

6.1.8 Cortante

- 1 Para solicitaciones de cortante con una de las componentes paralela a la dirección de la fibra (corte paralelo), figura 6.5 izquierda, y para solicitaciones de cortante con ambas componentes perpendiculares a la dirección de la fibra (rodadura), figura 6.5 derecha, debe cumplirse la condición siguiente:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.17)$$

siendo:

- τ_d tensión de cálculo a cortante;
 $f_{v,d}$ resistencia de cálculo a cortante (corte paralelo o rodadura). La resistencia a cortante por rodadura podrá considerarse igual al doble de la resistencia a tracción perpendicular a la fibra.

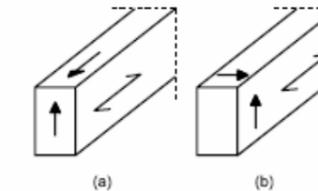


Figura 6.5 Tensiones de cortadura. a) corte paralelo. b) rodadura

La solicitación más desfavorable a cortante para el pilar es:

$$V_d = 127,05 \text{ kN}$$

La sección considerando el canto máximo, pues es el correspondiente a la sollicitación considerada es:

$$S = b \cdot h = 246960 \text{ mm}^2$$

La resistencia de cálculo a cortante es:

$$f_{v,d} = 3,096 \text{ N/mm}^2$$

La tensión cortante sobre la sección es:

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{S} = 0,772 \text{ N/mm}^2$$

Comprobación:

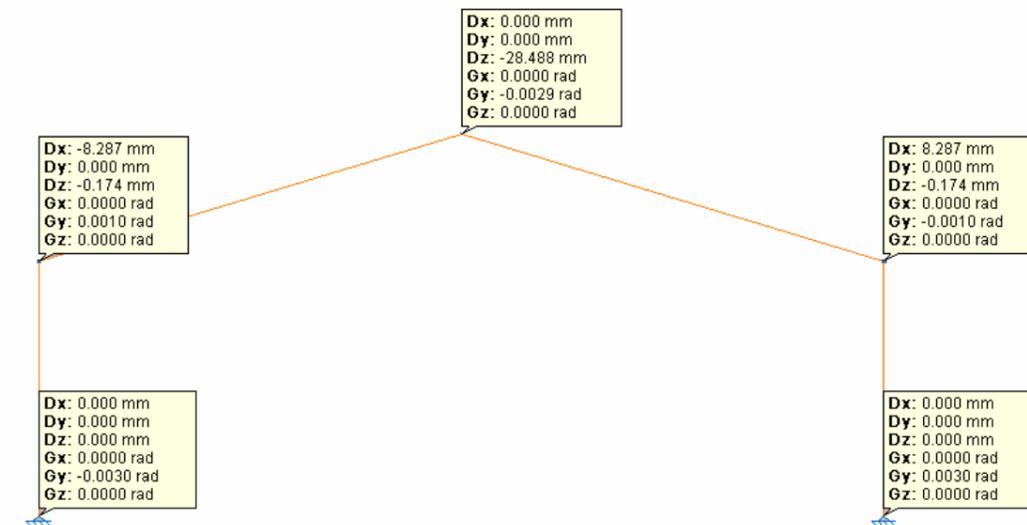
$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0,249 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

4.1. DESPLAZAMIENTOS PRODUCIDOS POR LAS HIPÓTESIS SIMPLES

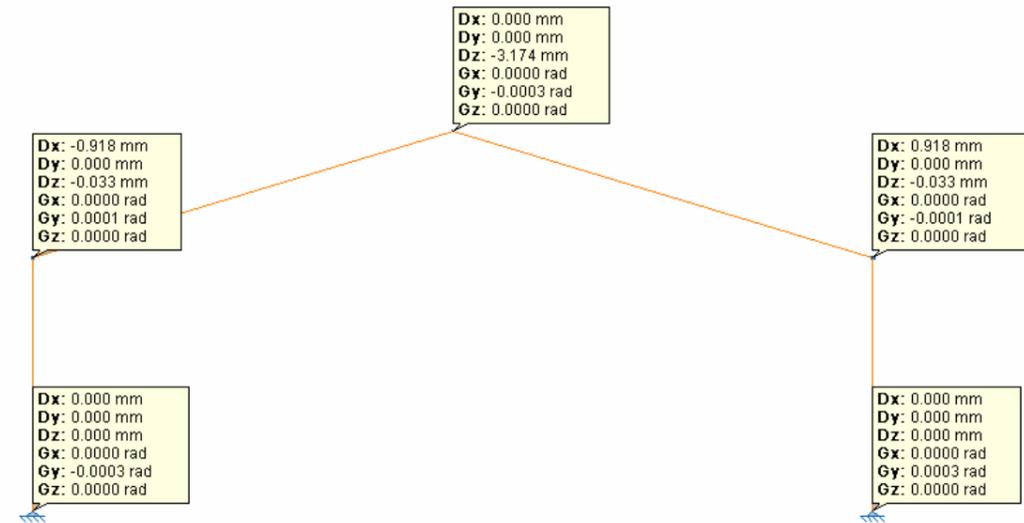
Se consideran para el cálculo los desplazamientos obtenidos con el programa Metal 3d de Cypecad, aunque estos valores se han comprobado con el método de los desplazamientos en el anejo correspondiente.

4.1.1. SOBRECARGA DE NIEVE

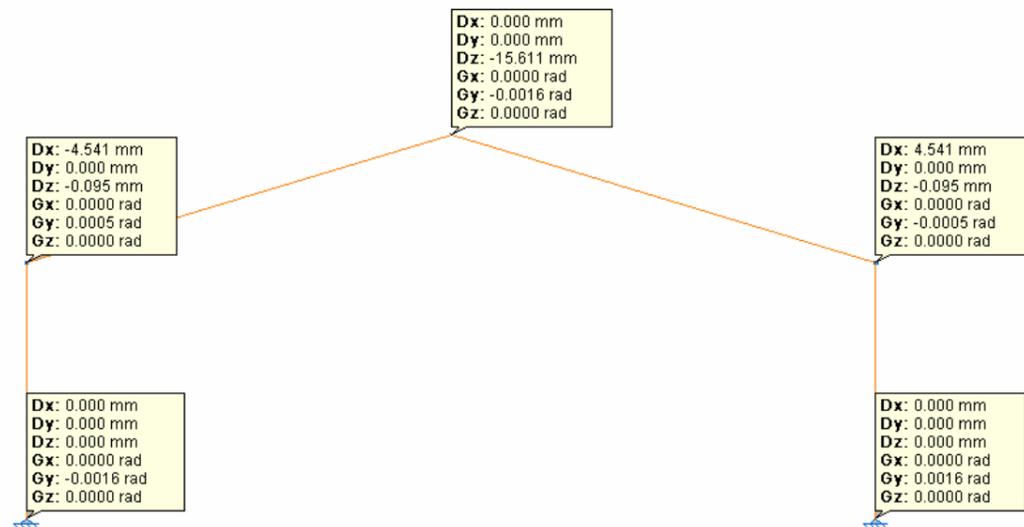


4.1.2. CARGA PERMANENTE

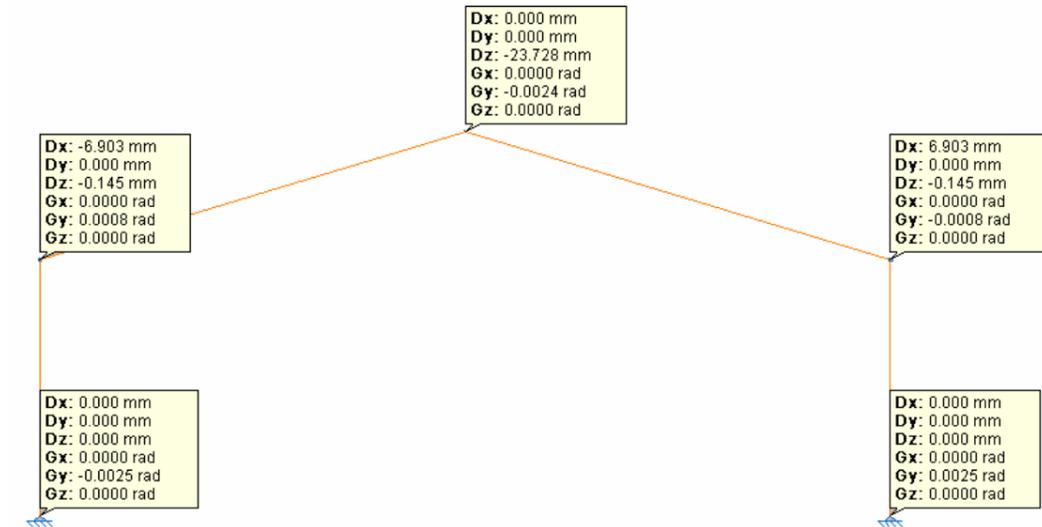
Peso propio:



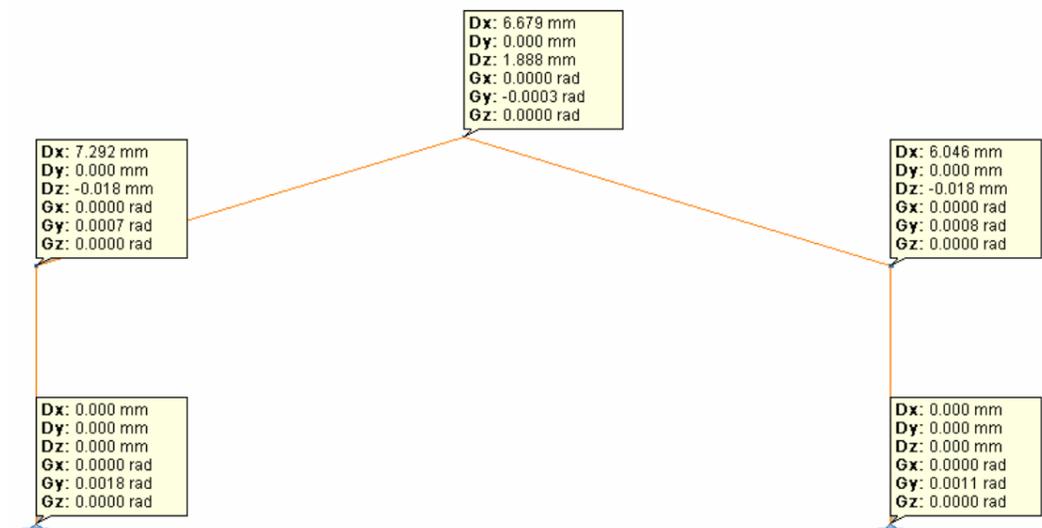
Carga permanente:



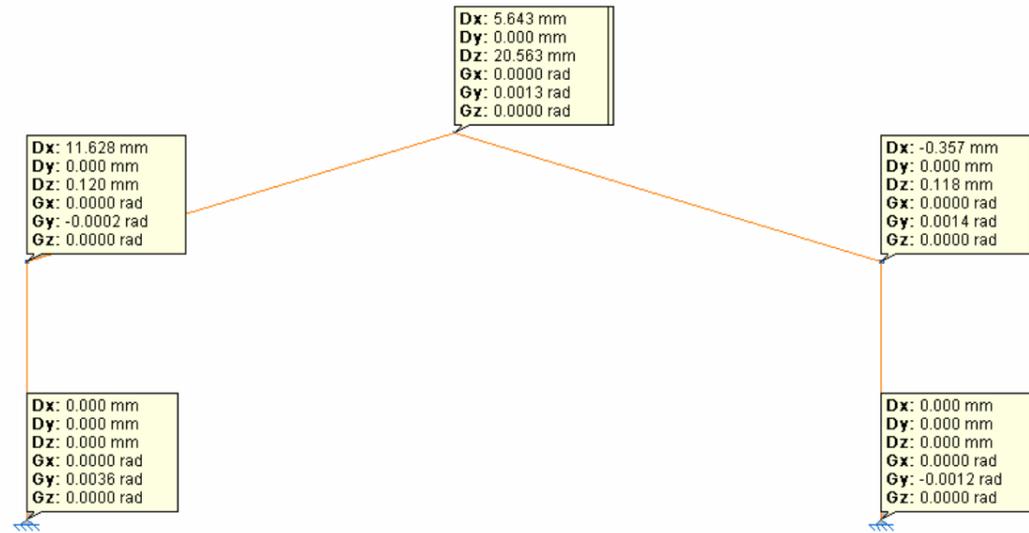
4.1.3. SOBRECARGA DE USO



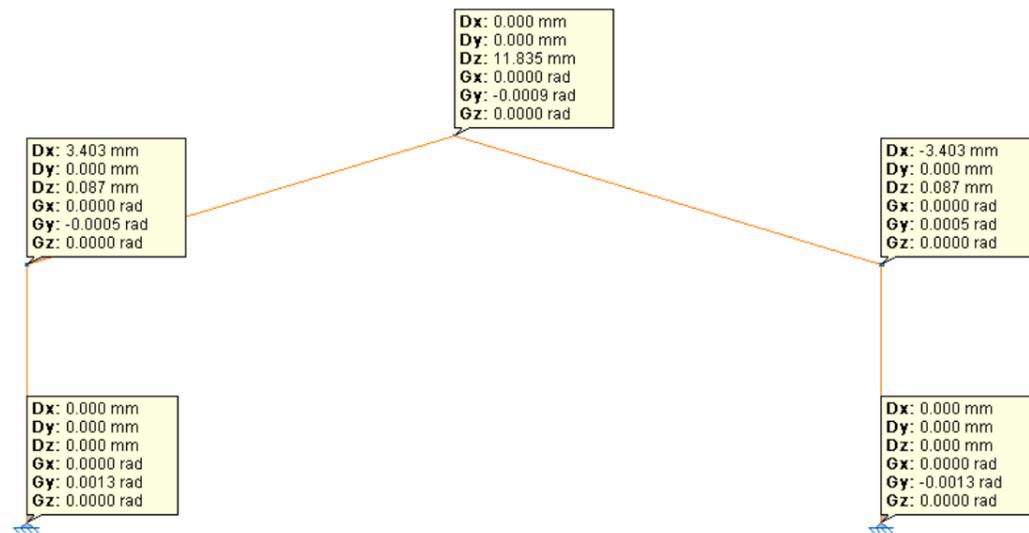
4.1.4. VIENTO DE PRESIÓN V1



4.1.5. VIENTO DE SUCCIÓN V2



4.1.6. VIENTO DE SUCCIÓN V3



	Nudo esquina izq. Dx	Clave Dz	Nudo esquina drch. Dx
Carga permanente	- 5,459	- 18,785	5,459
Sobrecarga de uso	- 6,603	- 23,728	6,603
Sobrecarga nieve	- 8,287	- 28,488	8,287
Viento presión V1	7,292	1,888	6,046
Viento succión V2	11,628	20,563	- 0,357
Viento succión V3	3,403	11,835	- 3,403

Desplazamientos debidos a las hipótesis simples en milímetros

4.2 COMBINACIÓN DE ACCIONES

Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor característico ($G_{k,j}$);
- una acción variable cualquiera, en valor característico ($Q_{k,1}$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de combinación ($\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$).

Los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

siendo:

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico ($G_{k,j}$);
- b) todas las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$).

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
Variable	1,50	0	

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

4.2.1. ACCIONES CARACTERÍSTICAS

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Acción variable principal sobrecarga de uso Q1:

clave:

$$dz = dz_{G1} + dz_{Q1} + 0,5 \cdot dz_{N1} = - 56,757 \text{ mm}$$

nudo esquina izq.:

$$dx = dx_{G1} + dx_{Q1} + 0,5 \cdot dx_{N1} = - 16,206 \text{ mm}$$

nudo esquina drch.:

$$dx = dx_{G1} + dx_{Q1} + 0,5 \cdot dx_{N1} + 0,6 \cdot dx_{V1} = 19,833 \text{ mm}$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Acción variable principal sobrecarga de nieve N1:

clave:

$$dz = dz_{G1} + 0 \cdot dz_{Q1} + dz_{N1} = - 47,273 \text{ mm}$$

nudo esquina izq.:

$$dx = dx_{G1} + 0 \cdot dx_{Q1} + dx_{N1} = - 13,736 \text{ mm}$$

nudo esquina drch.:

$$dx = dx_{G1} + 0 \cdot dx_{Q1} + dx_{N1} + 0,6 \cdot dx_{V1} = 17,374 \text{ mm}$$

- Acción variable principal viento de succión V2:

clave:

$$dz = dz_{G1} + 0 \cdot dz_{Q1} + 0 \cdot dz_{N1} + dz_{V2} = 1,778 \text{ mm}$$

nudo esquina izq.:

$$dx = dx_{G1} + 0 \cdot dx_{Q1} + 0 \cdot dx_{N1} + dx_{V2} = 6,169 \text{ mm}$$

nudo esquina drch.:

$$dx = dx_{G1} + 0 \cdot dx_{Q1} + 0 \cdot dx_{N1} + dx_{V2} = 5,102 \text{ mm}$$

Los valores máximos de los desplazamientos para las combinaciones de tipo característico son:

Desplazamiento vertical, $dz = - 56,757 \text{ mm}$

Desplazamiento horizontal, $dx = 19,833 \text{ mm}$

4.2.2. ACCIONES DE TIPO CASI PERMANENTE

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Se consideran solamente las acciones de tipo permanente, puesto que para el resto de variables el coeficiente de minoración $\psi_{2,i}$ es igual a cero.

Desplazamiento vertical, $dz = - 18,785 \text{ mm}$

Desplazamiento horizontal, $dx = 5,459 \text{ mm}$

4.3. COMPROBACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS

La normativa para las estructuras de madera CTE_DB-SE_M no establece ningún requisito particular para la comprobación de los desplazamientos máximos admisibles, por lo que se comprueba mediante el criterio general establecido en el CTE_DB-SE junto a las restricciones que establecía el EUROCODIGO 5 para estructuras de madera, quedando siempre del lado de la mayor seguridad.

Desplazamientos verticales máximos admisibles

Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

$$\frac{L}{300} = \frac{20.000}{300} = 66,67 \text{ mm} > 56,757 \text{ mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que:

$$\frac{L}{350} = \frac{20.000}{350} = 57,143 \text{ mm} > 56,757 \text{ mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que:

$$\frac{L}{300} = \frac{20.000}{300} = 66,67 \text{ mm} > 18,785 \text{ mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

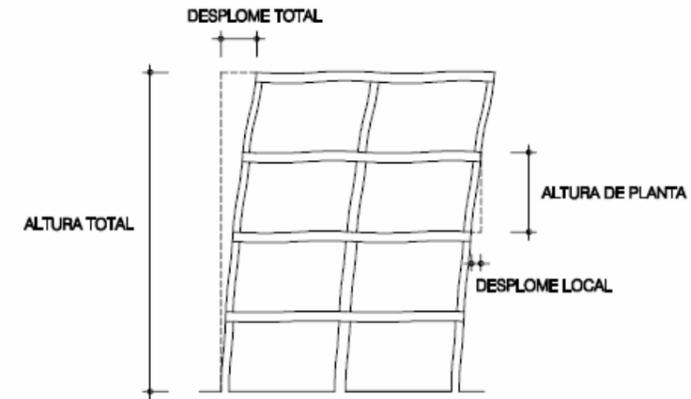
Desplazamientos horizontales máximos admisibles

Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome es menor de:

$$\text{Para estructuras de una sola planta, } \frac{L}{300} = \frac{6000}{300} = 20 \text{ mm} > 19,833 \text{ mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo es menor que:

$$\frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm} > 5,459 \text{ mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$



5. DISEÑO Y CÁLCULO DEL NUDO RÍGIDO DE ESQUINA

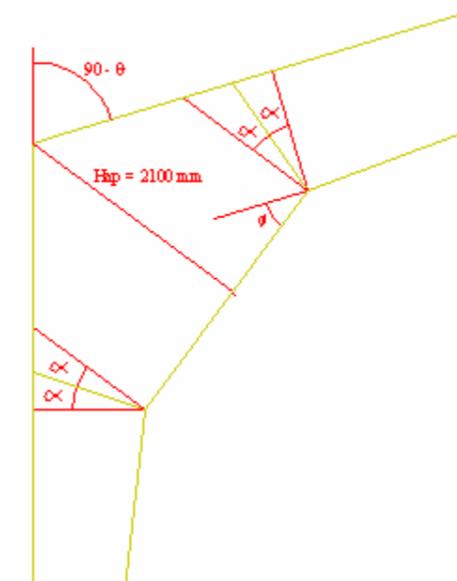
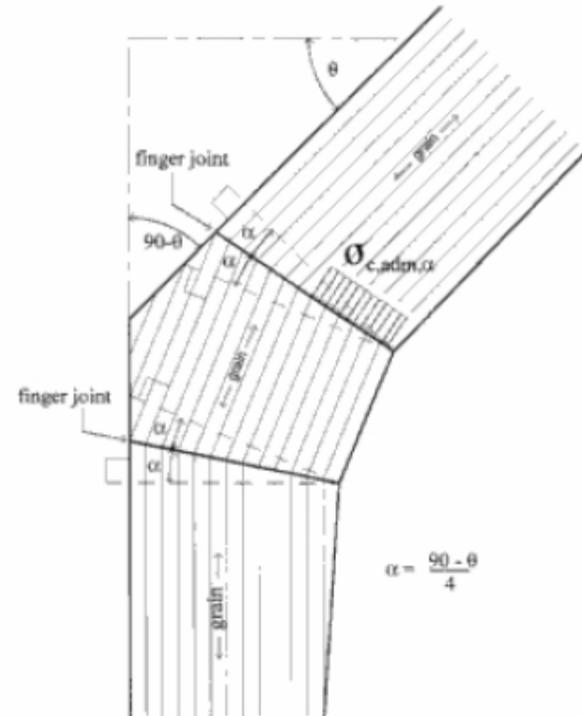
5.1 DESCRIPCIÓN DEL NUDO

La solución para la unión entre el pilar y el dintel es la de realizar un nudo de esquina con entalladura múltiple encolada. Este sistema consiste en realizar una entalladura múltiple o junta dentada en las piezas a unir, de manera similar al empalme de láminas. Así se consiguen las siguientes ventajas:

- Sólo se fabrican piezas rectas.
- Su apariencia externa es más limpia, sin elementos auxiliares metálicos.
- Presenta un mejor comportamiento frente al fuego.

Este tipo de unión queda limitado a luces del pórtico inferiores a 30 metros.

Las entalladuras se realizan con una profundidad de 50 mm, en la siguiente figura se indica el ángulo entre las fibras y el dentado que se aconseja para lograr una mayor rigidez.



donde:

θ es la inclinación de la cubierta, $\theta = 16,7^\circ$

$$\alpha = \frac{90 - \theta}{4} = 18,3^\circ$$

$$\phi = 2 \cdot \alpha = 36,6^\circ$$

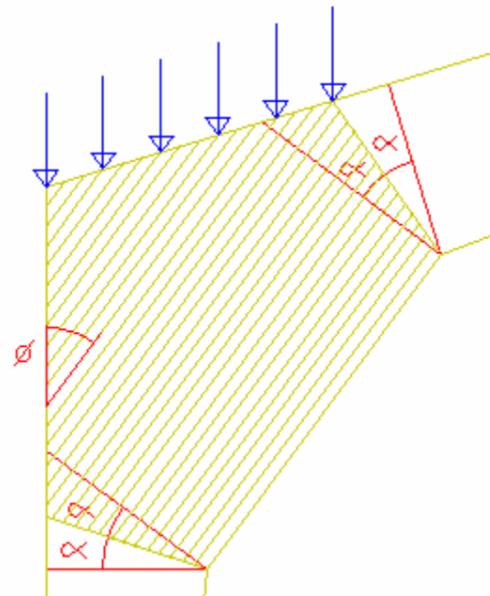
h_{ap} es el canto del nudo, $h_{ap} = 2100 \text{ mm}$

Se toma una anchura del canto de 2100 mm, de forma que el diseño del nudo queda como se muestra en la siguiente figura:

5.2. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS DEL NUDO DE ESQUINA

5.2.1. COMPROBACIÓN A COMPRESIÓN OBLICUA

En el nudo de esquina se produce una compresión oblicua ya que la dirección de las láminas y los esfuerzos que provocan la compresión forman un determinado ángulo.



La normativa CTE_DB-SE_M establece la siguiente comprobación:

6.2.1 Compresión inclinada respecto a la fibra

1 La tensión de compresión oblicua debe cumplir la condición siguiente:

$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

siendo:

- $\sigma_{c,\alpha,d}$ tensión de cálculo a compresión con dirección α respecto a la fibra;
- $f_{c,0,d}$ resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra;
- $f_{c,90,d}$ resistencia de cálculo a compresión perpendicular a la fibra;
- α ángulo representado en la figura 6.7.

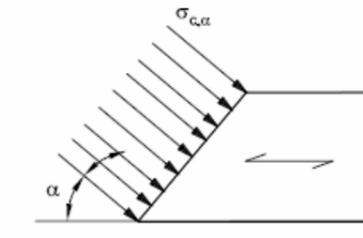


Figura 6.7. Compresión inclinada respecto a la fibra (ángulo α)

$$f_{c,0,d} = 22,43 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = 2,592 \text{ N/mm}^2$$

α es el ángulo que se ha considerado en el diseño $\phi = 36,6^\circ$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 6,028 \text{ N/mm}^2$$

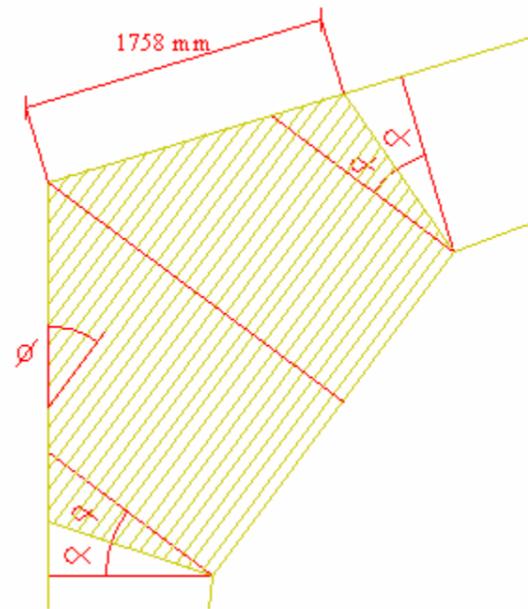
Cálculo de la tensión de cálculo a compresión con dirección α respecto a la fibra.

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{N_d}{S_\alpha}$$

El máximo axil que soporta el nudo es:

$$N_d = 225,17 \text{ kN}$$

La superficie es



$$S_\alpha = 1758 \cdot 210 = 369180 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{N_d}{S_\alpha} = 0,610 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{c,\alpha,d} < f_{c,\alpha,d} = 6,028 \text{ N/mm}^2 \quad \text{CUMPLE.}$$

5.2.2. COMPROBACIÓN DE LA TENSIÓN EN LA DIRECCIÓN DE LA FIBRA

El nudo de esquina se considera una zona de vértice ya que en él se produce un cambio de la directriz y del perfil de la pieza.

Aparecen dos tipos de tensiones normales de compresión debidas al momento flector negativo, unas en la dirección de la fibra y otras perpendiculares.

Para las tensiones en la dirección de la fibra debe cumplirse:

$$\sigma_{m,d} \leq k_r \cdot f_{m,d};$$

siendo:

k_r un factor que depende del radio de curvatura del intrados, r_i , y del espesor de la lámina, t .

Para $\frac{r_i}{t} \geq 240 \rightarrow k_r = 1$; en este caso $r_i = \infty$ puesto que las láminas son rectas, por lo que $k_r = 1$.

La tensión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_{m,d} = k_L \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2}; \text{ donde:}$$

h_{ap} es el canto de la sección en la zona del vértice, $h_{ap} = 2100 \text{ mm}$;

b es el ancho de la sección, $b = 210 \text{ mm}$

k_L es un coeficiente que depende de la geometría y del tipo de pieza

$$k_L = 1 + 1,4 \cdot \tan \phi + \tan^2 \phi; \text{ con } \phi = 36,6^\circ \text{ se tiene, } k_L = 5,031;$$

$M_{ap,d}$ es el máximo momento flector en el vértice, $M_{ap,d} = 690,38 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$$\sigma_{m,d} = 22,503 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = 25,92 \text{ N/mm}^2$$

De forma que:

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d} \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

5.2.3. COMPROBACIÓN DE LA TENSIÓN EN LA DIRECCIÓN PERPENDICULAR

La comprobación que se realiza es:

$$\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90,d} ;$$

La tensión que se produce es de compresión, al ser el momento negativo.

$$\alpha_{ap} = \phi = 36,6^\circ ; b = 210 \text{ mm} ; h_{ap} = 2100 \text{ mm} ; M_{ap,d} = 690,38 \text{ kN}\cdot\text{m} ;$$

$$\sigma_{c,90,d} = 0,2 \cdot \tan \phi \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 0,664 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = 2,592 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,90,d} < f_{c,90,d} \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

5.2.4 COMPROBACIÓN A CORTANTE

La norma establece la siguiente comprobación:

6.1.8 Cortante

- 1 Para solicitaciones de cortante con una de las componentes paralela a la dirección de la fibra (corte paralelo), figura 6.5 izquierda, y para solicitaciones de cortante con ambas componentes perpendiculares a la dirección de la fibra (rodadura), figura 6.5 derecha, debe cumplirse la condición siguiente:
- $$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.17)$$

siendo:

τ_d tensión de cálculo a cortante;

$f_{v,d}$ resistencia de cálculo a cortante (corte paralelo o rodadura). La resistencia a cortante por rodadura podrá considerarse igual al doble de la resistencia a tracción perpendicular a la fibra.

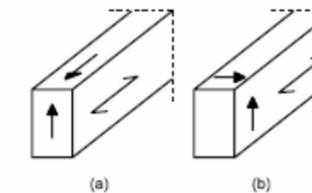


Figura 6.5 Tensiones de cortadura. a) corte paralelo. b) rodadura

La sollicitación más desfavorable a cortante para el nudo es: $V_d = 172,95 \text{ kN}$

La sección considerando el canto $h_{ap} = 2100 \text{ mm}$ es: $S = b \cdot h = 441000 \text{ mm}^2$

La resistencia de cálculo a cortante es: $f_{v,d} = 3,096 \text{ N/mm}^2$

La tensión cortante sobre la sección es: $\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{S} = 0,392 \text{ N/mm}^2$

Comprobación: $\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0,127 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 5.- METODO DE LOS DESPLAZAMIENTOS

índice

1. introducción
2. simplificaciones
3. matriz de rigidez
 - 3.1. solicitaciones debidas a $\delta_1 = 1$
 - 3.2. solicitaciones debidas a $\theta_2 = 1$
 - 3.3. solicitaciones debidas a $\theta_3 = 1$
 - 3.4. solicitaciones debidas a $\delta_4 = 1$
 - 3.5. solicitaciones debidas a $\delta_5 = 1$
 - 3.6. solicitaciones debidas a $\theta_6 = 1$
 - 3.7. matriz de rigidez
4. vector de cargas
 - 4.1. estado de carga 1
 - 4.2. estado de carga 2
 - 4.3. vector de cargas
5. desplazamientos de la estructura
6. conclusiones

1. INTRODUCCION

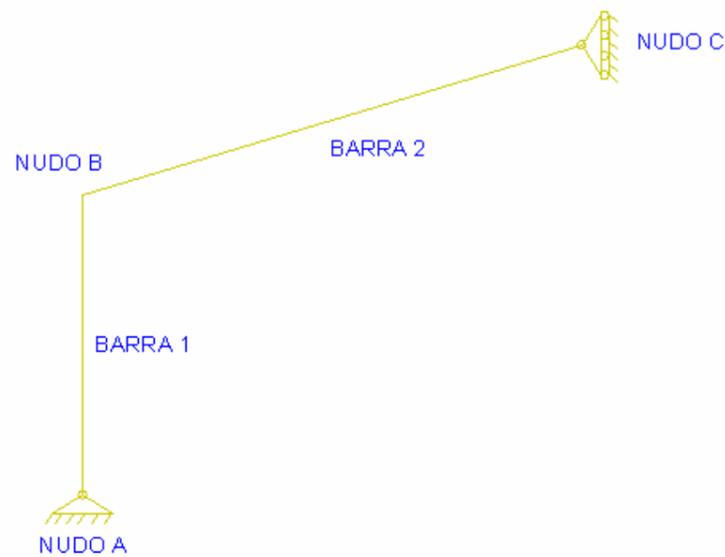
El cálculo de los desplazamientos en la estructura principal producidos por la sobrecarga de nieve se realiza por el método de los desplazamientos, aunque para la comprobación de la estructura se emplean los valores obtenidos con el Metal 3d de Cypecad, por ser estos más exactos.

2. SIMPLIFICACIONES

El pórtico triarticulado se reduce por simetría a un pilar articulado en el extremo inferior y el dintel inclinado con un apoyo articulado deslizante en el extremo.

Se considera la sección media y el momento de inercia correspondiente a dicha sección, tanto en el pilar como en el dintel.

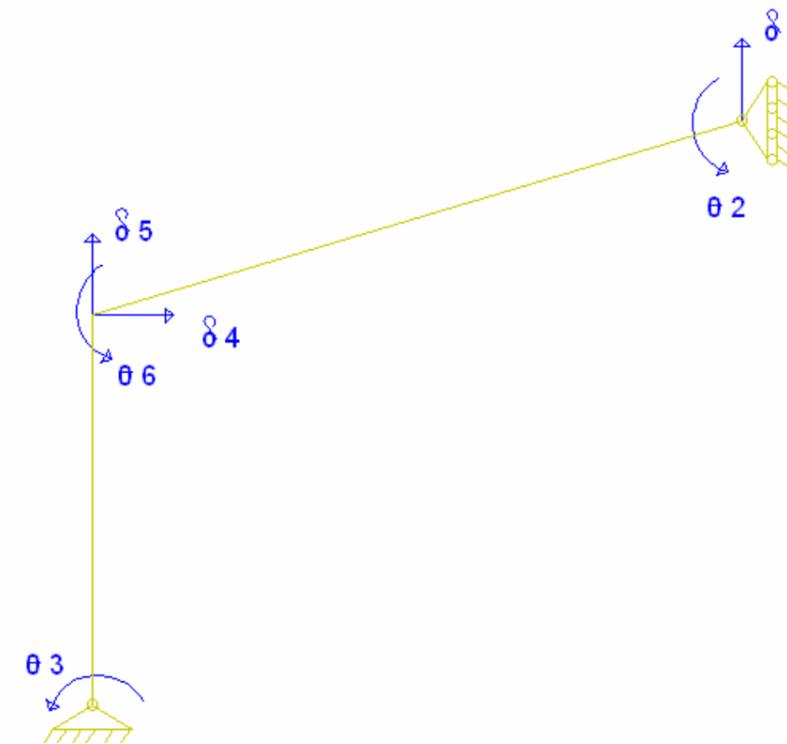
Los datos de la estructura a estudiar son:



- L1 = 6000 mm
- L2 = 10440 mm
- E1 = E2 = 14700 N/mm²
- I₁ = I₂ = 10298408260 mm⁴
- A₁ = A₂ = 175980 mm²
- inclinación α = 16,7°

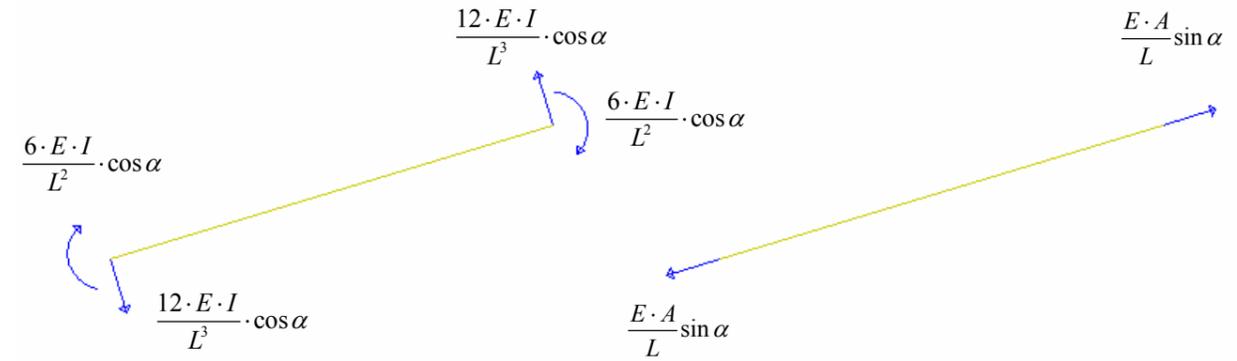
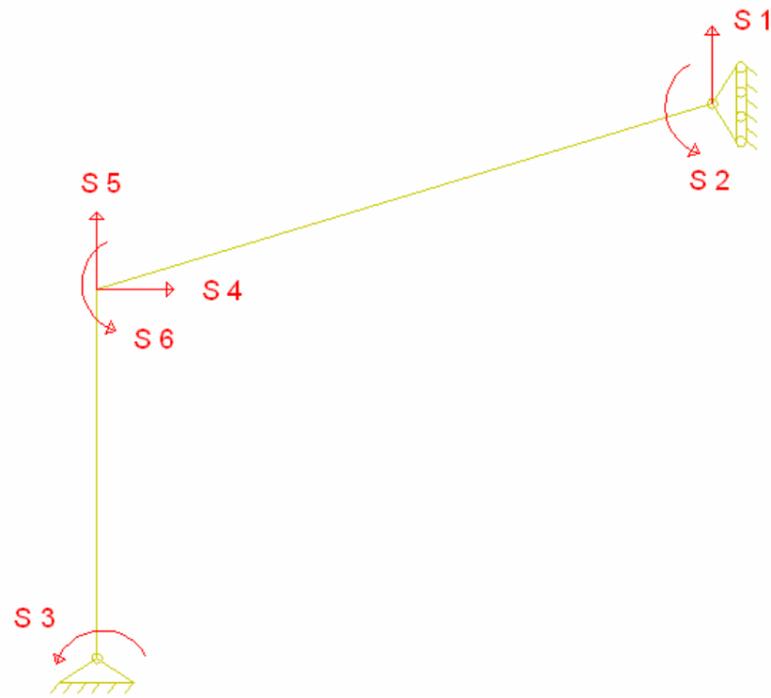
3. MATRZ DE RIGIDEZ

La estructura presenta 6 grados de libertad con sus correspondientes sollicitaciones:





3.1. SOLICITACIONES DEBIDAS A $\delta_1 = 1$



$$k_{1,1} = \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} \cdot \cos^2 \alpha + \frac{E \cdot A}{L} \sin^2 \alpha$$

$$k_{1,2} = -\frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \cos \alpha$$

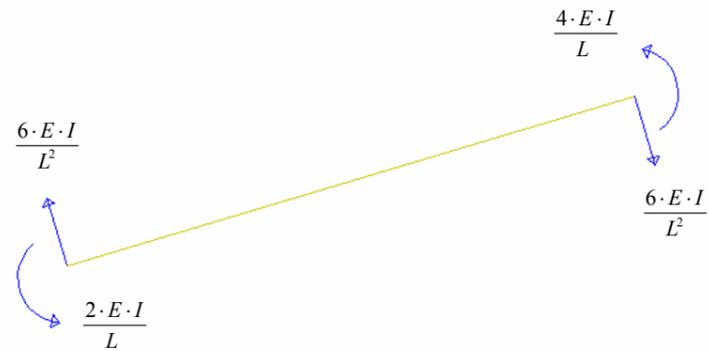
$$k_{1,3} = 0$$

$$k_{1,4} = \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha - \frac{E \cdot A}{L} \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$k_{1,5} = -\frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} \cdot \cos^2 \alpha - \frac{E \cdot A}{L} \sin^2 \alpha$$

$$k_{1,6} = -\frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \cos \alpha$$

3.2. SOLICITACIONES DEBIDAS A $\theta_2 = 1$



$$k_{2,1} = -\frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \cos \alpha$$

$$k_{2,2} = \frac{4 \cdot E \cdot I}{L}$$

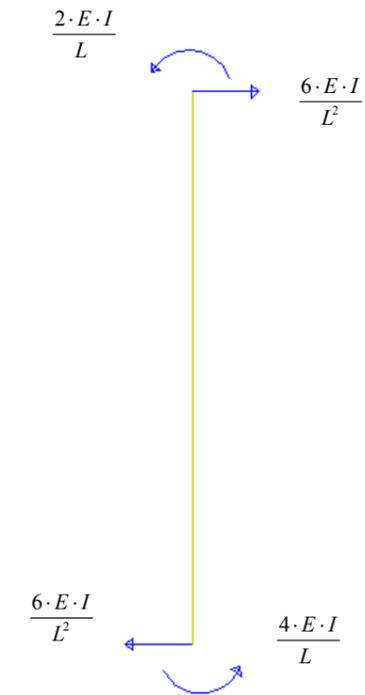
$$k_{2,3} = 0$$

$$k_{2,4} = -\frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \sin \alpha$$

$$k_{2,5} = \frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \cos \alpha$$

$$k_{2,6} = \frac{2 \cdot E \cdot I}{L}$$

3.3. SOLICITACIONES DEBIDAS A $\theta_3 = 1$



$$k_{3,1} = 0$$

$$k_{3,2} = 0$$

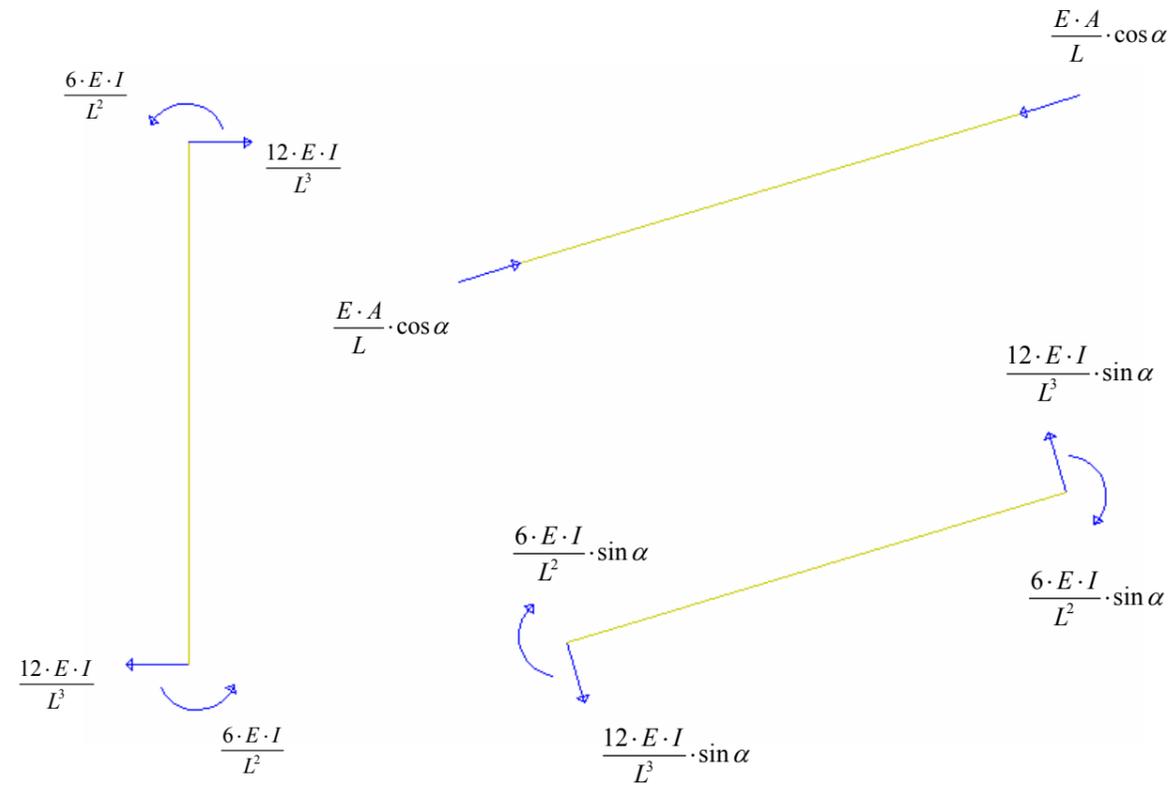
$$k_{3,3} = \frac{4 \cdot E \cdot I}{L}$$

$$k_{3,4} = \frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

$$k_{3,5} = 0$$

$$k_{3,6} = \frac{2 \cdot E \cdot I}{L}$$

3.4. SOLICITACIONES DEBIDAS A $\delta_4 = 1$



$$k_{4,1} = \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha - \frac{E \cdot A}{L} \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$k_{4,2} = -\frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \sin \alpha$$

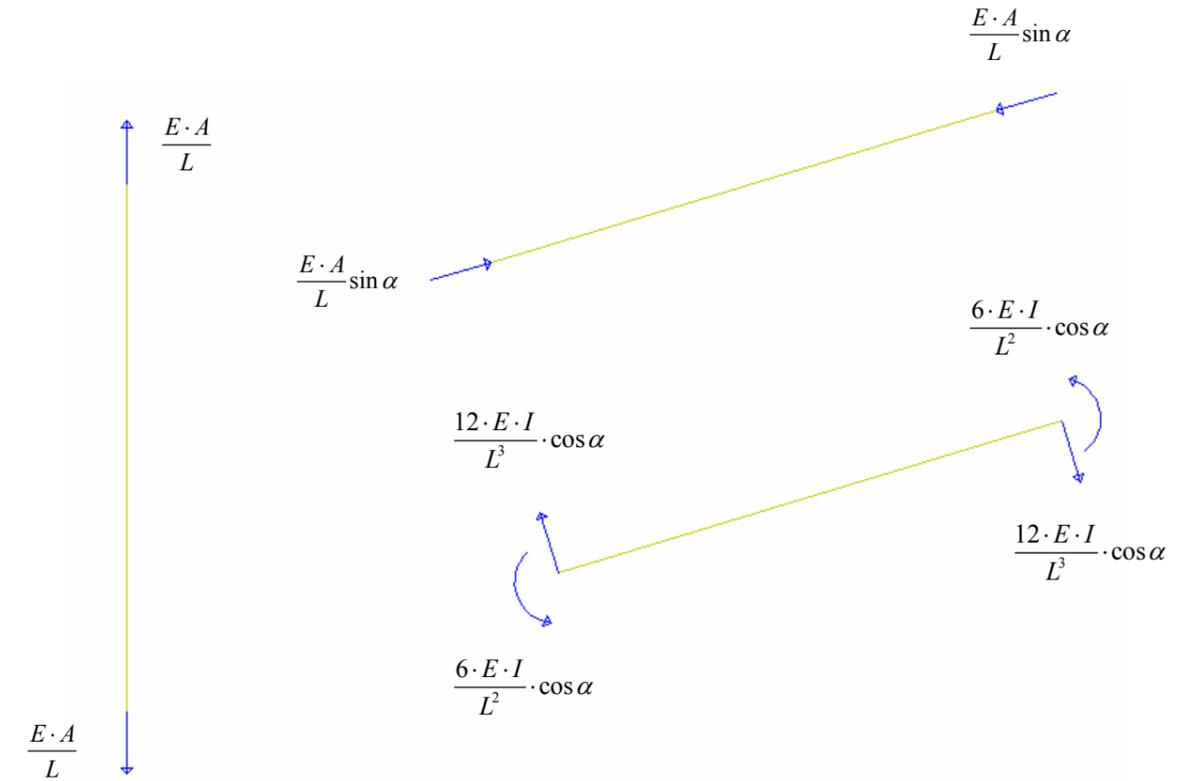
$$k_{4,3} = \frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

$$k_{4,4} = \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} + \frac{E \cdot A}{L} \cdot \cos^2 \alpha + \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} \cdot \sin^2 \alpha$$

$$k_{4,5} = \frac{E \cdot A}{L} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha - \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

$$k_{4,6} = \frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} - \frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \sin \alpha$$

3.5. SOLICITACIONES DEBIDAS A $\delta_5 = 1$



$$k_{5,1} = -\frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} \cdot \cos^2 \alpha - \frac{E \cdot A}{L} \sin^2 \alpha$$

$$k_{5,2} = \frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \cos \alpha$$

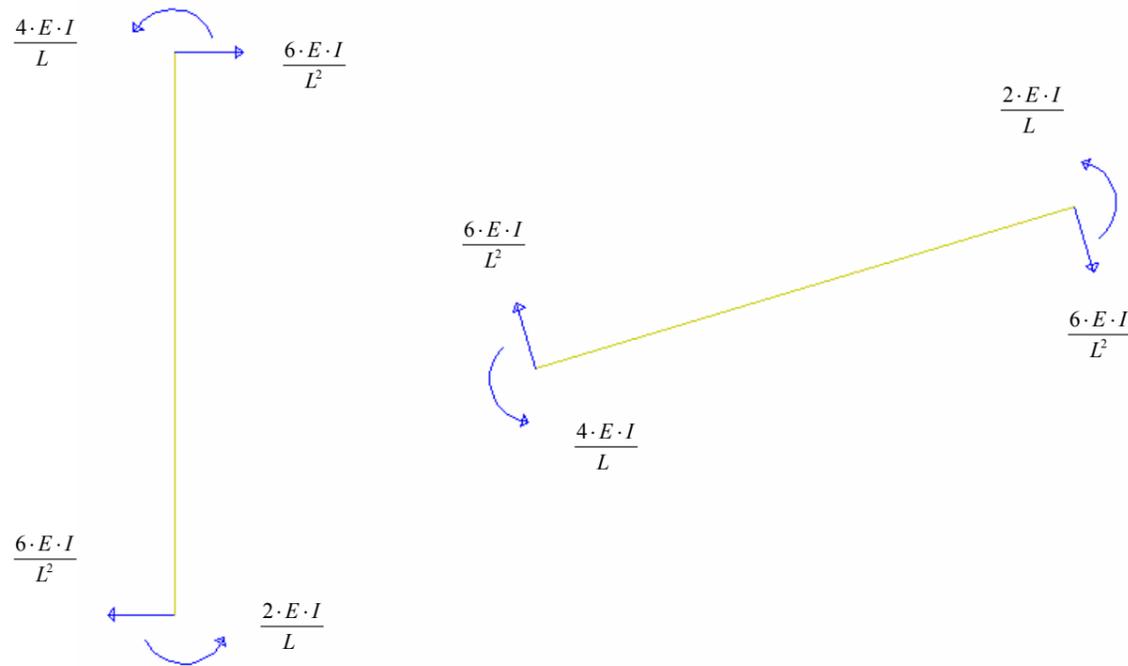
$$k_{5,3} = 0$$

$$k_{5,4} = \frac{E \cdot A}{L} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha - \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

$$k_{5,5} = \frac{E \cdot A}{L} + \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} \cdot \cos^2 \alpha + \frac{E \cdot A}{L} \cdot \sin^2 \alpha$$

$$k_{5,6} = \frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \cos \alpha$$

3.6. SOLICITACIONES DEBIDAS A $\theta_6 = 1$



$$k_{6,1} = -\frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \cos \alpha$$

$$k_{6,2} = \frac{2 \cdot E \cdot I}{L}$$

$$k_{6,3} = \frac{2 \cdot E \cdot I}{L}$$

$$k_{6,4} = \frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} - \frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \sin \alpha$$

$$k_{6,5} = \frac{6 \cdot E \cdot I}{L^2} \cdot \cos \alpha$$

$$k_{6,6} = \frac{4 \cdot E \cdot I}{L} + \frac{4 \cdot E \cdot I}{L}$$

3.7. MATRIZ DE RIGIDEZ

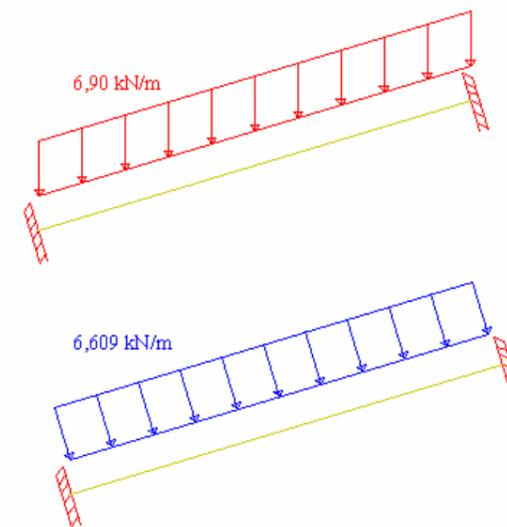
$$\begin{bmatrix} 21926 & -798210,5 & 0 & -67761,8 & -21926 & -7982170,5 \\ -7982170,5 & 58002298850 & 0 & -2394761,6 & 7982170,5 & 29001149425 \\ 0 & 0 & 100924000000 & 25231000 & 0 & 50462000000 \\ -67761,8 & -2394761,6 & 25231000 & 235868,8 & 67761,8 & 22836238,4 \\ -21926 & 7982170,5 & 0 & 67761,8 & 453077 & 7982170,5 \\ -7982170,5 & 29001149425,3 & 50462000000 & 22836238,4 & 7982170,5 & 158926298851 \end{bmatrix}$$

4. VECTOR DE CARGAS

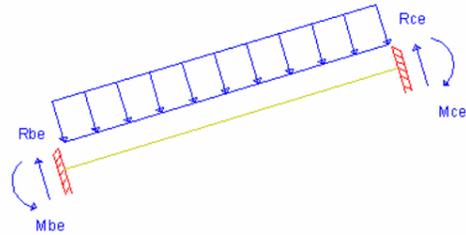
4.1. ESTADO DE CARGA 1

Se obtienen las reacciones de empotramiento de las barras con carga, en este caso sólo se obtienen para la barra 2.

La carga distribuida se descompone en carga perpendicular y axil a la barra, despreciando esta última por su pequeño valor.



Las reacciones de empotramiento son

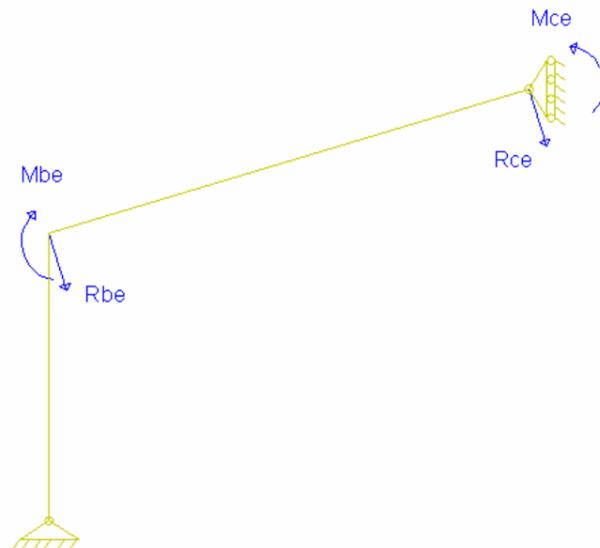


$$R_{be} = R_{bc} = \frac{q \cdot L}{2} = 34500 \text{ N}$$

$$M_{be} = M_{ce} = \frac{q \cdot L^2}{12} = 60030000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

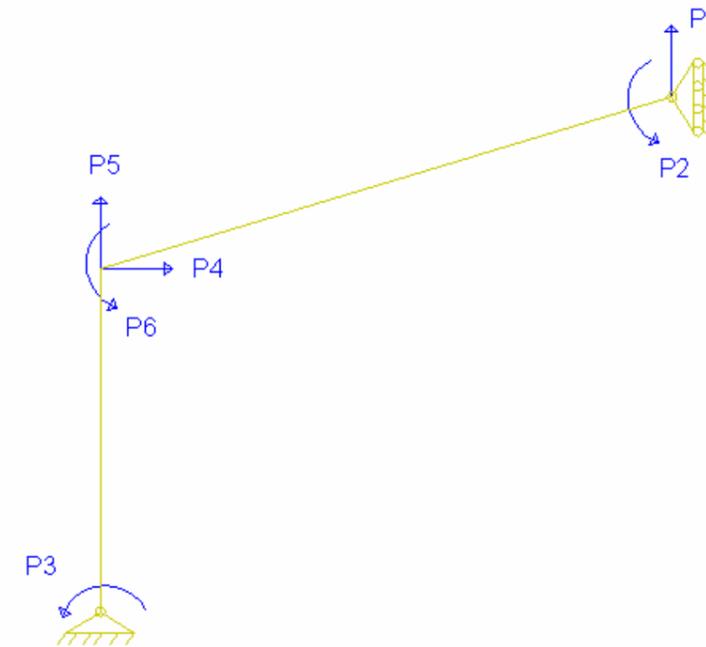
4.2. ESTADO DE CARGA 2

Se consideran las reacciones de empotramiento cambiadas de signo y las fuerzas aplicadas en los nudos, en este caso ninguna.



4.3. VECTOR DE CARGAS

Se obtiene el vector de cargas en N/mm para las diferentes sollicitaciones a partir de las reacciones del estado de cargas dos.



$$P^a = \begin{bmatrix} -R_{ce} \cdot \cos \alpha \\ M_{ce} \\ 0 \\ R_{be} \cdot \sin \alpha \\ -R_{be} \cdot \cos \alpha \\ -M_{be} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -33044,9 \\ 60030000 \\ 0 \\ 9913,94 \\ -33044,9 \\ -60030000 \end{bmatrix}$$

5. DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA

$$[K] \cdot [\delta] = [P^a] \rightarrow [\delta] = [K]^{-1} \cdot [P^a]$$

Multiplicando la inversa de la matriz de rigidez por el vector de cargas se obtiene la matriz de los desplazamientos.

$$[\delta] = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \theta_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -35,007 \\ -3,71 \cdot 10^{-3} \\ 3,03 \cdot 10^{-3} \\ -10,242 \\ -0,153 \\ -9,414 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix} \quad \text{Desplazamientos en mm y giros en radianes}$$

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mediante este método son similares en cuanto al signo de los desplazamientos y giros y del mismo orden de magnitud, habiendo una pequeña desviación por las simplificaciones empleadas al realizar el cálculo. Por esta razón son los resultados obtenidos mediante el programa informático, los empleados en las comprobaciones por ser más exactos y fiables.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 6.- CALCULO DE LA CIMENTACION

índice

1. predimensionamiento
2. comprobación de la estabilidad
 - 2.1. estabilidad al vuelco
 - 2.2. estabilidad frente al deslizamiento
3. presiones transmitidas al terreno
4. dimensionamiento de las armaduras de acero
 - 4.1. cálculo del área teórica de acero
 - 4.2. cuantía geométrica mínima de acero
 - 4.3. dimensionamiento de las barras de acero
 - 4.4. distribución de las armaduras
 - 4.5. cálculo de la longitud de anclaje

1. PREDIMENSIONAMIENTO

La cimentación propuesta en el presente proyecto se realiza mediante zapatas aisladas de hormigón armado HA-25, con acero B-500 S, sobre hormigón de limpieza de 100 mm de espesor.

Las zapatas son todas iguales de planta cuadrada de lado $b = 1,5$ metros y canto $h = 0,4$ metros, consiguiendo así una zapata rígida, ya que:

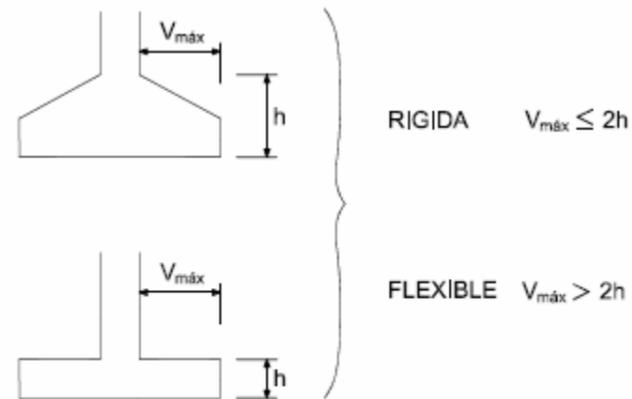
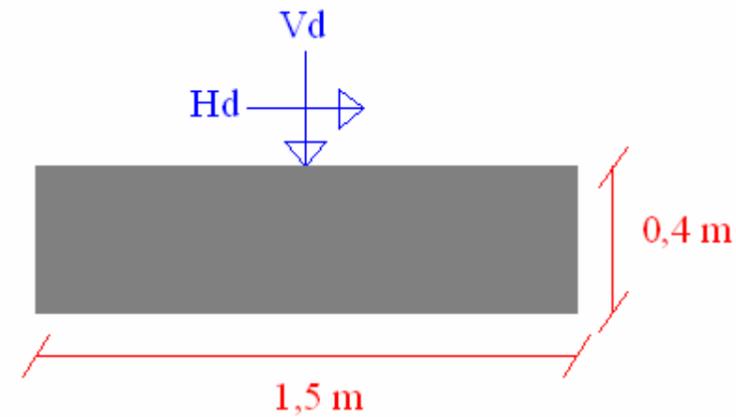


Figura 4.3. Concepto de rigidez estructural

$$V_{max} \leq 2 \cdot h ;$$

Siendo V_{max} el máximo vuelo desde el pilar al borde de la zapata, en este caso:

$$V_{max} = \frac{1,5 - 0,2}{2} = 0,65 < 2 \cdot h$$



Las solicitaciones a las que está sometida la zapata son:

$$H_d = 125,4 \text{ kN}$$

$$V_d = 243,5 \text{ kN}$$

El momento es nulo al tratarse de un apoyo articulado.

El peso propio de la zapata es:

$$P_z = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,4 \cdot 24 = 21,6 \text{ kN}$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

2. COMPROBACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LA ZAPATA

2.1. ESTABILIDAD AL VUELCO

Se desprecia el peso del terreno sobre la zapata, que produce un momento estabilizador, quedando del lado de la seguridad.

La seguridad frente al vuelco se comprueba mediante la siguiente expresión:

$$\gamma_S = \frac{M_{est} \cdot \gamma_e}{M_{vol} \cdot \gamma_v} \geq 1$$

Momento estabilizador

$$M_{est} = Vd \cdot 0,75 + Pz \cdot 0,75 = 198,825 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{vol} = Hd \cdot 0,4 = 50,16 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

γ_e y γ_v son coeficientes de minoración y mayoración de valor 0,9 y 1,5 respectivamente

$$\gamma_S = \frac{M_{est} \cdot \gamma_e}{M_{vol} \cdot \gamma_v} = 2,378 > 1; \text{ la zapata es estable al vuelco.}$$

2.2. ESTABILIDAD FRENTE AL DESLIZAMIENTO

La seguridad frente al deslizamiento de la zapata se comprueba mediante la siguiente expresión:

$$\gamma_d = \frac{\tan \delta \cdot \sum V}{\sum H} \geq 1$$

siendo:

θ , ángulo de rozamiento entre la zapata y el terreno, se estima que su valor es:

$$\delta = \frac{2}{3} \cdot \phi = 30^\circ, \text{ siendo } \phi \text{ el ángulo de rozamiento interno del terreno, } \phi = 45^\circ$$

$$\sum V, \text{ sumatorio de las acciones verticales, } \sum V = Vd + Pz = 265,1 \text{ kN}$$

$$\sum H, \text{ sumatorio de las acciones horizontales, } \sum H = Hd = 125,4 \text{ kN}$$

$$\gamma_d = \frac{\tan \theta \cdot \sum V}{\sum H} = 1,22 > 1 \quad \text{CUMPLE.}$$

3. PRESIONES TRANSMITIDAS AL TERRENO

$$H_d = 243,5 \text{ kN}$$

$$S = b^2 = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V_d}{S} = 108,22 \text{ kN/m}^2$$

La tensión admisible del terreno es:

$$\sigma_{adm} = 142 \text{ kN/m}^2$$

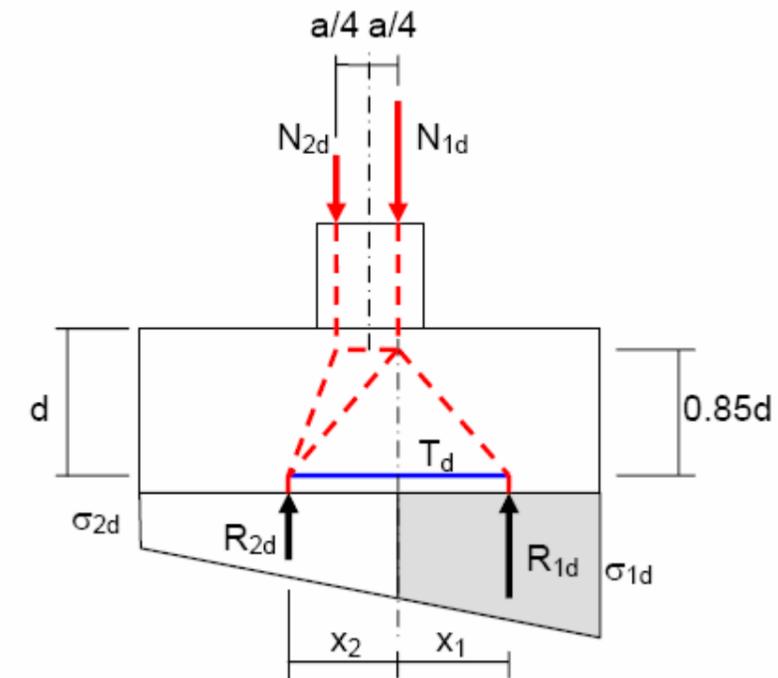
$$\sigma < \sigma_{adm} \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ARMADURAS DE ACERO

4.1. CÁLCULO DEL ÁREA TEÓRICA DE ACERO

La instrucción de hormigón estructural EHE_08 establece que en las cimentaciones rígidas no es de aplicación la teoría general de flexión y es necesario definir un modelo de bielas y tirantes.

El modelo a utilizar es el representado en la figura.



La armadura principal se obtiene para resistir la tracción T_d indicada en el modelo, que resulta:

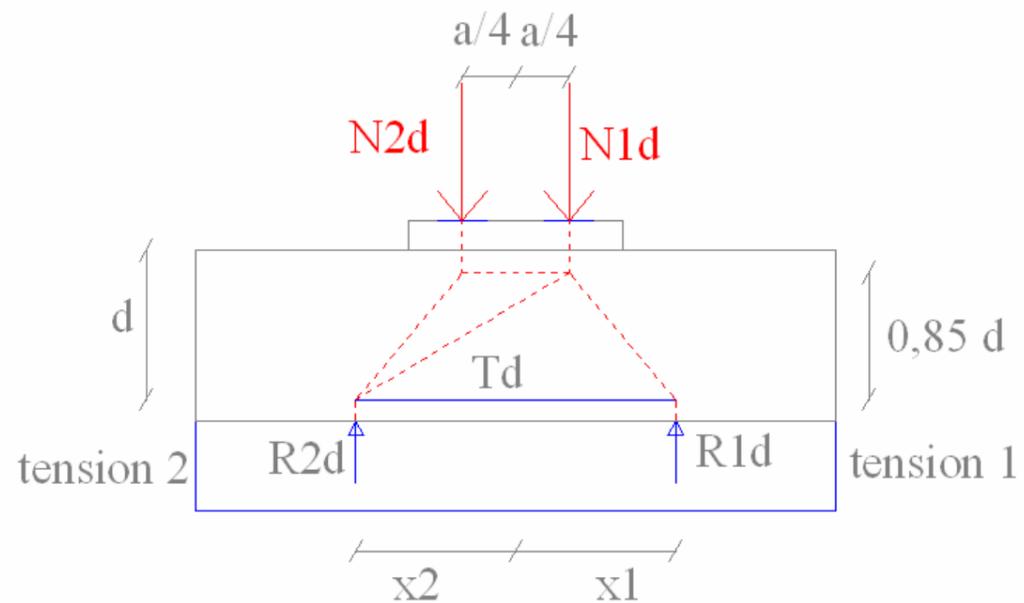
$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot a) = A_s \cdot f_{yd}$$

Con $f_{yd} \leq 400 \text{ N/mm}^2$, donde R_{1d} es la resultante de las tensiones del trapecio sombreado en el ancho de la zapata, y x_1 , la distancia del centro de gravedad del trapecio a la línea de carga de N_{1d} y siendo el significado del resto de las variables el indicado en la figura y las tensiones σ_{1d} y σ_{2d} las obtenidas teniendo en cuenta sólo las cargas transmitidas por la estructura.

$$N_{1d} = \frac{N_d}{2} + \frac{M_d}{0,5 \cdot a}; \quad N_{2d} = \frac{N_d}{2} - \frac{M_d}{0,5 \cdot a};$$

En el caso concreto, al no haber momento, estando la zapata sometida únicamente a compresión, se tiene:

$$N_{1d} = N_{2d} = \frac{N_d}{2} = \frac{243,5}{2} = 121,75 \text{ kN}$$



Al ser $N_{1d} = N_{2d}$, la distribución de tensiones en la base de la zapata es rectangular, siendo:

$$\sigma_{1d} = \sigma_{2d} = \frac{N_d}{S} = \frac{243,5}{1,5^2} = 108,22 \text{ kN/m}^2$$

La resultante del rectángulo de tensiones R_{1d} es:

$$R_{1d} = \sigma_{1d} \cdot \frac{b}{2} \cdot b = 108,22 \cdot \frac{1,5}{2} \cdot 1,5 = 121,748 \text{ kN}$$

$$d = 0,35 \text{ m}$$

$$x_1 = \frac{b}{4} = 0,375 \text{ m}$$

$$a = \frac{0,5}{4} = 0,125 \text{ m}$$

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot a) = A_s \cdot f_{yd}$$

$$T_d = 102,309 \text{ kN} = 102309 \text{ N}$$

$$T_d = A_s \cdot f_{yd}$$

$$\text{con } f_y = 500 \text{ N/mm}^2 \quad f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M} = 400 \text{ N/mm}^2$$

La armadura teórica es por tanto:

$$A_s = \frac{T_d}{f_{yd}} = 255,773 \text{ mm}^2$$

4.2. CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA DE ACERO

Las cuantías geométricas mínimas según el artículo 42 de la EHE_08 son:

Tabla 42.3.5. Cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón⁽⁶⁾

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		Aceros con $f_y = 400\text{N/mm}^2$	Aceros con $f_y = 500\text{N/mm}^2$
Pilares		4,0	4,0
Losas ⁽¹⁾		2,0	1,8
Forjados unidireccionales	Nervios ⁽²⁾	4,0	3,0
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios ⁽³⁾	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios ⁽³⁾	0,7	0,6
Vigas ⁽⁴⁾		3,3	2,8
Muros ⁽⁵⁾	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

Las zapatas armadas están consideradas dentro del grupo de losas.

La norma añade para las cuantías geométricas mínimas de las losas: “cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Para losas de cimentación y zapatas armadas, se adoptará la mitad de estos valores en cada dirección dispuestos en la cara inferior.”

Por lo que la cuantía mínima para zapatas armadas y acero con $f_y = 500\text{ N/mm}^2$, la cuantía mínima es de 0,9 en cada dirección, longitudinal y transversal, dispuestos en la cara inferior.

En cada dirección, la armadura mínima es:

$$A_{S,\min} = \text{cuantía} \cdot S_{\text{hormigón}} = 0,001 \cdot 1500 \cdot 400 = 540\text{ mm}^2 > A_{S,\text{real}}$$

Por lo tanto hay que poner la armadura correspondiente a la cuantía mínima.

4.3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS BARRAS DE ACERO

Selección del diámetro nominal

ϕ (mm)	$A_{\text{barra}} (\text{mm}^2)$	$n_{\text{teórico}}$	n_{real}	$A_{S,\text{real}} (\text{mm}^2)$
12	113,097	4,77	5	565,485
10	78,54	6,875	7	549,78
8	50,265	10,74	11	552,915

Debido a ser la mejor aproximación al área mínima necesaria se opta por barras de diámetro $\phi = 10\text{ mm}$.

4.4. DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA DE LAS ARMADURAS

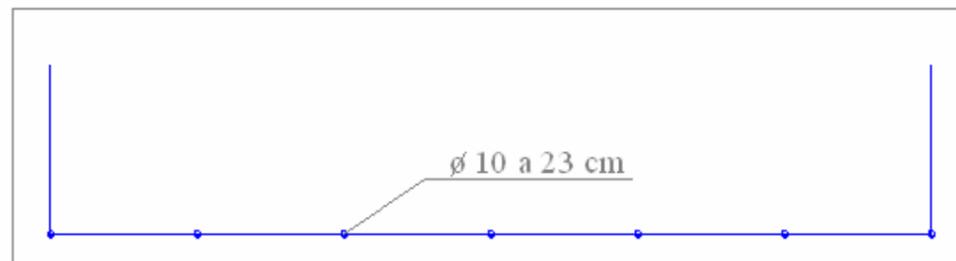
Distribución de las barras

La longitud de la que se dispone para colocar las barras es igual a la longitud de la zapata, b, menos el recubrimiento mínimo existente a cada lado:

$$L_D = 1500 - 2 \cdot 40 = 1420 \text{ mm}$$

La distancia máxima entre barras es: $D = \frac{1420}{6} = 236,6 \text{ mm}$

La distribución de las barras en ambas direcciones, longitudinal y transversal, es de 7 ϕ 10 cada 23 cm.



4.5. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE ANCLAJE

La norma EHE_08, diferencia entre dos posiciones de adherencia de la barra, en función de la posición de la misma dentro del elemento.

69.5.1. Anclaje de las armaduras pasivas

69.5.1.1. Generalidades

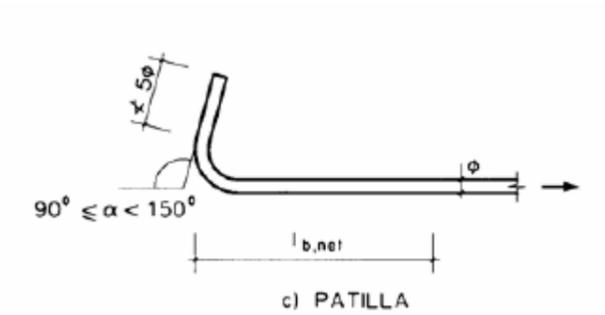
Las longitudes básicas de anclaje (l_b), definidas en 69.5.1.2, dependen, entre otros factores, de las propiedades de adherencia de las barras y de la posición que éstas ocupan en la pieza de hormigón.

Atendiendo a la posición que ocupa la barra en la pieza, se distinguen los siguientes casos:

- Posición I, de adherencia buena, para las armaduras que durante el hormigonado forman con la horizontal un ángulo comprendido entre 45° y 90° o que en el caso de formar un ángulo inferior a 45° , están situadas en la mitad inferior de la sección o a una distancia igual o mayor a 30 cm de la cara superior de una capa de hormigonado.
- Posición II, de adherencia deficiente, para las armaduras que, durante el hormigonado, no se encuentran en ninguno de los casos anteriores.
- En el caso de que puedan existir efectos dinámicos, las longitudes de anclaje indicadas en 69.5.1.2 se aumentarán en 10ϕ .

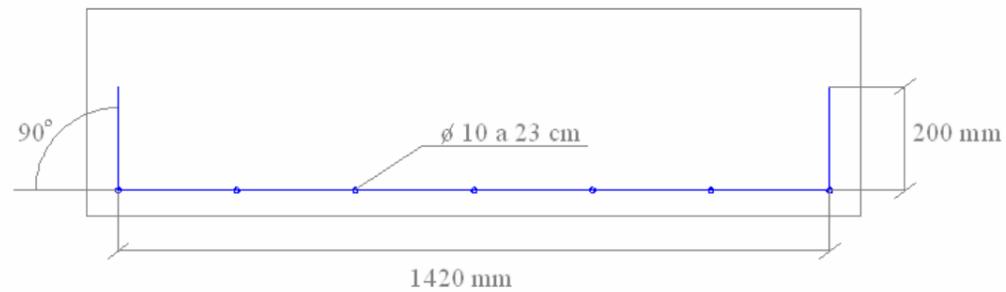
En este caso las armaduras se encuentran en posición I de buena adherencia por estar situadas en la mitad inferior de la sección y a una distancia mayor a 30 cm de la cara superior de una capa de hormigonado.

El anclaje de las barras de acero se realiza mediante doblado en patilla, debido a que es el método de trabajo más rápido de ejecutar teniendo en cuenta el diámetro de las barras.



La longitud de anclaje no es necesario calcularla debido a que la barra tiene una longitud igual al ancho de la zapata menos el recubrimiento y no hay espacio para introducirla más allá de esa longitud.

El doblado se realiza en un ángulo de 90° y se prolonga una longitud de $l' = 200$ mm mayor que la mínima establecida por la normativa de $5 \cdot \phi = 50$ mm.



	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 7.- UNIONES METALICAS EN LA MADERA

índice

1. unión metálica entre correas y pórtico
 - 1.1. descripción de la unión
 - 1.2. resistencia de la unión
 - 1.3. resistencia de las puntas de acero de fijación

2. unión metálica en el apoyo del pilar
 - 2.1. descripción de la unión
 - 2.2. resistencia de la unión
 - 2.3. distribución de los pasadores

3. unión metálica en la clave del pórtico
 - 3.1. descripción de la unión
 - 3.2. resistencia de la unión
 - 3.3. distribución de los pasadores

4. placa de anclaje en la zapata de cimentación
 - 4.1. descripción de la unión
 - 4.2. resistencia de la unión
 - 4.3. distribución de los pernos

1. UNIÓN METÁLICA ENTRE LAS CORREAS Y EL PÓRTICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA UNIÓN

El herraje empleado para la unión de las correas de madera laminada al pórtico es un estribo de acero con capacidad de soportar grandes cargas y alas exteriores de fijación.

El estribo se realiza en chapa galvanizada en caliente con acero tipo DX51 D según normativa UNE EN 10142, con recubrimiento de galvanización Z 275 según UNE 36-130-91.

Características del estribo:

El espesor de la chapa de acero es de 2 mm.

Los orificios son de 4,5 mm de diámetro para fijar con puntas a la madera.

La profundidad del estribo es de 110 mm.

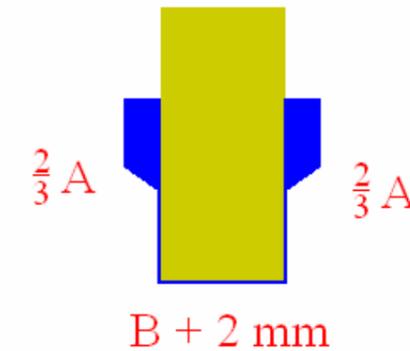
Elección del desarrollo óptimo para la sección de la correa: 135 mm x 300 mm:

El estribo debe cubrir, como mínimo, $\frac{2}{3}$ del alto de la pieza de madera a fijar. Se recomienda considerar un ancho de plegado igual al ancho de la pieza de madera más 2 mm para facilitar el montaje.

Madera a fijar



Dimensiones estribo



El desarrollo teórico para $A = 300 \text{ mm}$ y $B = 135 \text{ mm}$ es:

$$Dt = \left(\frac{2}{3} \cdot A\right) \cdot 2 + B + 2 = 537 \text{ mm};$$

El desarrollo real es el inmediatamente superior de la gama que se fabrica, en este caso es un desarrollo de 565 mm.

1.2. RESISTENCIA DE LA UNIÓN

La resistencia máxima admisible del estribo está directamente relacionada con al superficie de apoyo de la madera sobre el estribo, ya que el primer modo de rotura de la unión se produce por aplastamiento de la sección de madera. La resistencia máxima que puede alcanzar es de hasta 3500 kg fijado con puntas en una unión madera-madera, como es el caso.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Los valores es carga admisible están tabulados según ensayos para este estribo en función de la anchura de apoyo:

$$\text{Anchura de apoyo} = B \cdot \text{profundidad} = 135 \cdot 110 = 14850 \text{ mm}^2$$

Carga adm = 29,5 kN

La carga máxima soportada por las correas se corresponde a la situación de combinación 1:

$$V_z = 12,6 \text{ kN} < \text{carga admisible.}$$

1.3. RESISTENCIA DE LAS PUNTAS DE ACERO

Esta carga máxima también tiene que ser soportada por las puntas de acero que fijan la unión.

Se colocan 21 puntas helicoidales de acero de resistencia = 1 kN por cada ala en la madera portante, es decir en el dintel del pórtico.

En la madera portada, la correa, se colocan 10 puntas helicoidales de acero de resistencia = 0,7 kN.

- madera portante:

$$\text{carga por punta} = \frac{12,6}{42} = 0,3 \text{ kN} < 1 \text{ kN}$$

- madera portada:

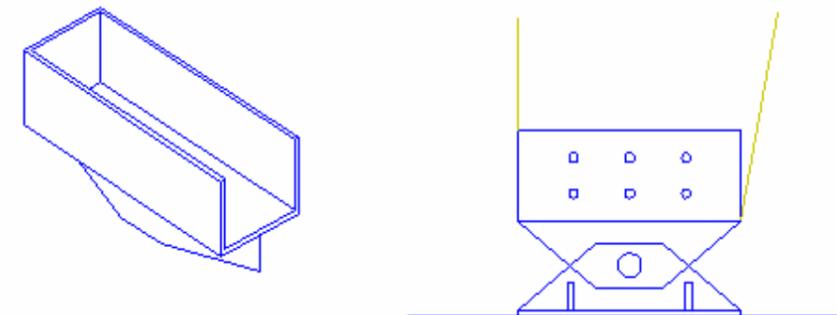
$$\text{carga por punta} = \frac{12,6}{20} = 0,63 \text{ kN} < 0,7 \text{ kN}$$

Queda comprobado que este estribo metálico satisface la unión entre la correa y el dintel.

2. UNIÓN METÁLICA EN EL APOYO DEL PILAR

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA UNIÓN

Para la unión del pilar con la cimentación se opta por un enlace articulado metálico creando una articulación perfecta con un eje materializado por un bulón para permitir el giro libre. Es el tipo de unión articulada aconsejada para luces de 20 metros o superiores.



La unión del apoyo metálico al pilar de madera del pórtico se realiza por medio de pasadores para conseguir un mejor aspecto estético en sustitución de los pernos, ya que en estos quedarían vistas la cabeza, tuerca y arandelas.

Para asegurar la transmisión de esfuerzos, el pasador debe quedar introducido con cierta presión, por lo que el agujero en el que se aloja en la madera debe ser 1 mm menor que su diámetro.

Los pasadores se dimensionan con un diámetro $d = 20$ mm

La placa de acero de la unión se denomina del tipo placa delgada, puesto que tiene un espesor de $t = 4$ mm:

Placa delgada: $t \leq 0,5 \cdot d = 10$ mm

2.2. RESISTENCIA DE LA UNIÓN

El valor característico de la capacidad de carga de las uniones entre acero y madera tipo clavija, entre las que se incluye los pasadores, se determina de la siguiente manera según la norma CTE_DB-SE_M en su apartado 8.3 .

El pasador está sometido a cortadura doble, siendo la pieza central de madera y la placa de acero de tipo placa delgada.

4 Cortadura doble:

a) pieza central de acero de cualquier espesor;

$$F_{v,Rk} = \min \left[\begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \end{array} \right]$$

b) pieza central de madera:

i) placa delgada ($t \leq 0,5 \cdot d$);

$$F_{v,Rk} = \min \left[\begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \end{array} \right]$$

ii) placa gruesa ($t \geq d$).

$$F_{v,Rk} = \min \left[\begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \end{array} \right]$$

siendo:

$F_{v,Rk}$ capacidad de carga por plano de corte y elemento de fijación

d diámetro del elemento de fijación;

t_i espesor del tablero o de la pieza o profundidad de penetración, referida a la pieza 1 o 2, véanse apartados 8.3.2 a 8.3.6;

$f_{h,i,k}$ resistencia característica al aplastamiento en la pieza i ;

$M_{y,Rk}$ momento plástico característico, véanse apartados 8.3.2 a 8.3.6.

Para el cálculo de la resistencia característica al aplastamiento y el momento plástico característico es de aplicación en los pasadores, las expresiones establecidas para los pernos.

Resistencia característica al aplastamiento

$$f_{h,2,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_K$$

siendo:

d = diámetro del pasador en mm; $d = 20$ mm

ρ_K = densidad media característica de la madera en kg/m^3 . En este caso se trata de madera laminada encolada homogénea GL_36h; $\rho_K = 450 kg/m^3$

$$f_{h,2,k} = 39,6 N/mm^2$$

Momento plástico característico

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

siendo:

d = diámetro del pasador en mm; $d = 20$ mm

$f_{u,k}$ resistencia característica a tracción del pasador en N/mm^2 ; en este caso,

$$f_{u,k} = 240 N/mm^2$$

$$M_{y,Rk} = 173784,278 N \cdot mm$$

Sustituyendo estos valores, la capacidad de carga de la unión es:

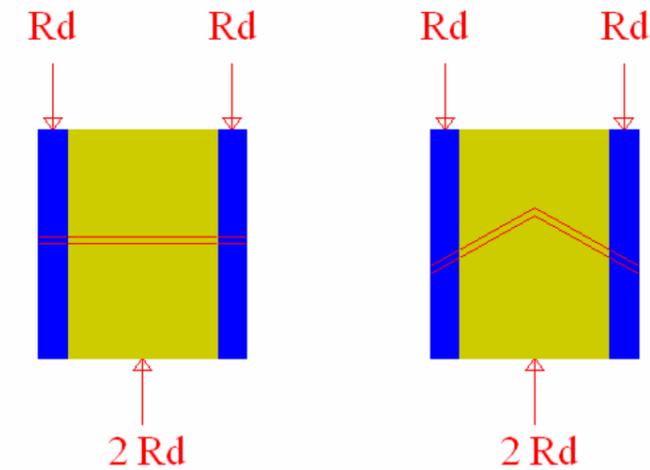
$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \end{array} \right.$$

$$0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 83160 N$$

$$1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} = 19080,101 N$$

$$F_{v,Rk} = 19080,101 N ;$$

La rotura del pasador por cortadura doble en la unión metal madera, con la pieza central de madera, se produce de la siguiente manera:



Cada pasador tiene una resistencia de:

$$\text{Resistencia por pasador} = 2 \cdot F_{v,Rk} = 38160,202 N$$

El esfuerzo cortante que deben soportar los pasadores coincide con el máximo axil del pilar, cuyo valor es:

$$N_d = 225 Kn$$

2.3. DISTRIBUCIÓN DE PASADORES

El número de pasadores necesarios para asegurar la unión es:

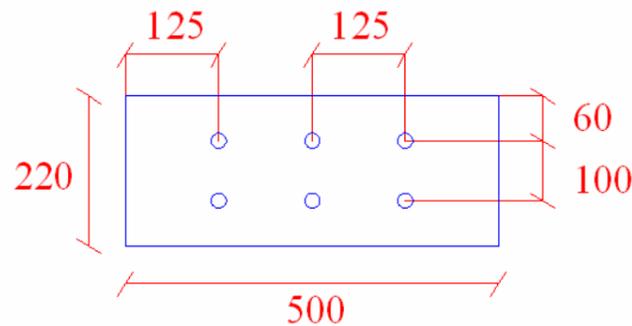
$$n = \frac{N_d}{2 \cdot F_{v,Rk}} = 5,89 \approx 6 \text{ pasadores}$$

Una vez establecido el número de pasadores necesarios se calculan las distancias mínimas para su distribución en la placa metálica.

Tabla 8.5 Separaciones y distancias mínimas para pasadores

Separaciones y distancias (véase figura 8.7)	Ángulo	Separación o distancia mínima
a_1 (paralelo a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3 + 2 \cos \alpha) \cdot d$
a_2 (perpendicular a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$
$a_{3,t}$ (testa cargada)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d; 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (testa no cargada)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max(a_{3,t} \sin \alpha \cdot d; 3d)$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$3d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max(a_{3,t} \sin \alpha \cdot d; 3d)$
$a_{4,t}$ (borde cargado)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) \cdot d; 3d]$
$a_{4,c}$ (borde no cargado)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

Distribución de los pasadores y dimensiones de la placa metálica (cotas en mm):



Comprobación de las distancias mínimas:

$$a_1 = 5 \cdot d = 100 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3 \cdot d = 60 \text{ mm} < 125 \text{ mm}$$

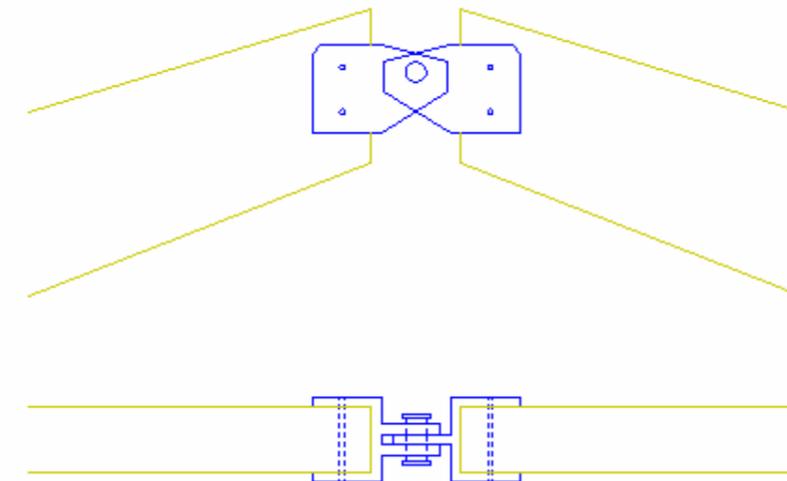
$$a_{4,c} = a_{4,t} = 60 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

La distribución de los pasadores cumple las distancias y separaciones mínimas.

3. UNIÓN METÁLICA EN LA CLAVE DEL PÓRTICO

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA UNIÓN

Para la unión en la clave del pórtico se opta por un enlace articulado metálico creando una articulación perfecta con un eje materializado por un bulón para permitir el giro libre. Es el tipo de unión articulada aconsejada para luces de 20 metros o superiores.



La unión de la articulación metálica en la clave del pórtico se realiza por medio de pasadores para conseguir un mejor aspecto estético en sustitución de los pernos, ya que en estos quedarían vistas la cabeza, tuerca y arandelas.

Para asegurar la transmisión de esfuerzos, el pasador debe quedar introducido con cierta presión, por lo que el agujero en el que se aloja en la madera debe ser 1 mm menor que su diámetro.

Los pasadores se dimensionan con un diámetro $d = 15$ mm

La placa de acero de la unión se denomina del tipo placa delgada, puesto que tiene un espesor de $t = 4$ mm:

Placa delgada: $t \leq 0,5 \cdot d = 7,5$ mm

3.2. RESISTENCIA DE LA UNIÓN

El valor característico de la capacidad de carga de las uniones entre acero y madera tipo clavija, entre las que se incluye los pasadores, se determina de la siguiente manera según la norma CTE_DB-SE_M en su apartado 8.3 .

El pasador está sometido a cortadura doble, siendo la pieza central de madera y la placa de acero de tipo placa delgada.

4 Cortadura doble:

a) pieza central de acero de cualquier espesor;

$$F_{v,Rk} = \min \left[\begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \end{array} \right]$$

b) pieza central de madera:

i) placa delgada ($t \leq 0,5 \cdot d$);

$$F_{v,Rk} = \min \left[\begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \end{array} \right]$$

ii) placa gruesa ($t \geq d$).

$$F_{v,Rk} = \min \left[\begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \end{array} \right]$$

siendo:

$F_{v,Rk}$ capacidad de carga por plano de corte y elemento de fijación

d diámetro del elemento de fijación;

t_i espesor del tablero o de la pieza o profundidad de penetración, referida a la pieza 1 o 2, véanse apartados 8.3.2 a 8.3.6;

$f_{h,i,k}$ resistencia característica al aplastamiento en la pieza i ;

$M_{y,Rk}$ momento plástico característico, véanse apartados 8.3.2 a 8.3.6.

Para el cálculo de la resistencia característica al aplastamiento y el momento plástico característico es de aplicación en los pasadores, las expresiones establecidas para los pernos.

Resistencia característica al aplastamiento

$$f_{h,2,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_K$$

siendo:

d = diámetro del pasador en mm; $d = 15$ mm

ρ_K = densidad media característica de la madera en kg/m^3 . En este caso se trata de madera laminada encolada homogénea GL_36h; $\rho_K = 450 kg/m^3$

$$f_{h,2,k} = 42,075 N/mm^2$$

Momento plástico característico

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

siendo:

d = diámetro del pasador en mm; $d = 15$ mm

$f_{u,k}$ resistencia característica a tracción del pasador en N/mm^2 ; en este caso,

$$f_{u,k} = 240 N/mm^2$$

$$M_{y,Rk} = 82256,414 N \cdot mm$$

Sustituyendo estos valores, la capacidad de carga de la unión es:

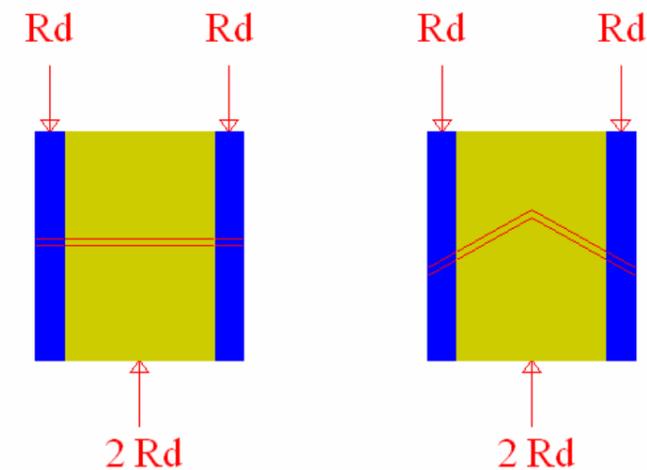
$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \end{array} \right.$$

$$0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 66268,125 N$$

$$1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} = 11718,052 N$$

$$F_{v,Rk} = 11718,052 N ;$$

La rotura del pasador por cortadura doble en la unión metal madera, con la pieza central de madera, se produce de la siguiente manera:



Cada pasador tiene una resistencia de:

$$\text{Resistencia por pasador} = 2 \cdot F_{v,Rk} = 23436,104 N$$

El esfuerzo cortante que deben soportar los pasadores coincide con el máximo cortante en la clave del pórtico del pilar, cuyo valor es:

$$V_d = 42,820 Kn$$

3.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS PASADORES

El número de pasadores necesarios para asegurar la unión es:

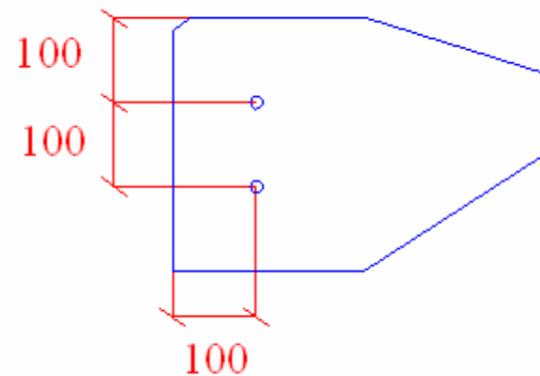
$$n = \frac{V_d}{2 \cdot F_{v,Rk}} = 1,83 \approx 2 \text{ pasadores}$$

Una vez establecido el número de pasadores necesarios se calculan las distancias mínimas para su distribución en la placa metálica.

Tabla 8.5 Separaciones y distancias mínimas para pasadores

Separaciones y distancias (véase figura 8.7)	Ángulo	Separación o distancia mínima
a_1 (paralelo a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3 + 2 \cos \alpha) \cdot d$
a_2 (perpendicular a la fibra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$
$a_{3,t}$ (testa cargada)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d; 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (testa no cargada)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max(a_{3,t} \sin \alpha \cdot d; 3d)$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$3d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max(a_{3,t} \sin \alpha \cdot d; 3d)$
$a_{4,t}$ (borde cargado)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) \cdot d; 3d]$
$a_{4,c}$ (borde no cargado)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

Distribución de los pasadores y dimensiones de la placa metálica (cotas en mm):



Comprobación de las distancias mínimas:

$$a_1 = 5 \cdot d = 75 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3 \cdot d = 45 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = a_{4,t} = 45 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

La distribución de los pasadores cumple las distancias y separaciones mínimas.

4. PLACA DE ANCLAJE EN LA ZAPATA DE CIMENTACIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA UNIÓN

La unión entre el apoyo articulado y la cimentación se realiza mediante una placa de anclaje de acero S235J0 de 12 mm de espesor, fijada mediante 6 pernos de acero de las mismas características embebidos en el hormigón de la zapata.

Los pernos se dimensionan con un diámetro de 16 mm.

4.2. RESISTENCIA DE LA UNIÓN

Los pernos de unión entre la placa de anclaje del apoyo articulado y la cimentación están sometidos a un esfuerzo cortante de valor $H_d = 125,4 \text{ kN}$.

La norma CTE_DB-AE_A establece la siguiente comprobación para los pernos a cortante:

La resistencia de cálculo a cortante por perno tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

La resistencia a cortante en la sección transversal de cada perno es:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,5 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$$

n, número de planos de corte, n=1.

f_{ub} , resistencia última del acero del perno, acero S235J0, $f_{ub} = 360 \text{ N/mm}^2$

A, área del perno, para diámetro 16 mm, $A = 201,062 \text{ mm}^2$

γ_{M2} , coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección,

y a la resistencia de los medios de unión, de valor $\gamma_{M2} = 1,25$

$$F_{v,Rd} = 28953 \text{ N}$$

Resistencia al aplastamiento de la chapa de espesor $t = 12 \text{ mm}$.

$$F_{t,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

f_u resistencia última del acero de la placa, acero S235J0, $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$

d, diámetro de los agujeros, $d = 16 \text{ mm}$

t espesor de la placa, $t = 12 \text{ mm}$

γ_{M2} , coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección,

y a la resistencia de los medios de unión, de valor $\gamma_{M2} = 1,25$

α es el menor de:

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = 1,77; \quad \frac{p_1}{3 \cdot d_0} = 3,44; \quad \frac{f_{ub}}{f_u} = 1,0; 1,0; \quad \alpha = 1,0$$

donde:

e es la distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite, de valor igual a 85 mm

p es la distancia entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d es el diámetro del agujero.

$$F_{t,Rd} = 138240 \text{ N};$$

Por lo tanto la resistencia de cálculo a cortante por perno es:

$$F_{v,Rd} = 28953 \text{ N}$$

El cortante que debe soportar es:

$$V_d = 125400 \text{ N};$$

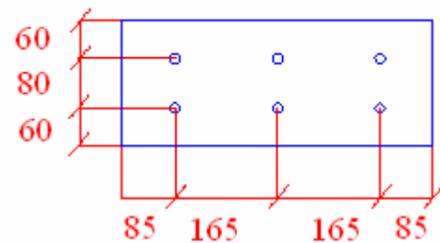
El número de pernos necesario es:

$$n = \frac{V_d}{F_{v,Rd}} = 4,33;$$

4.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS PERNOS

Por limitaciones de las distancias máximas entre pernos y entre los bordes de la placa, el número de pernos necesarios es $n = 6$, que se distribuyen de la siguiente manera:

COTAS EN mm



Distancias máximas:

Al borde de la pieza

$$e \leq \min \begin{cases} 40 + 4 \cdot t \\ 12 \cdot t \leq 150 \text{ mm} \end{cases} \quad e < 88 \text{ mm}; e = 85 \text{ mm}, \text{ cumple}$$

Entre pernos

En elementos a compresión $p < 200 \text{ mm}$ y $p < 14 \cdot t = 168$; $p = 165 \text{ mm}$, cumple.

Distancias mínimas:

En la dirección de la fuerza que se transmite

Distancia del eje del agujero al borde de la chapa; $e > 1,2 \cdot d = 19,2 < 85$, cumple

Entre ejes de agujeros; $p > 2,2 \cdot d = 35,2 < 65$, cumple

En la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite

Distancia del eje del agujero al borde de la chapa; $e > 1,5 \cdot d = 24 < 60$, cumple

Entre ejes de agujeros; $p > 3,0 \cdot d = 48 < 80$, cumple

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 8.- SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

Índice:

1. seguridad de la estructura principal
 - 1.1. resistencia al fuego
 - 1.2. minoración de acciones
 - 1.3. cálculo de la sección reducida
 - 1.3.1. profundidad eficaz de carbonización
 - 1.3.2. velocidad de carbonización nominal
 - 1.4. comprobación de e.l.u.
 - 1.4.1. simplificaciones
 - 1.4.2. resistencias de cálculo
 - 1.4.3. e.l.u. del pilar
 - 1.4.3.1. flexocompresión-pandeo
 - 1.4.3.2. flexotracción
 - 1.4.4 e.l.u del dintel
 - 1.4.4.1 flexocompresión-pandeo
 - 1.4.4.2 flexotracción
2. seguridad de la estructura secundaria
 - 2.1. resistencia al fuego
 - 2.2. minoración de acciones
 - 2.3. cálculo de la sección reducida
 - 2.3.1. profundidad eficaz de carbonización
 - 2.3.2. velocidad de carbonización nominal
 - 2.4. simplificaciones
 - 2.5. comprobación de e.l.u.
 - 2.5.1. características resistivas de la sección
 - 2.5.2. flexión esviada
 - 2.5.3. estabilidad: vuelco lateral en vigas

1. SEGURIDAD DE LA ESTRUCTRA PRINCIPAL

La estructura principal de madera se protege contra al fuego mediante un tablero de contrachapado de densidad característica $\rho_k = 450 \text{ kg/m}^3$ y de espesor igual a 25 mm en todas las caras expuestas a la posible acción del fuego.

1.1. RESISTENCIA AL FUEGO

La normativa CTE_DB-SE_S1 establece que un elemento tiene suficiente resistencia al fuego si, durante la duración del incendio, el valor de cálculo del efecto de las acciones, en todo instante t , no supera el valor de la resistencia en dicho momento.

Basta con hacer la comprobación en el instante de mayor temperatura que, con el modelo de curva normalizada tiempo-temperatura, se produce al final del mismo.

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal, incluidos forjados, vigas y soportes, es suficiente si alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura.

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		<15 m	<28 m	≥28 m
		Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

⁽¹⁾ La resistencia al fuego suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del sector de incendio situado bajo dicho suelo.

⁽²⁾ En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

⁽³⁾ R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

⁽⁴⁾ R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

El caso del presente proyecto se corresponde con un edificio de pública concurrencia y de altura de evacuación inferior a 15 metros sobre la rasante por lo que la resistencia al fuego necesaria es R 90.

Esto quiere decir que la estructura tiene que soportar la acción producida por el calor durante 90 minutos, esta acción se corresponde, según la curva normalizada tiempo-temperatura, con una temperatura de 1000 ° C.

La curva normalizada tiempo-temperatura supone, aproximadamente, las siguientes temperaturas:

Tiempo t , en minutos	15	30	45	60	90	120	180	240
Temperatura en el sector Θ_g , en °C	740	840	900	950	1000	1050	1100	1150

1.2. MINORACIÓN DE ACCIONES

Las acciones que actúan sobre la estructura en una situación de incendio se obtienen a partir de las calculadas para la combinación de cálculo más desfavorable multiplicada por un coeficiente de reducción.

$$E_{f,d} = \eta_{fi} \cdot E_d$$

siendo el coeficiente de reducción:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}$$

dónde el subíndice 1, es la acción variable dominante considerada en la situación persistente, el resto de coeficientes se obtienen de las tablas correspondientes del CTE_DB-SE_AE:

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

por lo que, siendo la combinación 1, la más desfavorable, en la que la acción variable principal es la sobrecarga de uso:

$$\eta_{fi} = \frac{4,510 + 0 \cdot 5,747}{1,35 \cdot 4,510 + 1,5 \cdot 5,747} = 0,307$$

Los esfuerzos sobre la estructura principal correspondientes a la combinación 1, aplicando el coeficiente de minoración son:

	Axil max. kN	Axil min. kN	Cortante max. kN	Cortante min. kN	Flector max kN·m	Flector min kN·m
Pilar 1	10,82	-69,13	37,77	-14,25	51,32	-211,95
Pilar 2	10,33	-69,08	6,98	-39,0	193,19	-24,96
Dintel 1	9,24	-55,37	13,15	-53,1	51,32	-211,95
Dintel 2	7,74	-56,53	10,24	-52,69	24,96	-193,19

1.3. CÁLCULO DE LA SECCIÓN REDUCIDA

Para la comprobación de las estructuras de madera en caso de incendio el código técnico de la edificación establece la aplicación del método de la sección reducida.

La comprobación de la capacidad portante de un elemento estructural se realiza por los métodos establecidos en DB_SE-M, considerando:

a) Una sección reducida de madera, obtenida eliminando de la sección inicial la profundidad eficaz de carbonización en las caras expuestas, alcanzada durante el periodo de tiempo considerado.

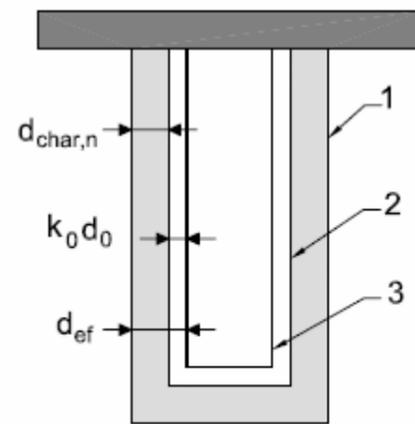
b) La resistencia de cálculo y los parámetros de cálculo de la rigidez se consideran constantes durante el incendio, conservando sus valores iniciales.

c) el factor de modificación K_{mod} , en situación de incendio se toma igual a la unidad.

Se consideran las siguientes hipótesis implícitas:

- Se analizan, a estos efectos, solamente los elementos estructurales individualmente en lugar de la estructura global.
- Las condiciones de contorno y apoyo, para el elemento estructural, se corresponden con las adoptadas para temperatura normal.
- No es necesario considerar las dilataciones térmicas en los elementos de madera.

Cálculo de la sección reducida:



- 1 Superficie inicial del elemento
- 2 Límite de la sección residual
- 3 Límite de la sección eficaz

1.3.1. PROFUNDIDAD EFICAZ DE CARBONIZACIÓN

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

siendo:

d_{ef} la profundidad eficaz de carbonización.

$d_{char,n}$ profundidad carbonizada nominal de cálculo

k_0 de valor igual a 7 mm

d_0 parámetro función del tiempo de carbonización, en el caso concreto $d_0 = 1$ mm

Profundidad carbonizada

Se considerará que se produce carbonización en todas las superficies de madera o de productos derivados de la madera expuestos al fuego y, en el caso de elementos protegidos, cuando ésta se inicie durante el tiempo de exposición al fuego especificado.

La profundidad carbonizada nominal de cálculo en una dirección, entendida como la distancia entre la superficie exterior de la sección inicial y la línea que define el frente de carbonización para un tiempo de exposición al fuego determinado, que incluye el efecto del redondeo de las aristas, se determina según la expresión siguiente:

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t ;$$

dónde:

β_n es la velocidad de carbonización nominal.

t es el tiempo de exposición al fuego.

1.3.2. VELOCIDAD DE CARBONIZACIÓN NOMINAL

Para elementos de madera protegidos, la velocidad de carbonización nominal varía en el tiempo, se considera el siguiente caso:

El inicio de la carbonización del elemento se produce por el fallo de la protección, se consideran las siguientes fases. El inicio de la carbonización se retrasa hasta el momento en que se produce el fallo de la protección, t_f . A partir de este momento debe considerarse una velocidad de carbonización nominal igual al doble de la establecida en la tabla E.1 para madera sin protección, hasta que se alcance una profundidad carbonizada nominal de cálculo igual al menor de los dos valores siguientes: 25mm o la profundidad carbonizada nominal de cálculo de una superficie no protegida. En la fase posterior a dicho instante, se considerará como velocidad de carbonización nominal la correspondiente a la madera sin protección.

En el caso de revestimientos de protección consistentes en una o varias capas de tableros derivados de la madera o tableros de madera maciza, el tiempo de inicio de carbonización t_{ch} del elemento protegido puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0}$$

siendo:

h_p el espesor del tablero, en este caso $h_p = 25$ mm

β_0 velocidad de carbonización básica de cálculo

Tabla E.3. Velocidad de carbonización básica de cálculo, β_0 , de tableros de protección

Tableros ⁽¹⁾	β_0 (mm/min)
Tableros de madera	0,90
Tableros contrachapados	1,00
Tableros derivados de la madera diferentes al tablero contrachapado	0,90

⁽¹⁾ Los valores se aplican para densidad característica de 450 kg/m³ y para un espesor del tablero de 20 mm. Para valores diferentes de la densidad característica ρ_k y del espesor h_p del tablero, la velocidad de carbonización básica de cálculo se determina mediante la siguiente expresión:

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_0 \cdot k_\rho \cdot k_t$$

siendo:

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \quad \text{y} \quad k_t = \max \left\{ \sqrt{\frac{20}{h_p}}, 1,0 \right\}$$

donde:

ρ_k densidad característica en kg/m³
 h_p espesor del tablero en mm

la densidad característica del tablero es $\rho_k = 450$ kg/m³

y el espesor $h_p = 25$ mm;

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_0 \cdot k_\rho \cdot k_t$$

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = 1; \quad k_t = \max \left\{ \sqrt{\frac{20}{h_p}}, 1,0 \right\} = 1,0; \quad \beta_0 = 1,0 \text{ mm/min};$$

$$\beta_{0,\rho,t} = 1 \text{ mm/min};$$

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0} = \frac{25}{1} = 25 \text{ min}$$

El inicio de la carbonización del elemento estructural se produce cuando falla la protección del tablero contrachapado, ésta se produce a los 25 minutos, a partir de ese momento se considera una velocidad de propagación nominal igual al doble que la establecida para elementos de madera sin proteger, esta es:

Tabla E.1. Velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , de maderas sin protección

	β_n (mm/min)
Coníferas y haya	
Madera laminada encolada con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
Madera maciza con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
Frondosas	
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica de 290 kg/m^3 ⁽¹⁾	0,70
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55
Madera microlaminada	
Con una densidad característica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,70

⁽¹⁾ Para densidad característica comprendida entre 290 y 450 kg/m^3 , se interpolará linealmente

Para el caso de madera laminada encolada homogénea de conífera con densidad característica de 450 kg/m^3 , la velocidad nominal de carbonización es de $0,70 \text{ mm/min}$, por lo que la velocidad considerada es de el doble, $1,4 \text{ mm/min}$.

Esta velocidad es considerada hasta que se alcanza una profundidad carbonizada nominal igual al menor de los siguientes valores:

25 mm o la profundidad carbonizada nominal de cálculo de una superficie no protegida, siendo esta igual a:

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0,7 \cdot 90 = 63 \text{ mm};$$

Se establece que durante los 90 minutos que debe soportar la estructura la carga de las acciones que recibe en la situación de incendio, en los primeros 25 minutos está protegida por el tablero de contrachapado, después se produce una reducción de sección a una velocidad de $1,4 \text{ mm/min}$ hasta que se alcanzan los 25 mm de profundidad, entonces sigue disminuyendo la sección a una velocidad de $0,7 \text{ mm/min}$ hasta el instante $t = 90 \text{ min}$, que es el momento más desfavorable y el correspondiente a la sección que hay que comprobar.

Después de los primeros 25 minutos el elemento de sección empieza a ser atacado durante un tiempo igual a:

$$t = \frac{d_{char}}{\beta_0} = \frac{25}{1,4} = 17,85 \text{ min}$$

El tiempo restante en el que la sección se reduce a velocidad igual a $0,7 \text{ mm/min}$ es:

$$t = 90 - 25 - 17,85 = 47,15 \text{ min}$$

Por lo tanto, la profundidad carbonizada nominal de cálculo durante los 90 minutos es:

$$d_{char,n} = 1,4 \cdot 17,85 + 0,7 \cdot 47,15 = 58 \text{ mm}$$

Finalmente, la profundidad eficaz de carbonización es:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 58 + 7 \cdot 1 = 65 \text{ mm};$$

La sección reducida de madera para el instante $t = 90$ minutos, en situación de incendio tiene las siguientes dimensiones:

$$b = b_0 - d_{ef} = 210 - 65 = 145 \text{ mm}$$

$$h_i = h_{i,0} - 2 \cdot d_{ef} = 500 - 2 \cdot 65 = 370 \text{ mm}$$

$$h_f = h_{f,0} - 2 \cdot d_{ef} = 1176 - 2 \cdot 65 = 1046 \text{ mm}$$

1.4. COMPROBACIÓN DE E.L.U. EN SITUACIÓN DE INCENDIO

1.4.1 SIMPLIFICACIONES

La norma establece las siguientes simplificaciones:

Puede despreciarse la compresión perpendicular a la fibra.

En secciones rectangulares y circulares macizas puede despreciarse el cortante.

1.4.2. RESISTENCIAS DE CÁLCULO

Las resistencias de cálculo correspondientes a la madera laminada encolada homogénea GL_36h, en situación de incendio son:

$$X_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M};$$

Con $k_{\text{mod}} = 1$, según se establece en la norma en situación de incendio,

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ_M .

Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	
	1,0

$\gamma_M = 1,25$ para madera laminada encolada

$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$
36	26	0,6	31	3,6	4,3
$f_{m,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{t,90,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{c,90,d}$	$f_{v,d}$
28,8	20,8	0,48	24,8	2,88	3,44

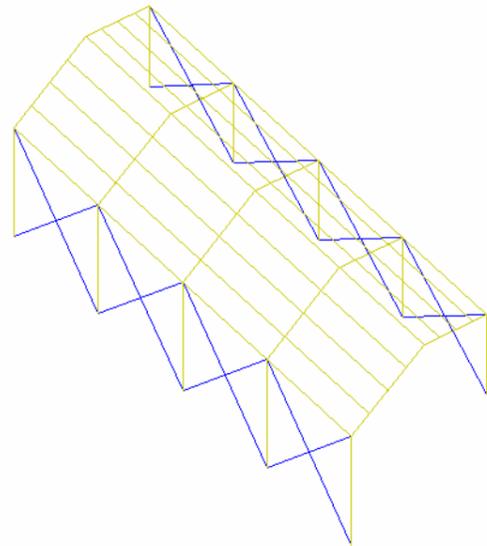
Todos los valores anteriores se dan en N/mm^2

1.4.3. COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS DEL PILAR

1.4.3.1. Comprobación a flexocompresión más pandeo

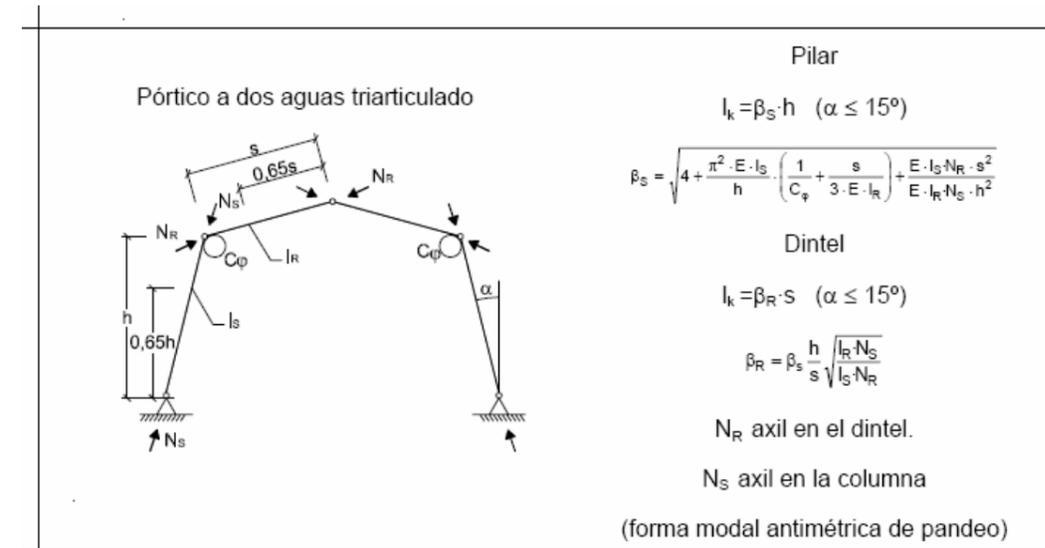
Los esfuerzos más desfavorables de axil y flector son:

$$N_d = 69,13kN \quad ; \quad M_{y,d} = 211,95kN \cdot m$$



La determinación de las longitudes eficaces de pandeo, en el plano perpendicular al pórtico depende del arriostramiento que se coloque. En la figura siguiente se muestra la opción considerada con una longitud de pandeo igual a la altura del pilar.

El anejo G del CTE_DB-SE_M, permite la determinación de la longitud de pandeo en el plano del pórtico mediante la siguiente tabla.



Aplicando estas expresiones se obtiene la longitud de pandeo:

$$h_R = h_i + 0,65 \cdot (h_f - h_i) = 809,4mm$$

$$h_S = h_i + 0,65 \cdot (h_f - h_i) = 809,4mm$$

$$I_R = I_S = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h_R^3 = 6363130735,01mm^4$$

$$\text{Axil en el dintel} \quad N_R = 55,37kN$$

$$\text{Axil en el pilar} \quad N_S = 69,13kN$$

$$C_\varphi = \infty; \quad f = 9m; \quad h_p = 6m; \quad Luz = 20m; \quad s = \sqrt{(f - h_p)^2 + \left(\frac{Luz}{2} \right)^2} = 10,44m$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

$$\beta_S = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E_{0,k} \cdot I_S}{h_p} \cdot \left(\frac{1}{C\varphi} + \frac{s}{3 \cdot E_{0,k} \cdot I_R} \right) + \frac{E_{0,k} \cdot I_S \cdot N_R \cdot s^2}{E_{0,k} \cdot I_R \cdot N_S \cdot h_p^2}} = 3,486$$

siendo $E_{0,k} = 11900 \text{ N/mm}^2$

La longitud de pandeo en el plano del pórtico es:

$$l_k = \beta_S \cdot h_p = 20913,57 \text{ mm}$$

Cálculo de los índices de pandeo:

Longitudes eficaces en los planos y,z

$$l_{ef_py} = l_{k,pilar} = 20913,57 \text{ mm}$$

$$l_{ef_pz} = h_p = 6000 \text{ mm}$$

$$b_{pilar} = 144 \text{ mm}$$

$$h_{pilar} = h_s = 809,4 \text{ mm}$$

Cálculo de las esbelteces:

$$i_y = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot b_{pilar} \cdot h_{pilar}^3}{b_{pilar} \cdot h_{pilar}}} = 233,654 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot b_{pilar}^3 \cdot h_{pilar}}{b_{pilar} \cdot h_{pilar}}} = 41,569 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef_py}}{i_y} = 89,507; \text{ la esbeltez relativa es: } \lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}} = 1,454$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef_pz}}{i_z} = 144,333; \text{ la esbeltez relativa es: } \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}} = 2,345$$

Cálculo de coeficientes de reducción de pandeo:

$$k_y = 0,5 \cdot \left[1 + \beta_C \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 1,615$$

donde:

β_C es un factor asociado a la rectitud de las piezas al que corresponden los siguientes valores:

$\beta_C = 0,2$ para madera maciza.

$\beta_C = 0,1$ para madera laminada encolada.

$$\chi_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,431$$

de manera análoga se obtienen los coeficientes en el plano xz:

$$k_z = 0,5 \cdot \left[1 + \beta_C \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 3,351$$

$$\chi_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,174$$

Cálculo de las capacidades resistentes de la sección:

$$W_{y,pilar} = \frac{b_{pilar} \cdot h_{pilar}^2}{6} = 15723080,64 \text{ mm}^3$$

$$S_{pilar} = b_{pilar} \cdot h_{pilar} = 116553,6 \text{ mm}^2$$

Resistencias de cálculo:

$$f_{m,d} = 28,8 \text{ N/mm}^2; \quad f_{c,0,d} = 24,8 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzos máximos:

$$N_d = 69,13 \text{ kN}; \quad M_{y,d} = 211,95 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Comprobación a flexocompresión más pandeo:

$$Ec.1 = \left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1; \quad Ec.2 = \left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \right| + \left| k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1$$

siendo $k_m = 0,7$ para madera laminada encolada.

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{S} = 0,593 \text{ N/mm}^2; \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = 13,480 \text{ N/mm}^2;$$

$$Ec.1 = 0,523 \text{ CUMPLE} \quad Ec.2 = 0,465 \text{ CUMPLE}$$

1.4.3.2. Comprobación a flexotracción

La norma CTE_DB-SE_M establece la siguiente comprobación:

6.2.2 Flexión y tracción axial combinadas

1 Deben cumplirse las condiciones siguientes:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

siendo:

- $\sigma_{t,0,d}$ tensión de cálculo a tracción paralela;
- $f_{t,0,d}$ resistencia de cálculo a tracción paralela;
- $\sigma_{m,y,d}$ tensión de cálculo a flexión respecto al eje y;
- $f_{m,y,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje y;
- $\sigma_{m,z,d}$ tensión de cálculo a flexión respecto al eje z;
- $f_{m,z,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje z;
- k_m factor definido en la ecuación 6.16a y 6.16b del apartado 6.1.7.

Como solo existe momento en y, las dos fórmulas quedan reducidas a una.

Para el cálculo se emplea la sección de canto máximo, debido a que es dónde aparecen las sollicitaciones máximas, estos valores son:

$$N_d = 10,82 \text{ kN}$$

$$M_{y,d} = 211,95 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Los valores resistentes de la sección para el canto máximo, hf = 1046 mm, son:

$$S = b \cdot hf = 150624 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = 26258784 \text{ mm}^3$$

Las tensiones soportadas por la sección son:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{S} = 0,070 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = 8,072 \text{ N/mm}^2$$

Las resistencias de cálculo para la madera laminada encolada GL_36h son:

$$f_{t,0,d} = 20,8 \text{ N/mm}^2 ; f_{m,d} = 28,8 \text{ N/mm}^2 ;$$

Comprobación:

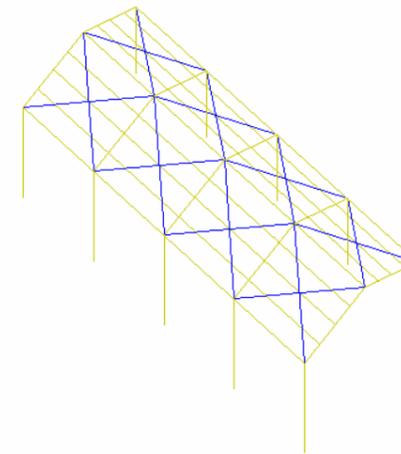
$$\left| \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| = 0,284 < 1 \text{ CUMPLE}$$

1.4.4. COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS DEL DINTEL

1.4.4.1. Comprobación a flexocompresión más pandeo

Los esfuerzos más desfavorables de axil y flector son:

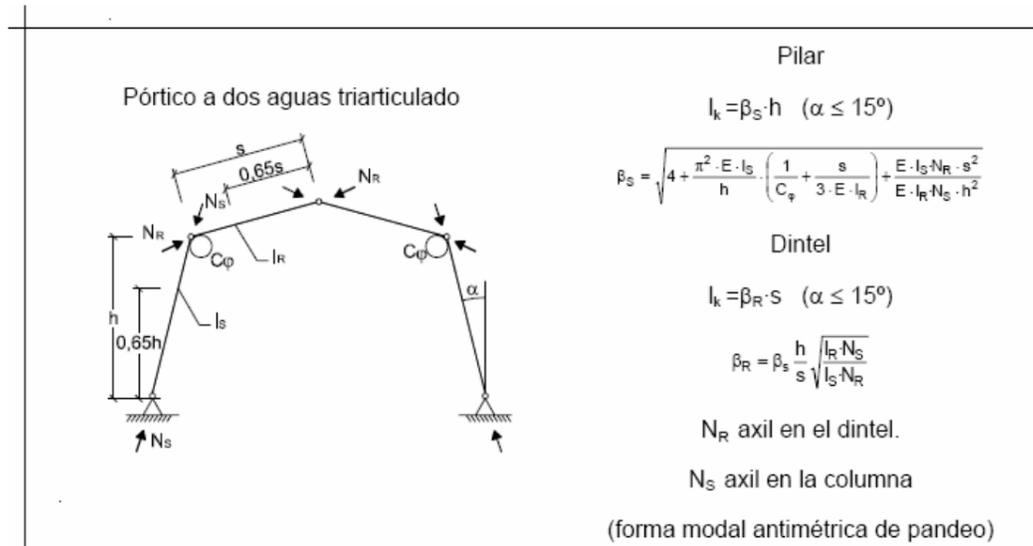
$$N_d = 55,37 \text{ kN} ; M_{y,d} = 211,95 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



La determinación de las longitudes eficaces de pandeo, en el plano perpendicular al pórtico depende del arriostramiento que se coloque. En la figura siguiente se muestra la opción considerada con una longitud de pandeo igual a la longitud del dintel. Debe además indicarse que la presencia de las correas entre los pórticos colabora a rigidizar el conjunto, aunque se va a despreciar quedando del lado de la seguridad.



El anejo G del CTE_DB-SE_M, permite la determinación de la longitud de pandeo en el plano del pórtico mediante la siguiente tabla.



Aplicando estas expresiones se obtiene la longitud de pandeo:

$$h_R = h_i + 0,65 \cdot (h_f - h_i) = 809,4mm$$

$$h_S = h_i + 0,65 \cdot (h_f - h_i) = 809,4mm$$

$$I_R = I_S = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h_R^3 = 6363130735,01mm^4$$

Axil en el dintel $N_R = 55,37kN$

Axil en el pilar $N_S = 69,13kN$

$$C\varphi = \infty; \quad f = 9m; \quad h_p = 6m; \quad Luz = 20m; \quad s = \sqrt{(f - h_p)^2 + \left(\frac{Luz}{2}\right)^2} = 10,44m$$

$$\beta_S = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot E_{0,k} \cdot I_S}{h_p} \cdot \left(\frac{1}{C\varphi} + \frac{s}{3 \cdot E_{0,k} \cdot I_R} \right) + \frac{E_{0,k} \cdot I_S \cdot N_R \cdot s^2}{E_{0,k} \cdot I_R \cdot N_S \cdot h_p^2}} = 3,486$$

siendo $E_{0,k} = 11900 N/mm^2$

$$\beta_R = \beta_S \cdot \frac{h_p}{s} \cdot \sqrt{\frac{I_R \cdot N_S}{I_S \cdot N_R}} = 2,239$$

La longitud de pandeo en el plano del pórtico es:

$$l_K = \beta_R \cdot s = 23,370m$$

Cálculo de los índices de pandeo:

Longitudes eficaces en los planos y,z

$$l_{ef_py} = l_K = 23,370m$$

$$l_{ef_pz} = s = 10,440m$$

$$b_{dintel} = b = 145mm$$

$$h_{dintel} = h_R = 809,4mm$$

Cálculo de las esbelteces:

$$i_y = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot b_{dintel} \cdot h_{dintel}^3}{b_{dintel} \cdot h_{dintel}}} = 233,654mm$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

$$i_z = \sqrt{\frac{1}{12} \cdot b_{d\text{intel}}^3 \cdot h_{d\text{intel}}} = 41,858\text{mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef-py}}{i_y} = 100,020; \text{ la esbeltez relativa es: } \lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}} = 1,625$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef-pz}}{i_z} = 249,415; \text{ la esbeltez relativa es: } \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}} = 4,052$$

Cálculo de coeficientes de reducción de pandeo:

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_C \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,887$$

donde:

β_C es un factor asociado a la rectitud de las piezas al que corresponden los siguientes valores:

$\beta_C = 0,2$ para madera maciza.

$\beta_C = 0,1$ para madera laminada encolada.

$$\chi_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,351$$

de manera análoga se obtienen los coeficientes en el plano xz:

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_C \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 8,897$$

$$\chi_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,060$$

Cálculo de las capacidades resistentes de la sección:

$$W_{yd\text{intel}} = \frac{b_{d\text{intel}} \cdot h_{d\text{intel}}^2}{6} = 15832268,7\text{mm}^3$$

$$S_{d\text{intel}} = b_{d\text{intel}} \cdot h_{d\text{intel}} = 117363\text{mm}^2$$

Resistencias de cálculo:

$$f_{m,d} = 28,8\text{N/mm}^2; \quad f_{c,0,d} = 24,8\text{N/mm}^2$$

Esfuerzos máximos:

$$N_d = 55,37\text{kN}; \quad M_{y,d} = 211,95\text{kN}\cdot\text{m}$$

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Comprobación a flexocompresión más pandeo:

$$Ec.1 = \left| \frac{\sigma_{c,o,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1 ; \quad Ec.2 = \left| \frac{\sigma_{c,o,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \right| + \left| k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| \leq 1$$

siendo $k_m = 0,7$ para madera laminada encolada.

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{N_d}{S} = 0,472 \text{ N/mm}^2 ; \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = 13,387 \text{ N/mm}^2 ;$$

$$Ec.1 = 0,519 \text{ CUMPLE} \quad Ec.2 = 0,643 \text{ CUMPLE}$$

1.4.4.2. Comprobación a flexotracción

La norma CTE_DB-SE_M establece la siguiente comprobación:

6.2.2 Flexión y tracción axial combinadas

1 Deben cumplirse las condiciones siguientes:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

siendo:

- $\sigma_{t,0,d}$ tensión de cálculo a tracción paralela;
- $f_{t,0,d}$ resistencia de cálculo a tracción paralela;
- $\sigma_{m,y,d}$ tensión de cálculo a flexión respecto al eje y;
- $f_{m,y,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje y;
- $\sigma_{m,z,d}$ tensión de cálculo a flexión respecto al eje z;
- $f_{m,z,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje z;
- k_m factor definido en la ecuación 6.16a y 6.16b del apartado 6.1.7.

Como solo existe momento en y, las dos fórmulas quedan reducidas a una.

Para el cálculo se emplea la sección de canto máximo, debido a que es dónde aparecen las solicitaciones máximas, estos valores son:

$$N_d = 9,24 \text{ kN}$$

$$M_{y,d} = 211,95 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Los valores resistentes de la sección para el canto máximo, hf = 1046 mm, son:

$$S = b \cdot hf = 150624 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = 26258784 \text{ mm}^3$$

Las tensiones soportadas por la sección son:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{S} = 0,063 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = 8,072 \text{ N/mm}^2$$

Las resistencias de cálculo para la madera laminada encolada GL_36h son:

$$f_{t,0,d} = 20,8 \text{ N/mm}^2 ; \quad f_{m,d} = 28,8 \text{ N/mm}^2 ;$$

Comprobación:

$$\left| \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \right| = 0,283 < 1 \text{ CUMPLE}$$

2. SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA SECUNDARIA

2.1. RESISTENCIA AL FUEGO

Las estructuras de cubiertas ligeras no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes y cuya altura respecto de la rasante exterior no exceda de 28 m, así como los elementos que únicamente sustenten dichas cubiertas, podrán ser R 30 cuando su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometer la estabilidad de otras plantas inferiores o la compartimentación de los sectores de incendio. A tales efectos, puede entenderse como ligera aquella cubierta cuya carga permanente no exceda de 1 kN/m.

En el caso del presente proyecto la carga permanente de la cubierta es igual a $G1 = 0,816$ kN/m, por lo que la estructura secundaria formada por las correas de madera laminada GL_28h encargada de soportar la cubierta debe tener una clase de resistencia al fuego R30.

La normativa CTE_DB-SE-SI establece que un elemento tiene suficiente resistencia al fuego si, durante la duración del incendio, el valor de cálculo del efecto de las acciones, en todo instante t , no supera el valor de la resistencia en dicho momento.

Basta con hacer la comprobación en el instante de mayor temperatura que, con el modelo de curva normalizada tiempo-temperatura, se produce al final del mismo.

Esto quiere decir que la estructura secundaria tiene que soportar la acción producida por el calor durante 30 minutos, esta acción se corresponde, según la curva normalizada tiempo-temperatura, con una temperatura de 840 °C.

La curva normalizada tiempo-temperatura supone, aproximadamente, las siguientes temperaturas:

Tiempo t , en minutos	15	30	45	60	90	120	180	240
Temperatura en el sector Θ_g , en °C	740	840	900	950	1000	1050	1100	1150

2.2. MINORACIÓN DE ACCIONES

Las acciones que actúan sobre la estructura en una situación de incendio se obtienen a partir de las calculadas para la combinación de cálculo más desfavorable multiplicada por un coeficiente de reducción.

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d$$

siendo el coeficiente de reducción:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}$$

dónde el subíndice 1, es la acción variable dominante considerada en la situación persistente, el resto de coeficientes se obtienen de las tablas correspondientes del CTE_DB-SE-AE:

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

por lo que, siendo la combinación 1, la más desfavorable, en la que la acción variable principal es la sobrecarga de uso:

$$\eta_{fi} = \frac{0,816 + 0 \cdot 1,245}{1,35 \cdot 0,816 + 1,5 \cdot 1,245} = 0,275$$

Los esfuerzos sobre la estructura secundaria correspondientes a la combinación 1, aplicando el coeficiente de minoración son:

	My (kN·m)	Mz (kN·m)	Vz kN	Vy kN
Comb.1 min	5,204	1,454	3,70	0,970

2.3. CÁLCULO DE LA SECCIÓN REDUCIDA

Para la comprobación de las estructuras de madera en caso de incendio el código técnico de la edificación establece la aplicación del método de la sección reducida.

La comprobación de la capacidad portante de un elemento estructural se realiza por los métodos establecidos en DB_SE-M, considerando:

a) Una sección reducida de madera, obtenida eliminando de la sección inicial la profundidad eficaz de carbonización en las caras expuestas, alcanzada durante el periodo de tiempo considerado.

b) La resistencia de cálculo y los parámetros de cálculo de la rigidez se consideran constantes durante el incendio, conservando sus valores iniciales.

c) el factor de modificación K_{mod} , en situación de incendio se toma igual a la unidad.

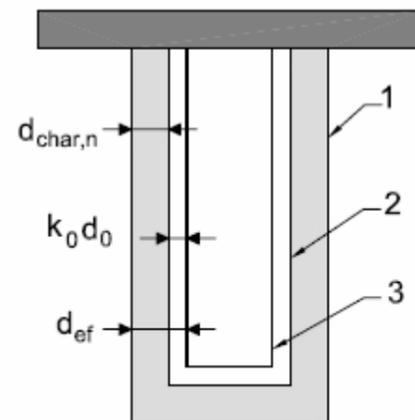
Se consideran las siguientes hipótesis implícitas:

- Se analizan, a estos efectos, solamente los elementos estructurales individualmente en lugar de la estructura global.

- Las condiciones de contorno y apoyo, para el elemento estructural, se corresponden con las adoptadas para temperatura normal.

- No es necesario considerar las dilataciones térmicas en los elementos de madera.

Cálculo de la sección reducida



- 1 Superficie inicial del elemento
- 2 Límite de la sección residual
- 3 Límite de la sección eficaz

2.3.1. CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD EFICAZ DE CARBONIZACIÓN

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

siendo:

d_{ef} la profundidad eficaz de carbonización.

$d_{char,n}$ profundidad carbonizada nominal de cálculo

k_0 de valor igual a 7 mm

d_0 parámetro función del tiempo de carbonización, en el caso concreto $d_0 = 1$ mm

Profundidad carbonizada

Se considerará que se produce carbonización en todas las superficies de madera o de productos derivados de la madera expuestos al fuego y, en el caso de elementos protegidos, cuando ésta se inicie durante el tiempo de exposición al fuego especificado.

La profundidad carbonizada nominal de cálculo en una dirección, entendida como la distancia entre la superficie exterior de la sección inicial y la línea que define el frente de carbonización para un tiempo de exposición al fuego determinado, que incluye el efecto del redondeo de las aristas, se determina según la expresión siguiente:

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t ;$$

dónde:

β_n es la velocidad de carbonización nominal.

t es el tiempo de exposición al fuego, en este caso $t = 30$ min.

2.3.2. VELOCIDAD DE CARBONIZACIÓN NOMINAL

Para maderas sin protección, la velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , se considerará constante durante todo el tiempo de exposición al fuego y su valor se determinará de acuerdo con la tabla E.1.

Tabla E.1. Velocidad de carbonización nominal de cálculo, β_n , de maderas sin protección

	β_n (mm/min)
Coníferas y haya	
Madera laminada encolada con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
Madera maciza con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
Frdosas	
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica de 290 kg/m^3 ⁽¹⁾	0,70
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55
Madera microlaminada	
Con una densidad característica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,70

⁽¹⁾ Para densidad característica comprendida entre 290 y 450 kg/m^3 , se interpolará linealmente

Para el caso de madera laminada encolada homogénea de conífera con densidad característica de 450 kg/m^3 , la velocidad nominal de carbonización es de 0,70 mm/min.

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0,7 \cdot 30 = 21 \text{ mm};$$

Finalmente, la profundidad eficaz de carbonización es:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 21 + 7 \cdot 1 = 28 \text{ mm}$$

La sección reducida de madera e las correas para el instante $t = 30$ minutos, en situación de incendio tiene las siguientes dimensiones:

$$b = b_0 - 2 \cdot d_{ef} = 135 - 2 \cdot 28 = 79 \text{ mm}$$

$$h = h_0 - 2 \cdot d_{ef} = 300 - 2 \cdot 28 = 244 \text{ mm}$$

2.4. SIMPLIFICACIONES

La norma establece las siguientes simplificaciones:

Puede despreciarse la compresión perpendicular a la fibra.

En secciones rectangulares y circulares macizas puede despreciarse el cortante.

Las resistencias de cálculo correspondientes a la madera laminada encolada homogénea GL_28h, en situación de incendio son:

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M};$$

Con $k_{mod} = 1$, según se establece en la norma en situación de incendio,

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ_M .

Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	
	1,0

$\gamma_M = 1,25$ para madera laminada encolada

$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$
28	19,5	0,45	26,5	3,0	3,2
$f_{m,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{t,90,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{c,90,d}$	$f_{v,d}$
22,4	15,6	0,36	21,2	2,4	2,56

Todos los valores anteriores se dan en N/mm^2

2.5. COMPROBACIÓN DE LOS E.L.U. EN SITUACIÓN DE INCENDIO

2.5.1. CARACTERÍSTICAS RESISTIVAS DE LA SECCIÓN

Sección

$$S = b \cdot h = 135 \cdot 300 = 19276 \text{ mm}^2$$

Módulo de inercia

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = 783890,7 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{b^2 \cdot h}{6} = 253800,7 \text{ mm}^3$$

Momento de inercia

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = 95634661,3 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{b^3 \cdot h}{12} = 10025126,3 \text{ mm}^4$$

2.5.2. COMPROBACIÓN A FLEXIÓN ESVIADA

Deben cumplirse las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ec.1} = \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right| + k_m \cdot \left| \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right| \leq 1; \quad \text{Ec.2} = k_m \cdot \left| \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right| \leq 1$$

siendo:

$\sigma_{m,y,d}$ tensión de cálculo a flemón respecto al eje principal y

$f_{m,y,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje principal y

$\sigma_{m,z,d}$ tensión de cálculo a flexión respecto al eje principal z

$f_{m,z,d}$ resistencia de cálculo a flexión respecto al eje principal z

k_m factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal y adopta los valores siguientes:

$k_m = 0,7$ para secciones rectangulares de madera maciza, madera laminada encolada y madera microlaminada;

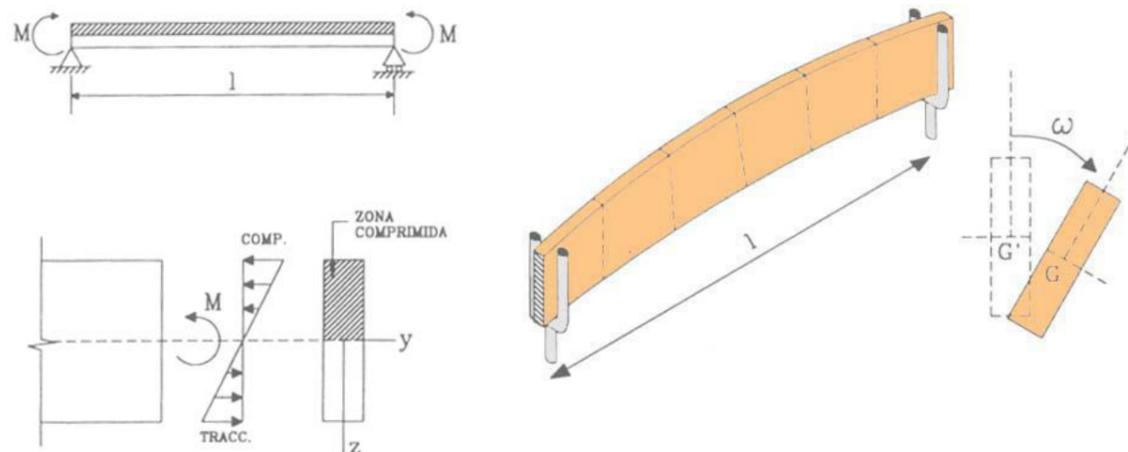
No se considera la mayoración de las resistencias de cálculo por efecto del factor de altura, quedando del lado de la seguridad.

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z}; \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y}; \quad f_{m,z,d} = f_{m,y,d} = 22,4 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba la flexión esviada para la combinación minorada en situación de incendio:

Combinación	$\sigma_{m,y,d}$ N/mm^2	$\sigma_{m,z,d}$ N/mm^2	Ec.1	Ec.2	Comprobación
Comb. 1	6,639	5,729	0,475	0,463	CUMPLE

2.5.3. ESTABILIDAD: VUELCO LATERAL EN VIGAS



Deben cumplirse las siguientes ecuaciones:

$$\frac{1}{k_{crit}} \cdot \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) \leq 1; \quad \frac{1}{k_{crit}} \cdot \left(k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) \leq 1;$$

La comprobación a vuelco lateral no será necesaria en vigas con esbeltez relativa a flexión $\lambda_{rel,m} \leq 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$ y sería la misma comprobación ya realizada en flexión esviada.

La esbeltez relativa de una viga a flexión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}; \quad \text{siendo:}$$

$f_{m,k}$ resistencia característica a flexión

$\sigma_{m,crit}$ tensión crítica a flexión calculada de acuerdo con la teoría de la estabilidad elástica, utilizando los valores característicos de los módulos de elasticidad, que en piezas de directriz recta y sección constante puede obtenerse a partir de la expresión siguiente:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{\beta_v \cdot l_{ef} \cdot W_y}$$

siendo:

$E_{0,05}$ módulo de elasticidad longitudinal característico $E_{0,05} = 10200 \text{ N/mm}^2$

$G_{0,05}$ módulo de elasticidad transversal característico $G_{0,05} = 780 \text{ N/mm}^2$

β_v coeficiente que define la longitud eficaz a vuelco lateral. Depende de las condiciones de apoyo y de la ley de cargas $\beta_v = 0,95$



VIGA-CARGA	LEY DE MOMENTOS	β_y
		1,00
		0,57
		0,43
		0,95
		$0,8/\alpha$ $\alpha = 1,35 - 1,4a(1-a)/l^2$
		0,96
		0,40
		0,25
		0,59
		0,39
		2,00
		1,20
		1,70

T : SECCION CON DESPLAZAMIENTO LATERAL DEL BORDE COMPRIMIDO IMPEDIDO

I_z momento de inercia respecto al eje débil

I_{tor} módulo de torsión $I_{tor} = \beta \cdot h \cdot b^3 = 28607700,5 mm^4$ para $\beta = f(h/b) = 0,2378$

l_{ef} longitud eficaz de vuelco lateral de la viga $l_{ef} = \beta_v \cdot L = 5700 mm$

sustituyendo estos valores:

$$\sigma_{m,crit} = 33,586 N/mm^2$$

La esbeltez relativa a flexión será:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0,913 > 0,75 \text{ por lo que } k_{crit} \neq 1 \text{ se debe realizar la comprobación.}$$

k_{crit} coeficiente de vuelco lateral, obtenido a partir de las expresiones siguientes:

$$k_{crit} = 1 \quad \text{para } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} \quad \text{para } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4$$

$$k_{crit} = 1/\lambda_{rel,m}^2 \quad \text{para } 1,4 < \lambda_{rel,m}$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \cdot 0,913 = 0,875 ;$$

Deben cumplirse las siguientes ecuaciones:

$$Ec.1 = \frac{1}{k_{crit}} \cdot \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) \leq 1 ; \quad Ec.2 = \frac{1}{k_{crit}} \cdot \left(k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \right) \leq 1 ;$$

$k_m = 0,7$ para secciones rectangulares de madera maciza, madera laminada encolada y madera microlaminada;

No se considera la mayoración de las resistencias de calculo por efecto del factor de altura, quedando del lado de la seguridad.

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z}; \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y}; \quad f_{m,z,d} = f_{m,y,d} = 22,4 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba la estabilidad al vuelco lateral para la combinación minorada en situación de incendio:

Combinación	$\sigma_{m,y,d}$ N/mm^2	$\sigma_{m,z,d}$ N/mm^2	Ec.1	Ec.2	Comprobación
Comb. 1	6,639	5,729	0,543	0,529	CUMPLE

Las correas están correctamente dimensionadas para soportar las acciones en situación de incendio correspondiente a la resistencia al fuego R 30, durante 30 minutos.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 9.- PLAN DE OBRA

Índice:

1. introducción
2. plan de obra

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

1. INTRODUCCIÓN

Se establece un plan de obra desglosado en semanas con la estimación del presupuesto semanal considerado, se realiza a título indicativo con el fin de establecer un modelo teórico para el desarrollo temporal y presupuestario de las obras contempladas.

2. PLAN DE OBRA

ACTIVIDADES	SEMANAS												TOTAL
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMA. 10	SEMA. 11	SEMA. 12	
DESBROCE	5.216												5.216
VACIADO		16.396,89	16.396,89										32.793,78
EXC. POZOS				1.030,50									1.030,50
RELLENO					619,92								619,92
CIMENTACION					2.392,48								2.392,48
PORTICOS						21.380,71	21.380,71	21.380,71	21.380,71				85.522,84
CORREAS							14.959,45	14.959,45	14.959,45	14.959,45			59.837,78
ARRIOSTRAMIENTO						285,36	285,36	285,36	285,36				1.141,44
REVESTIMIENTO						3.869,92	3.869,92	3.869,92	3.869,92	3.869,92	3.869,92		23.219,53
PANEL SANDWICH								11.324,06	11.324,06	11.324,06			33.972,18
RASTRELES									804,30	804,30	804,30		2.412,89
CHAPA CUBIERTA										4.912,01	4.912,01	4.912,01	14.736,02
SEGURIDAD Y SALUD	1.249,76	624,88	624,88	624,88	624,88	624,88	624,88	624,88	624,88	624,88	624,88	624,88	8.123,46
TOTAL SEMANAL	6.465,76	17.021,77	17.021,77	1.655,38	3.637,28	26.160,87	41.120,32	52.444,38	53.248,68	57.875,33	31.591,82	5.536,89	271.018,82
TOTAL ACUMULADO	6.465,76	23.487,53	40.509,3	42.164,68	45.801,96	71.962,83	109.083,15	146.527,53	189.776,21	233.890,11	265.481,93	271.018,82	

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 10.- JUSTIFICACION DE PRECIOS

Índice:

1. cuadro de precios descompuestos
2. cuadro de mano de obra
3. cuadro de maquinaria
4. cuadro de materiales
5. cuadro de precios auxiliares

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Num	Código	Ud	Descripción	Total	Num	Código	Ud	Descripción	Total
5	002001	m3	Hormigón en masa HM-5/B/40, de 5 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40 mm. elaborado en obra para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación.		7	002003	m3	Hormigón para armar HA-25/B/40/Ila, de 25 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40, ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso encamillado de pilares y muros, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocación. Según normas EHE.	
		MO001	0,600 h. Peón ordinario	12,19			MO002	0,260 h. Oficial 1ª	13,48
		A01RH040	1,100 m3 HORMIGÓN HM-5/B/40	44,85			MO001	0,260 h. Peón ordinario	12,19
			3,000 % Costes indirectos	56,65			M10HV220	0,260 h. Vibrador hormigón gasolina 75 mm	2,25
			Total por m3	58,35			P01HC390	1,100 m3 Hormigón HA-25/B/40/Ila central	51,34
			Son CINCUENTA Y OCHO EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS por m3.					3,000 % Costes indirectos	63,73
								Total por m3	65,64
6	002002	m2	Encofrado y desencofrado metálico en zapatas, zanjas, vigas, encepados y 50 posturas .					Son SESENTA Y CINCO EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS por m3.	
		MO002	0,200 h. Oficial 1ª	13,48					
		MO003	0,200 h. Ayudante	12,97					
		M12EF020	1,000 m2 Encofrado panel metálico 5/10 m2 50 posturas	0,46					
		P01DC010	0,200 kg Aditivo desencofrante	1,19					
		M12EF040	0,100 m. Fleje para encofrado metálico	0,17					
		P03AA020	0,050 kg Alambre atar 1,30 mm.	1,20					
		P01UC020	1,000 kg Puntas 17x70	1,02					
			3,000 % Costes indirectos	7,09					
			Total por m2	7,30					
			Son SIETE EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS por m2.						
					8	002004	kg	Acero corrugado B 500 S, preformado en taller y colocado en obra. Según EHE.	
							MO002	0,008 h. Oficial 1ª	13,48
							MO003	0,008 h. Ayudante	12,97
							MT008	1,080 kg Acero corrug. B 500 S pref.	0,70
							P03AA020	0,005 kg Alambre atar 1,30 mm.	1,20
								3,000 % Costes indirectos	0,98
								Total por kg	1,01
								Son UN EURO CON UN CÉNTIMO por kg.	

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Num	Código	Ud	Descripción	Total	Num	Código	Ud	Descripción	Total
9	002005	ud	Placa de anclaje de acero S235J0 en perfil plano de 500x200 mm y espesor 12 mm con 6 garrotas soldadas de acero corrugado B500S UNE-36068 de 20 mm de diámetro y 25 cm de longitud total.						
								Total por m3	1.395,79
								Son MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS por m3.	
		MO002	0,244 h. Oficial 1ª	13,48					
		MO003	0,244 h. Ayudante	12,97					
		MT009	8,478 kg Pletina de acero laminado S235J0 en estructuras	0,81	6,87	11	003002	m3 Estructura de madera laminada encolada GL28h de pino silvestre en pórticos, incluidos herrajes de acero, tornillería galvanizada en caliente, accesorios de ensamblaje, fijación y protección fungicida, totalmente instalada.	
		MT008	2,465 kg Acero corrug. B 500 S pref.	0,70	1,73				
		%001	2,000 % Medios auxiliares	15,05	0,30				
			3,000 % Costes indirectos	15,35	0,46				
			Total por ud	15,81					
			Son QUINCE EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS por ud.						
10	003001	m3	Estructura de madera laminada encolada GL36h de pino silvestre en pórticos, incluidos herrajes de acero, tornillería galvanizada en caliente, accesorios de ensamblaje, fijación y protección fungicida, totalmente instalada.						
		MO004	3,500 h. Oficial 1ª Carpintero	13,70	47,95				
		MO005	4,500 h. Ayudante-Carpintero	13,07	58,82				
		P01ES100	1,000 m3 Madera laminada encolada GL 36 h premontada	991,95	991,95				
		P01ES090	1,000 ud Material de ensamble estructural	73,12	73,12				
		M02GE010	3,000 h. Grúa telescópica autopropulsad a 20 t.	61,10	183,30				
			3,000 % Costes indirectos	1.355,14	40,65				
								Total por m3	1.465,75
			Son MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS por m3.						

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Num	Código	Ud	Descripción	Total	Num	Código	Ud	Descripción	Total
12	003003	m	Fleje metálico totalmente instalado y fijado a la estructura en pórticos y correas, reaizado en chapa galvanizada en caliente con acero tipo DX51 D según UNE EN 10142, con recubrimiento de galvanización Z 275 UNE 36-130-91. Dimensiones, 30 mm de ancho y 1,5 mm de espesor		14	004001	m2	Panel sandwich constituido por dos aglomerados de 3 mm de calidad V100 G-E1, hidrófugos y fungicidas, k 0,40, recubierto por placas de madera en la cara inferior. Aislamiento de poliestireno expandido de 15 kg/m3, clasificado M-1 en su reacción al fuego. con un espesor total de 103 mm; Incluye fijación del panel a la estructura de madera o metálica mediante tornillos autorroscantes, incluso parte proporcional de espuma de montaje y sellado para la unión de paneles y remate de cumbre; medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en su verdadera longitud.	
		MO001	0,100 h. Peón ordinario	12,19			MO002	0,120 h. Oficial 1ª	13,48
		MT006	1,000 m Fleje metálico ancho 30 mm	0,45			MO003	0,120 h. Ayudante	12,97
		MT012	0,020 kg Puntas anilladas 17x70	1,02			P05CS160	1,000 m2 Panel sandwich madera poliestireo extruido 103 mm	23,28
			3,000 % Costes indirectos	1,69			P05CW100	1,000 ud Elementos de fijación y montaje	2,79
			Total por m	1,74				3,000 % Costes indirectos	29,25
			Son UN EURO CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS por m.					Total por m2	30,13
13	003004	m2	Tablero contrachapado de pino silvestre para revestimiento de protección contra el fuego de espesor 25 mm totalmente colocado en obra.					Son TREINTA EUROS CON TRECE CÉNTIMOS por m2.	
		MO004	0,360 h. Oficial 1ª Carpintero	13,70					
		MO002	0,360 h. Oficial 1ª	13,48					
		MO001	0,150 h. Peón ordinario	12,19					
		MT004	1,000 m2 Talero contrachapado de pino silvestre 25 mm	22,14					
		MT005	1,000 ud Material auxiliar revestimiento de madera	0,92					
			3,000 % Costes indirectos	34,67					
			Total por m2	35,71					
			Son TREINTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS por m2.						
					15	004003	m2	Cubierta de chapa de 3 mm. de espesor en perfil comercial , sobre rastreles de madera, incluido precio de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.	
							O01OA030	0,160 h. Oficial primera	10,71
							O01OA050	0,160 h. Ayudante	10,40
							P05CP010	1,150 m2 Chapa ondulada 3 mm	7,61
							P05CW010	1,000 ud Tornillería y pequeño material	0,10

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Num	Código	Ud	Descripción	Total	Num	Código	Ud	Descripción	Total	
		3,000 %	Costes indirectos	12,22					0,37	
			Total por m2	12,59						
			Son DOCE EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS por m2.							
16	004004	m.	Remate de chapa ondulada de 3 mm. en perfil comercial, de 333 mm. de desarrollo en cumbrera, lima o remate lateral, incluido precio de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, totalmente instalado, i/medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.							
		O01OA030	0,170 h. Oficial primera	10,71					1,82	
		O01OA050	0,170 h. Ayudante	10,40					1,77	
		P05CP030	1,150 m. Remate chapa prelacada 0,6 desarrollo = 333 mm	5,28					6,07	
		P05CW010	0,600 ud Tornillería y pequeño material	0,10					0,06	
		3,000 %	Costes indirectos	9,72					0,29	
			Total por m.	10,01						
			Son DIEZ EUROS CON UN CÉNTIMO por m..							
					17	00402	m	RASTREL DE MADERA		
							MO001	0,120 h. Peón ordinario	12,19	1,46
							MO002	0,120 h. Oficial 1ª	13,48	1,62
							P05EW100	1,000 m. Rastrel pino de 60x30 mm.	1,03	1,03
							P05EW030	0,050 kg Puntas acero 17x70	1,03	0,05
							3,000 %	Costes indirectos	4,16	0,12
								Total por m	4,28	
			Son CUATRO EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS por m.							
					18	005001	ud	Partida alzada a justifica de seguridad y salud correspondiente a un 3% del presupuesto de ejecución material		
								Sin descomposición	1,00	
							3,000 %	Costes indirectos	1,00	0,03
								Total por ud	1,03	
			Son UN EURO CON TRES CÉNTIMOS por ud.							

CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Num	Código	Ud	Descripción		Total	Num	Código	Ud	Descripción		Total	
1	MO004		Oficial 1ª Carpintero	13,70	591,417 h.	8.102,41	1	M02GE010	Grúa telescópica autopropulsada 20 t.	61,10	347,112 h.	21.208,54
2	MO002		Oficial 1ª	13,48	456,726 h.	6.156,67	2	M05PN010	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	47,03	51,200 h.	2.407,94
3	MO005		Ayudante-Carpintero	13,07	459,432 h.	6.004,78	3	M05EN030	Excavadora hidráulica s/neumáticos 100 CV	44,18	20,644 h.	912,05
4	MO003		Ayudante	12,97	150,782 h.	1.955,64	4	M05RN030	Retrocargadora neumáticos 100 CV	39,39	421,435 h.	16.600,32
5	MO001		Peón ordinario	12,19	451,496 h.	5.503,74	5	M07CB010	Camión basculante 4x2 10 t.	33,35	477,880 h.	15.937,30
6	O01OA030		Oficial primera	10,71	189,583 h.	2.030,43	6	M10MM010	Motosierra gasolina l=40cm.1,8CV	8,90	12,800 h.	113,92
7	O01OA050		Ayudante	10,40	189,583 h.	1.971,66	7	M10HV220	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	2,25	4,212 h.	9,48
				Total mano de obra:		<u>31.725,33</u>	8	M08RI010	Pisón vibrante 70 kg.	1,97	27,000 h.	53,19
							9	M03HH020	Hormigonera 200 l. gasolina	1,59	3,960 h.	6,30
							10	M12EF020	Encofrado panel metálico 5/10 m2 50 posturas	0,46	43,200 m2	19,87
							11	M12EF040	Fleje para encofrado metálico	0,17	4,320 m.	0,73
									Total maquinaria:		<u>57.269,64</u>	

CUADRO DE MANO DE OBRA

CUADRO DE MAQUINARIA

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Num	Código	Ud	Descripción	Total	Num	Código	Ud	Descripción	Total
1	P01ES100		Madera laminada encolada GL 36 h de pino silvestre incluido el adhesivo y operaciones de montaje.	991,95 61,272 m3 60.778,76	17	P05EW100		Rastrel pino de 60x30 mm.	1,03 563,760 m. 580,67
2	MT002		Madera laminada encolada GL 28 h de pino silvestre incluido el adhesivo y operaciones de montaje.	857,53 40,824 m3 35.007,80	18	P01UC020		Puntas 17x70	1,02 43,200 kg 44,06
3	MT010		Material de fijación estructural en correas	214,36 40,824 ud 8.751,03	19	MT012		Puntas anilladas 17x70	1,02 13,120 kg 13,38
4	P01CC020		Cemento CEM II/B-M 32,5 R sacos	90,33 1,267 t. 114,45	20	MT005		Material auxiliar revestimiento de madera	0,92 650,225 ud 598,21
5	P01ES090		Material de ensamble estructural	73,12 61,272 ud 4.480,21	21	MT009		Pletina de acero laminado S235J0 en estructuras	0,81 152,604 kg 123,61
6	P01HC390		Hormigón HA-25/B/40/IIa central	51,34 17,820 m3 914,88	22	MT008		Acero corrug. B 500 S pref.	0,70 374,841 kg 262,39
7	P05CS160		Panel sandwich madera poliestireo extruido 103 mm	23,28 1.127,520 m2 26.248,67	23	MT006		Fleje de chapa galvanizada en caliente de 1,5 mm de espesor y 30 mm de ancho. Acero tipo DX51 D.	0,45 656,000 m 295,20
8	MT004		Talero contrachapado de pino silvestre 25 mm	22,14 650,225 m2 14.395,98	24	P05CW010		Tornillería y pequeño material	0,10 1.159,920 ud 115,99
9	P05CP010		Chapa ondulada 3 mm	7,61 1.296,648 m2 9.867,49	Total materiales: 166.223,95				
10	P01AA030		Arena de río 0/5 mm.	7,09 5,702 t. 40,43	CUADRO DE MATERIALES				
11	P01AG060		Gravilla 20/40 mm.	6,43 11,405 t. 73,33					
12	P05CP030		Remate chapa ondulada 3 mm desarrollo = 333 mm	5,28 62,100 m. 327,89					
13	P05CW100		Elementos de fijación y montaje	2,79 1.127,520 ud 3.145,78					
14	P03AA020		Alambre atar 1,30 mm.	1,20 3,690 kg 4,43					
15	P01DC010		Aditivo desencofrante	1,19 8,640 kg 10,28					
16	P05EW030		Puntas acero 17x70	1,03 28,188 kg 29,03					

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Num	Código	Ud	Descripción	Total	Num	Código	Ud	Descripción	Total
1	A01RH040	m3	Hormigón HM-5/B/40, de 5 N/mm2., con cemento CEM II/B-M 32,5R, arena de río y árido rodado Tmáx. 40 mm., con hormigonera de 250 l., para vibrar.						
	MO001		1,250 h. Peón ordinario	12,19					15,24
	P01CC020		0,160 t. Cemento CEM II/B-M 32,5 R sacos	90,33					14,45
	P01AA030		0,720 t. Arena de río 0/5 mm.	7,09					5,10
	P01AG060		1,440 t. Gravilla 20/40 mm.	6,43					9,26
	M03HH020		0,500 h. Hormigonera 200 l. gasolina	1,59					0,80
			Total por m3:	44,85					

CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

ANEJO Nº: 11.- ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Índice:

1. memoria

- 1. 0. consideraciones generales
- 1. 1. identificación y emplazamiento
- 1. 2. autor del estudio de seguridad y salud
- 1. 3. objetivo y finalidad
- 1. 4. presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra
- 1. 5. plan de etapas
- 1. 6. trabajos a ejecutar. riesgos. prevenciones
 - 1. 6. 1. desbroce y limpieza de la parcela
 - 1. 6. 2. excavación en vaciado
 - 1. 6. 3. excavación en pozos
 - 1. 6. 4. rellenos de tierras
 - 1. 6. 5. vertidos de hormigón
 - 1. 6. 6. colocación de encofrados y armaduras en pozos
 - 1. 6. 7. montaje de prefabricados de madera
 - 1. 6. 8. montaje de elementos de cubierta
 - 1. 6. 9. maquinaria para la ejecución de las obras
 - 1. 6.10. máquinas - herramientas
 - 1. 6.11. medios auxiliares. andamios
- 1. 7. medicina preventiva y primeros auxilios
- 1. 8. instalaciones provisionales

1. 9. normativa de obligado cumplimiento

- 1. 9. 1. legislación y normativa técnica de aplicación
- 1. 9. 2. ordenanzas
- 1. 9. 3. reglamentos
- 1. 9. 4. normas une y nte
- 1. 9. 5. directivas comunitarias
- 1. 9. 6. convenios de la oit, ratificados por españa

2. presupuesto

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

1. MEMORIA.

1.0. CONSIDERACIONES GENERALES

El presente Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo intenta marcar una normativa de equipamiento, funcionalidad y manejo de maquinarias y herramientas, así como de los restantes medios de seguridad y conducta del personal de obra, al objeto de la prevención de accidentes de trabajo y la realización de éste en las mejores condiciones posibles.

Se ha redactado de manera que en su MEMORIA se estudian los tipos de trabajo, sus riesgos y la forma de prevenir éstos, así como las restantes circunstancias de la función laboral.

Han sido estudiadas separadamente las características de los trabajos y el manejo de la máquina e emplear, de tal manera que mediante el uso y consulta de éste documento, en cualquier momento durante la realización de los trabajos, o antes del inicio de los mismos, se puedan adoptar las medidas de prevención que nos aseguren la eliminación de los riesgos previsibles.

La interpretación de estas normas corresponde a personal calificado; jefes de obra, encargados y vigilantes de seguridad; de tal forma que mediante su estudio y análisis pueda ser convenientemente redactado el Plan de Seguridad y Salud de la obra.

1.1. IDENTIFICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Se refiere el presente Estudio de Seguridad y Salud a las obras de la estructura de madera para piscina climatizada, que se encuentra ubicada en el término municipal de Los Santos, provincia de Salamanca.

1.2. AUTOR DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente estudio Básico de Seguridad y Salud es redactado por Miguel Herrero Becerro. Su elaboración es un documento adjunto al Proyecto de Obra “Estructura de madera para cubierta de piscina climatizada en Los Santos, Salamanca”

1.3. OBJETIVO Y FINALIDAD

Es el objetivo del presente Estudio de Seguridad la prevención de todos los riesgos que indudablemente se producen en cualquier proceso laboral y está encaminado a proteger la integridad de las personas y los bienes, indicando y recomendando los medios y métodos que habrán de emplearse, así como las secuencias de los procesos laborales adecuados en cada trabajo específico, a fin de que contando con la colaboración de todas las personas que intervienen en los trabajos a conseguir un riesgo nulo durante el desarrollo de los mismos.

Se atenderá especialmente a los trabajos de mayor riesgo como son los que se efectúan en el interior de zanjas, circulación de maquinaria pesada y manejo de máquinas herramientas, y se cuidarán las medidas para las protecciones individuales y colectivas, señalizaciones, instalaciones provisionales de obra y primeros auxilios.

1.4. PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA

El Presupuesto de Ejecución Material para las obras, reflejado en el Proyecto de obra asciende a 271.018,82 €.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

El plazo de ejecución máximo considerado para la terminación de las obras se ha estimado en tres meses. En cuanto a la mano de obra y en función de las características de la obra a ejecutar, se considera que el número de operarios que normalmente trabajarán en la obra será entre dos y diez operarios.

1. 5. PLAN DE ETAPAS

Atendiendo a la memoria del Proyecto de Ejecución y del análisis de su documento Presupuesto con el desglose por capítulos y partidas, los trabajos que fundamentalmente se van a ejecutar son los que siguen, a los cuales aplicaremos las medidas preventivas adecuadas a fin de evitar los riesgos detectables más comunes:

CAPITULO I - MOVIMIENTO DE TIERRAS

Desbroce y limpieza.
Excavación en vaciado.
Excavación de pozos y zanjas para cimentación
Relleno de pozos y zanjas.

CAPITULO II - CIMENTACIÓN

Hormigonado de soleras.
Colocación de encofrados y armaduras para zapatas.
Vertido de hormigón.

CAPITULO III - ESTRUCTURA

Montaje de elementos prefabricados de madera.
Montaje de uniones metálicas.

CAPITULO IV - CUBIERTA

Montaje de los elementos de cubierta: panel sándwich, aislante, rastreles y chapa ondulada en altura.

Del estudio de los trabajos a ejecutar comprobamos la diversidad de riesgos, que son inherentes y específicos de cada partida.

Se prevé utilización de maquinaria pesada de obras públicas para la ejecución de movimiento de tierras.

Así como grúas y aparatos elevadores para la puesta en obra de las piezas prefabricadas de madera.

Operaciones de especial riesgo son las correspondientes a la colocación de los elementos de la cubierta, al ser trabajos en altura.

A continuación se hace una exposición detallada por capítulos de los riesgos detectables más comunes y de las medidas preventivas que habrá que adoptar y tener en consideración para la confección del Plan de Seguridad de la obra.

1. 6. TRABAJOS A EJECUTAR. RIESGOS. PREVENCIÓNES

1. 6.1. DESBROCE Y LIMPIEZA DE LA PARCELA

- RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria empleada en el movimiento de tierras.
- Atropellos por la maquinaria.
- Problemas auditivos producidos por la maquinaria.
- Levantamiento de polvo o lanzamiento de fragmentos de rocas.
- Riesgos derivados de las condiciones climatológicas.
- Caídas del personal al mismo nivel.
- Riesgos a terceros por presencia incontrolada de personal ajeno a obras en ejecución.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Cualesquiera otros que conocidos por el contratista deban ser integrados en las medidas del Plan de Seguridad.

NORMAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO

- Antes del inicio de los trabajos se inspeccionará el tajo.
- Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales fuera de la zona establecida.
- Deben prohibirse los trabajos en la proximidad de postes cuya estabilidad no esté garantizada antes del inicio de las tareas.
- Serán eliminados arbustos, matorros y árboles cuyas raíces han quedado al descubierto mermando la estabilidad propia y la del terreno colateral.
- Las maniobras de carga a cuchara de camiones serán dirigidas por el Capataz ó vigilante de seguridad.
- La circulación de vehículos no se realizará a menos de 3 metros para los vehículos ligeros y 4 para los pesados.
- Los caminos de circulación interna se mantendrán cubriendo baches, eliminando blandones y compactando usando para resanar material adecuado al tipo de deficiencia del firme.
- Se recomienda evitar los barrizales en evitación de accidentes.
- Se prohíbe expresamente la utilización de cualquier vehículo por un operario que no esté documentalmente facultado para ello.
- Se dispondrá una barreras, valla, barandilla, etc. de seguridad para proteger el acceso peatonal al tajo.
- Se acotará y prohibirá trabajar o permanecer dentro del radio de acción de las máquinas empleadas para el movimiento de tierras.

PRENDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDABLES

Todas las prendas de protección personal deberán estar homologadas por los organismos correspondientes, y a continuación se relacionan:

- Ropa adecuada al tipo de trabajo, chaleco reflectante.
- Casco protector de polietileno
- Botas de seguridad e impermeables
- Trajes impermeables
- Mascarillas antipolvo con filtro mecánico recambiable
- Mascarillas filtrantes
- Cinturón antivibratorio (conductores de maquinaria)
- Guantes de cuero
- Guantes de goma ó PVC

1. 6.2. EXCAVACIÓN EN VACIADO

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Desplomes de tierras o rocas,
- Deslizamiento de la coronación de los taludes.
- Desplomes por filtraciones o bolas ocultas.
- Desplomes de tierras por sobrecarga de los bordes de coronación.
- Desprendimientos por vibraciones próximas.
- Desprendimientos por alteración del corte por exposición a la intemperie durante largo tiempo.
- Desprendimiento de tierras por cargas próximas al borde de la excavación.
- Desprendimientos de tierras por afloramiento del nivel freático.
- Atropellos colisiones vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para el movimiento de tierras.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Caídas de personas, vehículos, maquinaria u objetos desde el borde de coronación de la excavación al interior de la misma.
- Interferencias con conducciones enterradas.
- Caídas de personas al mismo nivel.

NORMAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO

- Antes del comienzo de los trabajos tras cualquier parada, se inspeccionará el estado de las medianerías de las posibles edificaciones colindantes. Cualquier anomalía se comunicará inmediatamente a la Dirección de obrar tras proceder a desalojar el tajo expuesto al riesgo
- En caso de presencia en el tajo de agua se procederá a su inmediato achique, en prevención de alteraciones en los taludes.
- Se eliminarán del frente de la excavación las viseras y bolos inestables.
- El frente de avance y los taludes laterales del vaciado, serán revisados antes de iniciar las tareas interrumpidas por cualquier causa.
- Se señalizará mediante una línea de yeso la distancia de seguridad mínima de aproximación (2 m) al borde del variado.
- La coronación del borde de vaciado al que deban acceder las personas, se protegerá con una barandilla de 90 cm. de alturas formada por pasamanos 9 listón intermedio y rodapié, situada a dos metros como mínimo del borde de coronación del talud.
- Queda terminantemente prohibido el trabajo o circulación al pie de los taludes inestables.
- Se prohíbe permanecer ó trabajar en el entorno del radio de acción de una máquina para movimiento de tierras.
- Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente excavador en tanto se haya estabilizado, apuntalado, entibado etc.
- Las maniobras de carga y descarga de camiones serán dirigidas por el Capataz, Encargado ó Vigilante de Seguridad.

- Se prohíbe la circulación de vehículos a una distancia menor de aproximación del borde de coronación del talud de 3 m. para los vehículos ligeros y de 4 m. para los pesados.
- Serán asimismo de aplicación cualquiera otra norma de seguridad que no estén contempladas en este articulado y sean consideradas necesarias.

PRENDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDABLES

Todas las prendas de protección personal deberán estar homologadas por los organismos correspondientes y a continuación se relacionan:

- Ropa de trabajo adecuada, chaleco reflectante.
- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma o PVC de seguridad.
- Trajes impermeables.
- Mascarillas antipolvo sencillas.
- Guantes de cuero ó goma ó PVC según necesidades.

1. 6.3. EXCAVACIÓN EN POZOS

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Caídas de objetos al interior,
- Caídas de personas al entrar o salir.
- Caídas de personas al circular por las inmediaciones.
- Caídas de vehículos al interior que circulen próximamente.
- Derrumbamiento de las paredes del pozo.
- Interferencias con conducciones subterráneas.
- Inundación, electrocución y asfixia.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

NORMAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO

- El personal empleado en la ejecución de estos trabajos será de probada experiencia y competencia en los mismos.
- Como norma general no se acoplarán tierras alrededor del pozo a una distancia inferior a los dos metros.
- Como norma general en las bocas de los pozos se colocará una de las siguientes señalizaciones de peligro:

- a) Rodear el pozo con una señal de yeso de diámetro igual al del pozo más dos metros.
- b) Proceder igualmente sustituyendo la señal de yeso por cinta de banderolas sobre pies derechos.
- c) Cerrar el acceso de forma eficaz, al personal ajeno a los trabajos del pozo.

- Al ser descubierta cualquier conducción subterránea, se paralizarán los trabajos dando aviso a la Dirección de la obra.
- Se prohíbe expresamente la utilización de maquinaria accionada por combustión o explosión en el interior de los pozos en prevención de accidentes por intoxicación.

PRENDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDABLES

Todas las prendas de protección personal deberán estar homologadas por los organismos correspondientes y a continuación se relacionan:

- Prendas de trabajo adecuadas y homologadas existentes.
- Casco de polietileno, de ser necesario con protectores auditivos.
- Máscara antipolvo de filtro mecánico recambiable.

Gafas protectoras antipartículas.

Guantes de cuero, goma ó FVC.

Botas de seguridad, de cuero o goma, punteras reforzadas y suelas antideslizantes.

1. 6.4. RELLENOS DE TIERRAS

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Siniestros de vehículos por exceso de carga.
- Caídas de materiales desde las cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde las cajas ó cabinas de los vehículos.
- Interferencias entre vehículos por falta de señalización y dirección en las maniobras.
- Atropellos.
- Vuelcos de vehículos en las maniobras de descarga.
- Accidentes debidos a la falta de visibilidad por ambientes pulverulentos motivados por los propios trabajos.
- Accidentes por el mal estado de los firmes.
- Vibraciones sobre las personas.
- Ruido ambiental.

NORMAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO

- Todo el personal que maneje vehículos será especialista en el manejo del mismo, estando acreditado documentalmente.
- Los vehículos serán revisados periódicamente, al menos una vez por semana, en especial los mecanismos de accionamiento mecánico.
- Está terminantemente prohibido sobrecargar los vehículos y la disposición de la carga no ofrecerá riesgo alguno para el propio vehículo ni para las personas que circulen en las inmediaciones.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Los vehículos tendrán claramente la tara y carga máxima.
- Se prohíbe el transporte de personas fuera de la cabina de conducción y en número superior al de asientos.
- Los equipos de carga para rellenos serán dirigidos por un jefe coordinador que puede ser el vigilante de seguridad.
- Loa tajos, cargas y cajas se regaran periódicamente en evitación deformación de polvaredas.
- Se señalizaran los accesos, recorridos y direcciones para evitar interferencias entre los vehículos durante su circulación.
- Las maniobras de vertido en retroceso serán dirigidas por personas especialmente destinadas a esta función.
- Se prohíbe la permanencia de personas en un radio inferior a 5 m. En torno a las palas cargadoras.
- Todos los vehículos empleados en excavaciones y compactaciones, estarán dotados de bocina automática de aviso de marcha atrás.
- Se señalizaran los accesos a la vía publica mediante señales normalizadas de manera visible con “peligro indefinido”, “peligro salida de camiones” y STOP.
- Los vehículos de compactación y apisonado irán provistos de cabina de seguridad antivuelco.
- Todos los vehículos estarán dotados con óliza de seguro con responsabilidad civil ilimitada.
- A lo largo de la obra se dispondrá letreros divulgatorios del riesgo de este tipo de trabajos, - peligro – vuelco – colisión – atropello – etc.

PRENDA DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDABLE

Todas las prendas de protección personal deberán estar homologadas por los organismos correspondientes y a continuación se relacionan:

- Casco de polietileno.
- Botas impermeables ó no de seguridad.
- Mascarillas antipolvo con filtro mecánico intercambiable.
- Guantes.
- Cinturón antivibratorio.
- Ropa de trabajo adecuada.

1. 6.5. VERTIDOS DE HORMIGÓN

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Caídas de personas u objetos al mismo nivel.
- Caídas de personas u objetos a distinto nivel.
- Contactos con el hormigón, dermatitis del cemento.
- Corrimientos de tierras.
- Vibraciones por manejos de aparatos vibradores del hormigón.
- Ruido ambiental.

NORMAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO

Para vertidos directos mediante canaleta.

- Se instalaran topes al final del recorrido de los camiones hormigonera en evitación de vuelcos o caídas.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- No acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.
- No situar operarios tras los camiones hormigoneras durante el retroceso en las maniobras de acercamiento.
- Se instalarán barandillas sólidas en el borde de la excavación protegiendo en el tajo de guía de la canaleta.
- La maniobra de vertido será dirigida por el capataz o encargado

NORMAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS APLICABLES DURANTE EL HORMIGONADO EN ZANJAS

- Se instalarán pasarelas de circulación de personas sobre las zanjias a hormigonar, formadas por al menos tres tablonos tablados. (60 cm).
- Iguales pasarelas se instalaran para facilitar el paso y movimientos del personas que hormigona.
- Se respetara la distancia de seguridad (2 m) con fuertes topes de final de recorrido, para los vehículos que deban aproximarse a las zanjias para verter el hormigón.
- Siempre que sea posible el vibrado se efectuara desde el exterior de la zanja.

PRENDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDABLES

Todas las prendas de protección personal deberán estar homologadas por los organismos correspondientes y a continuación se relacionan:

Casco de polietileno.
 Guantes de cuero, goma ó PVC.
 Botas de cuero, goma ó lona de seguridad.
 Ropa de trabajo adecuada.
 Gafas de seguridad antiproyecciones.

1. 6.6. COLOCACIÓN DE ENCOFRADO Y ARMADURAS EN POZOS

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Caídas de personas al mismo o distinto nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Desplome y vuelco de los paramentos del pozo.
- Golpes y cortes por manejo de herramientas.
- Lesiones por posturas obligadas continuadas.

NORMAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO

- Como norma general los trabajos en el interior de pozos o zanjias no se efectuarian en solitario.
- Se dispondrá una soga a lo largo de la zanja para asirse en caso de emergencia..
- Se prohibirá el acceso a los pozos de cualquier operario que aun perteneciendo a la obra no pertenezca a la cuadrilla encargada.
- No se acopiaran materiales en los bordes de los taludes del pozo.
- Las armaduras se montarán en el exterior antes de introducirlas en el pozo.
- Los operarios encargados del montaje de las armaduras deben tener la suficiente eperiencia.

PRENDAS DE PROTECCION PERSONAL RECOMENDABLES

Todas las prendas de protección personal deberán estar homologadas por los organismos correspondientes y a continuación se relacionan:

Casco de polietileno
 Guantes de cuero, goma ó PVC.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Botas de cuero, goma ó lona de seguridad.

Ropa de trabajo adecuada.

1. 6.7. MONTAJE DE PREFABRICADOS DE MADERA

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Golpes a las personas por el transporte en suspensión y acoplamiento de grandes piezas.
- Atrapamientos durante las maniobras de ubicación.
- Caídas de personas al mismo o distinto nivel.
- Vuelco ó desplome de piezas prefabricadas.
- Cortes por manejo de herramientas ó maquinas herramientas.
- Aplastamientos al recibir y acoplar las piezas.

NORMAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO

- Las piezas prefabricadas se izarán del gancho de la grúa mediante el auxilio de balancines.
- La pieza en suspensión se guiará mediante cabos sujetos a los laterales por un equipo de tres hombres. Dos de ellos gobernarán los movimientos de la pieza mediante los cabos, mientras un tercero guiará la maniobra.
- Una vez la pieza esté presentada en su destino, se procederá sin descolgarla del gancho de la grúa y sin descuidar la guía mediante los cabos al montaje definitivo, concluido el cual se desprenderá del balancín.
- Diariamente el vigilante de seguridad revisará el buen estado de los elementos de elevación, eslingas, balancines, pestillos de seguridad, etc. anotándolo en su libro de control.
- Se prohíbe permanecer o transitar bajo piezas suspendidas.

- Los prefabricados se descargarán de los camiones y se acopiarán en los lugares destinados al efecto.
- Se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de ser posible, de forma que no se dañen los elementos de enganche para su izado.
- Queda prohibido guiar los prefabricados en suspensión con las manos y a tal efecto, los cabos guías se amarrarán antes de su izado.
- Cuando una pieza llegue a su punto de colocación girando, se inmovilizará empleando únicamente el cabo guía, nunca empleando las manos o el cuerpo.

PRENDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDABLES

Todas las prendas de protección personal deberán estar homologadas por los organismos correspondientes y a continuación se relacionan:

Cascos de polietileno.

Guantes de cuero, goma o PVC.

Botas de seguridad con punteras reforzadas.

Ropa adecuada al trabajo.

1. 6.8. MONTAJE DE ELEMENTOS DE CUBIERTA.

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Caídas de personas al mismo o a distinto nivel.
- Trabajo en altura.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Lesiones por manejo de útiles específicos.
- Lesiones por sobreesfuerzos y posturas forzadas continuadas.
- Golpes a personas por el transporte en suspensión de piezas.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Vuelco ó desplome de piezas prefabricadas.
- Aplastamientos al recibir y acoplar las piezas.

NORMAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO

- Las operaciones en altura se realizar desde andamios o elevadores homologados.
- Se dispondrán redes de protección colectiva frente a posibles caídas.
- El trabajo en altura siempre se realizará protegido con el arnés de seguridad.
- Las piezas prefabricadas se izarán del gancho de la grúa mediante el auxilio de balancines.
- Una vez la pieza esté presentada en su destino, se procederá sin descolgarla del gancho de la grúa y sin descuidar la guía mediante los cabos al montaje definitivo, concluido el cual se desprenderá del balancín.
- Diariamente el vigilante de seguridad revisara el buen estado de los elementos de elevación, eslingas, balancines, pestillos de seguridad, etc. anotándolo en su libro de control.
- Se prohíbe permanecer o transitar bajo piezas suspendidas.
- Los prefabricados se descargarán de los camiones y se acopiaran en los lugares destinados al efecto.
- Se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de ser posible, de forma que no se dañen los elementos de enganche para su izado.
- Queda prohibido guiar los prefabricados en suspensión con las manos y a tal efecto, los cabos guías se amarrarán antes de su izado.
- Cuando una pieza llegue a su punto de colocación girando, se inmovilizará empleando únicamente el cabo guía, nunca empleando las manos o el cuerpo.

PRENDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDABLES

Todas las prendas de protección personal deberán estar homologadas por los organismos correspondientes y a continuación se relacionan:

- Cascos de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero o PVC
- Ropa adecuada de trabajo.
- Arnés de seguridad.

1. 6.9. MAQUINARIA PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Dada la gran incidencia de utilización de la maquinaria en la obra objeto del presente Estudio de Seguridad, a continuación se expone los riesgos más comunes y las medidas de seguridad aplicables a cada una de las máquinas estudiadas por separado.

Consideramos como más representativas las que se reseñan a continuación:

- Palas cargadoras
- Camiones de transporte de suministros
- Dumpers. Motovolquete autopropulsado
- Camión dumper
- Grúas autopropulsadas
- Normas generales para entregar a los maquinistas

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

RIESGOS DETECTABLES COMUNES A TODAS LAS MAQUINAS

- Los derivados de su circulación. Vuelos, atropellos, atrapamientos, proyecciones vibraciones y ruidos formación de polvo.
- Los provocados por su uso específico características de cada tipo de máquina y su trabajo realizado y los particulares de mantenimiento de sus mecanismos.
- Se instalarán de manera adecuada donde sea necesario topes de recorrido y señalización de tráfico y circulación.
- No se ejecutarán trabajos de replanteo o comprobación durante la permanencia de máquinas en movimiento en el tajo.
- Dentro de los trabajos de mantenimiento de la maquinaria se revisará especialmente la presión de neumáticos y aceites de los mecanismos.

NORMAS PREVENTIVAS GENERALES

- Las máquinas estarán dotadas de faros de marcha adelante y retroceso servofreno, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores a ambos lados del pórtico de seguridad antivuelco, cabinas anti-impactos y extintores.
- Las máquinas serán revisadas diariamente comprobando su buen estado.
- Periódicamente se redactará un parte de revisión que será controlado por el Vigilante de Seguridad y estará a disposición de la Dirección Facultativa.
- Se prohíbe permanecer, transitar o trabajar dentro del radio de acción de las máquinas en movimiento.
- Durante el periodo de paralización se señalará su entorno con indicaciones de peligros prohibiendo expresamente la permanencia del personal en sus proximidades o bajo ellas.
- De producirse un contacto de una máquina con una línea eléctrica teniendo la máquina rodadura de neumáticos el conductor permanecerá inmóvil en su asiento y solicitará auxilio por medio de la bocina. Acto seguido se inspeccionará el posible puenteo eléctrico con el terreno y de ser posible el salto, sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera del vehículo, sin tocar al mismo tiempo la máquina y el terreno.
- Las pasarelas o peldaños de acceso a las máquinas, permanecerán siempre limpios de barro gravas o aceites en evitación de lesiones,
- Se prohíbe en estas máquinas el transporte de personas.

PALA CARGADORA SOBRE ORUGAS O NEUMÁTICOS

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Atropellos del personal de otros trabajos.
- Deslizamientos y derrapes por embarramiento del suelo. ,
- Abandono de la máquina sin apagar el contacto.
- Vuelcos y caídas por terraplenes.
- Colisiones con otros vehículos.
- Contactos con conducciones aéreas o enterradas.
- Quemaduras y lesiones. (durante el mantenimiento)
- Proyección de materiales durante el trabajo.
- Caídas desde el vehículo.
- Producción de ruidos y vibraciones y polvo etc.

NORMAS PREVENTIVAS

Entregar a los maquinistas las siguientes normas de funcionamiento:

- Para subir y bajar de la máquina utilizar los peldaños de acceso.
- No abandonar el vehículo saltando del mismo si no hay peligro.
- No efectúe trabajos de mantenimiento con la máquina en movimiento o con el motor en marcha.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- No permitir acceder a la máquina a personal no autorizado.
- Adopte las precauciones normales cuando mantenga la máquina y use las prendas de protección personal recomendadas.
- Comprobar antes de dar servicio al área central de la máquina que está instalado el eslabón de traba.
- Para manipular repostar etc. desconectar el motor.
- No liberar los frenos de la máquina en posición de parada sin instalar los tacos de inmovilización.
- Durante las operaciones de repostado y mantenimiento adopte las medidas de precaución recomendadas en la Norma.
- Todas las palas dispondrán de protección en cabina antivuelco pórtico de seguridad.
- Se prohíbe abandonar la máquina con el motor en marcha o con la pala, levantada.
- Los ascensos ó descensos de la cuchara se efectuarán siempre utilizando marchas cortas estando ésta en carga.
- Se prohíbe usar la cuchara para cualquier cosa que no sea su función específica y como transportar personas izarlas, utilizar la cuchara como grúa etc.
- La palas estarán equipadas con un extintor timbrado y revisado.
- La conducción de la pala se hará equipado con ropa adecuada (ceñida).
- Son de aplicación todas las Normas Generales expuestas con anterioridad.

PRENDAS DE PROTECCION PERSONAL RECOMENDABLES

Casco de polietileno.
 Gafas antiproyecciones.
 Ropa adecuada.
 Guantes de cuero, goma ó PVC para labores de mantenimiento.
 Cinturón elástico antivibratorio.
 Calzado antideslizante.
 Mascarillas antipolvo.

CAMIONES DE TRANSPORTES EN GENERAL (SUMINISTROS)

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Los inherentes a la circulación por el interior del recinto de las obras, como son: atropellos y/o Choques con otros vehículos.
- Específicos de su trabajo o del entorno: Vuelcos por accidentes del terreno, Vuelcos por desplazamientos de cargas, Caídas y atrapamientos del personal operario de las obras.

NORMAS PREVENTIVAS

- Respetar las normas de circulación interna de la obra.
- Efectuar cargas y descargas en los lugares designados al efecto.
- Buen estado de los vehículos.
- Uso de calzos en las ruedas además del freno de mano.
- Acceso y abandono de las cajas de transporte de mercancías mediante el uso de escalerillas de mano.
- Dirigir las maniobras de carga y descarga por una persona adecuada.
- El colmo máximo permitido para materiales sueltos debe ser menos del 5 por ciento en su pendiente.
- Instalación de las cargas en las cajas de manera uniforme.
- En caso de disponer de grúa auxiliar el camión, el gancho de éste, estará provisto de pestillo de seguridad.
- Los operarios encargados de las operaciones de carga y descarga de materiales estarán provistos del siguiente equipo:

Guantes o manoplas de cuero adecuadas al trabajo.

Botas de seguridad.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Se les instruirá para la adopción de las siguientes medidas:
 - No trepar ni saltar de las cajas de los camiones.
 - Para guiar cargas en suspensión usar los cabos guías.
 - No permanecer debajo de las cargas.

PRENDAS DE PROTECCION PERSONAL RECOMENDABLES

- Casco, cinturón, botas de seguridad, ropa de trabajo adecuada, manoplas o guantes de cuero.

MOTOVOLQUETES AUTOPROPULSADOS, DUMPERS

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

Los derivados por tratarse de un vehículo en circulación:

- Atropellos.
- Choques.

Los producidos por ser una herramienta de trabajo:

- Vuelcos durante el vertido o en tránsito.
- Vibraciones, ruidos y polvo ambiental.
- Golpes con la manivela de puesta en marcha.

NORMAS PREVENTIVAS

- Los conductores serán personal especializado comprobado.
- Usarlo como una máquina no como un automóvil.

- Comprobar el buen estado del vehículo antes de su utilización. Frenos neumáticos etc.
- Manejar con atención y cuidado la manivela de puesta en marcha y ni accionar ésta sin accionar el freno de mano.
- No cargar por encima del peso límite ni con colmos que dificulten la visibilidad frontal.
- No verter en vacíos ó cortes del terreno sin los topes de recorrido.
- Respetar las señales de circulación interna.
- Remontar pendientes preferiblemente marcha atrás.
- No usar velocidades inadecuadas. Máxima velocidad 20 Km/h.
- No transportar piezas que sobresalgan excesivamente.
- Nunca transportar personas en la cuba.
- Los conductores tendrán carné de conducir clase B
- Para trabajos nocturnos tendrán faros de marcha adelante y de marcha atrás.

PRENDAS DE PROTECCION PERSONAL RECOMENDABLES

- Casco protector, ropa de trabajo adecuada, cinturón elástico antivibratorio y calzado adecuado.

CAMION DUMPER PARA MOVIMIENTOS DE TIERRAS

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Los derivados de su circulación:
 - Atropellos, choques y colisiones.
 - Proyección de objetos.
 - Producción de vibraciones, ruido y polvo.
 - Desplomes de taludes.
- Los producidos por su uso y manejo:
 - Vuelcos o caídas al subir o bajar de las cabinas de conducción.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Contactos con conducciones.
- Lesiones derivadas de su mantenimiento y aprovisionamiento.

NORMAS PREVENTIVAS

Estos vehículos estarán dotados de los siguientes medios:

- Faros de marcha adelante y retroceso, Intermitentes de giro.
- Pilotos de posicionamiento y balizamiento de la caja.
- Servofrenos y frenos de mano.
- Cabinas antivuelco y anti-impacto.
- Bocina automática de marcha atrás.
- El servicio de revisión y mantenimiento se efectuará en la maquinaria pesada de movimiento de tierras.
- No circular con la caja alzada ó en movimiento. (basculantes)
- La distancia de seguridad para estos vehículos será de 10 metros.
- Estos vehículos en estación se señalizas con "señales de peligro",
- Para las normas de cargas descarga y circulación se adoptarán las medidas generales del resto de vehículos pesados ya enunciadas.

PRENDAS DE PROTECCION PERSONAL RECOIENDABLES

- Casco de polietileno al abandonar la cabina de conducción
- Las recomendadas anteriormente para conductores de vehículos.

GRUAS AUTOPROPULSADAS

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Vuelco.
- Atropellos, atropamientos, caídas.
- Golpes de la carga suspendida.
- Desprendimientos de las cargas manipuladas.
- Contactos con conducciones eléctricas.
- Caídas al acceder o abandonar la cabina.
- Lesiones propias del mantenimiento de la máquina.

NORMAS PREVENTIVAS APLICABLES

- Controlar el libro de mantenimiento de la grúa y revisiones.
- El gancho o doble gancho estará dotado de pestillo de seguridad.
- Comprobar el perfecto apoyo de los gatos.
- Controlar las maniobras de la grúa por un especialista.
- Comprobar el no sobrepasar la carga máxima admitida en función de la longitud y pendiente o inclinación del brazo de la grúa.
- Mantener siempre a la vista la carga. De no ser posible efectuar las maniobras con un señalista experto.
- Se prohíbe expresamente arrastrar las cargas con estas máquinas.
- Se respetará la distancia de seguridad de 5 metros.
- Hacer cumplir al maquinista las normas de seguridad y mantenimiento de la máquinas que enumeramos a continuación:
- Mantener la grúa alejada de los terrenos inseguros.
- No pasar el brazo de la grúa por encima del personal.
- No dar marcha atrás sin el auxilio de un ayudante.
- No realizar trabajos sin una buena visibilidad.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- No realizar arrastres de cargas o esfuerzos sesgados.
- Izar una sola carga cada vez.
- Asegurar la estabilidad de la máquina antes de trabajar.
- No abandonar la grúa con una carga suspendida.
- Respetar las cargas e inclinaciones de pluma máximas.
- Asegure los aparatos de izado y ganchos con pestillos.
- Atender fielmente las medidas de seguridad de la obra.
- Usar las prendas de seguridad y protección personal adecuadas

PRENDAS DE PROTECCION PERSONAL RECOMENDADAS

- Casco de polietileno.
- Guantes adecuados de conducción, impermeables, para manipular, etc.
- Calzado adecuado de seguridad, aislante etc.

NORMAS DE SEGURIDAD GENERALES PARA ENTREGAR A LOS MAQUINISTAS QUE HAYAN DE CONDUCIR LAS MÁQUINAS

Para subir y bajar de la máquina utilice los peldaños y asideros de que dispone el vehículos se evitan lesiones por caídas.

No acceder a la máquina encaramándose a través de la llanta al ordenar las cubiertas.

Suba y baje del vehículo frontalmente por el acceso a la cabina agarrándose con ambas manos de forma segura.

No abandone el vehículo saltando desde el mismo si no existe situación de peligro.

No realizar "ajustes" con la máquina en movimiento o con el motor en marcha. Pare y efectúe las operaciones necesarias.

No permita el acceso a la máquina a ninguna persona no autorizada.

No trabaje en situación de semi-avería. Corrija las deficiencias y continúe su trabajo.

En las operaciones de mantenimiento apoye los órganos móviles del vehículo en el suelo, pare el motor, accione el freno de mano y bloquee la máquina. Realice a continuación lo necesario.

No guardar trapos sucios o grasientos ni combustible en el vehículo, producen incendios.

No levante en caliente la tapa del radiador.

Protéjase con guantes para manejar líquidos. Use las gafas anti-protecciones y mascarillas antipolvo cuando sea necesario.

Para cambiar aceites del motor o de los sistemas hidráulico hágalo en frío.

Los líquidos de las baterías son inflamables, recuérdelo.

Para manipular el sistema eléctrico, parar siempre el motor y extraiga la llave de contacto.

No libere los frenos en posición de parada sin antes haber colocado los calzos de las ruedas.

Si ha de arrancar el motor usando baterías de otro vehículo, evite saltos de corriente. Los electrolitos producen gases inflamables*

Vigile la presión de los neumáticos.

Para llenar los neumáticos sitúese tras la banda de rodadura y previniendo una rotura de la manguera.

Compruebe el buen funcionamiento de la máquina antes de empezar el trabajo después de cada parada.

Ajuste bien el asiento para alcanzar los controles con facilidad.

Si contacta con cables eléctricos proceda como sigue:

Separe la máquina del lugar del contacto.

Toque la bocina indicando situación peligrosa.

Pare el motor y ponga el freno de mano.

Salte del vehículo evitando estar en contacto al mismo tiempo con la máquina y el suelo.

No abandone el vehículo con el motor en marcha.

No abandone el vehículo sin haber dejado los órganos móviles apoyados en el suelo.

No transporte personas en la máquina ni en el interior de la cabina de conducción.

Compruebe el buen estado del arco de protección antivuelco de su vehículo.

Cumpla por su seguridad las instrucciones sobre el manejo de las máquinas durante la realización de los trabajos y adopte las medidas preventivas del plan de seguridad.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

1. 6.10. MAQUINAS-HERRAMIENTAS

NORMAS PREVENTIVAS APLICABLES

- Las máquinas herramientas de acción eléctrica estarán protegidas por doble aislamiento.
- Los motores estarán protegidos por carcasas adecuadas.
- Igualmente estarán protegidos los órganos motrices, correas, cadenas engranajes y otros órganos de transmisión.
- Se prohíbe efectuar reparaciones ó manipulaciones con la máquina en funcionamiento.
- El montaje y ajuste de correas se realizará con herramienta adecuada.
- Las transmisiones de engranajes estarán protegidas por carcasas de malla metálica que permita ver su funcionamiento.
- Las herramientas de corte tendrán el disco protegido con carcasas
- Las máquinas herramientas que hayan de funcionar en ambientes con productos inflamables tendrán protección antideflagrante.
- En ambientes húmedos la tensión de alimentación será de 24 voltios.
- El transporte aéreo de las máquinas mediante grúas se efectuará con éstas en el interior de bateas nunca colgadas.
- En general las máquinas herramientas que produzcan polvos se utilizarán en vía húmeda.
- Las herramientas accionadas por aire a presión (compresores) estarán dotadas de camisas insonorizadoras.
- Siempre que sea posible las mangueras de alimentación se instalarán aéreas y señalizadas por cuerdas de banderolas.

PRENDAS DE PROTECCION PERSONAL RECODIENDABLES

- Cascos de polietileno.
- Ropa adecuada de trabajo. - impermeables.
- Guantes de seguridad de cuero, goma o PVC impermeables.
- Botas de seguridad.
- Plantillas de seguridad anticlavos.
- Mandil y polainas muñequeras de cuero - impermeables.
- Gafas de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Mascarillas filtrantes.
- Fajas elásticas anti-vibraciones.

1. 6.11. MEDIOS AUXILIARES. ANDAMIOS

RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- Caídas: a distinto nivel - al mismo nivel - al vacío.
- Desplome del andamio.
- Contactos con conducciones eléctricas.
- Caída de objetos desde el andamio.
- Atrapamientos.
- Por enfermedades de los operarios vértigos, mareos, etc.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

MEDIDAS PREVENTIVAS DE APLICACION GENERAL

- Antes de subir a los andamios revisar su estructura y anclajes.
- Los tramos verticales se aportarán sobre tablonos repartiendo cargas.
- Los desniveles de apoyo se suplementarán con tablonos trabados consiguiendo una superficie estable de apoyo.
- Las plataformas de trabajo tendrán un ancho mínimo de 60 m. ancladas a los apoyos impidiendo los deslizamientos o vuelcos.
- Las plataformas a más de 2 metros de altura, tendrán barandillas perimetrales completas de 90 cm. de altura con pasamanos listón intermedio y rodapié.
- Las plataformas permitirán la circulación e intercomunicación.
- Los tablonos componentes de las plataformas de trabajo no tendrán defectos visibles ni nudos que mermen su resistencia.
- No se abandonarán las herramientas sobre las plataformas de manera que al caer produzcan lesiones.
- Se prohíbe arrojar escombros directamente desde los andamios, se recogerá y descargará a través de conductos. (trompas)
- No se fabricarán morteros directamente en las plataformas.
- La distancia de separación de un andamio al paramento vertical donde se trabaja no será superior a 30 cm.
- Se prohíbe saltar del andamio al interior. Se usarán pasarelas.
- Los andamios se anclarán a puntos fuertes.
- Los cables de sustentación (de haberlos), tendrán la longitud suficiente para depositar los andamios en el suelo.
- Los andamios deberán poder soportar cuatro veces la carga estimada.
- Los andamios colgados en fase de parada temporal descansarán en el suelo hasta la reanudación de los trabajos.
- Los cinturones de seguridad, de uso preceptivo para el trabajo en andamios, se anclarán a "puntos fuertes"
- Los reconocimientos médicos seleccionarán el personal que puede trabajar en estos puestos.

PRENDAS DE PROTECCION PERSONAL

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad ó calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Trajes de agua (ambientes lluviosos) de ser necesarios.

1. 7. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS. NÚMERO DE OPERARIOS

La mano de obra tiene una incidencia baja en este tipo de trabajos no obstante dada su envergadura en la fase de mayor coincidencia se estiman en un número aproximado a los 14 operarios entre personal técnico laboral directo y laboral subcontratado.

Los botiquines portátiles (mínimo 2) dispondrán según la reglamentación del siguiente material sanitario:

Agua oxigenada, alcohol de 96 grados, tintura de yodo, mercrominas, amoníaco, gasa estéril, algodón hidrófilo, vendas, esparadrapo, antiespasmódicos, analgésicos y tónicos cardíacos de urgencia, torniquete, bolsas de goma para agua o hielos, guantes esterilizados, jeringuillas, hervidor, agujas para inyectables y termómetro clínico.

Asistencia a accidentados.

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios Propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.), donde trasladar a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Se dispondrá en la obra, y en sitio bien visible, de una lista con los teléfonos, direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia.

Reconocimiento médico.

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo, y que será repetido en el período de un año.

1. 8. INSTALACIONES PROVISIONALES

Se prevé la dotación de locales provisionales para ser utilizados por el personal que dispondrán de comedor y servicios higiénicos. Ya que mediante la utilización de estos elementos prefabricados se consigue, con el menor costo, proporcionar las mejores prestaciones y funcionalidad en este tipo de instalaciones.

Estas instalaciones se deberán realizar al inicio de las obras y mantenerlos hasta casi su terminación, evitando cualquier posible interferencia con la construcción y acabado de las obras que nos ocupan. Para el servicio de limpieza de las instalaciones higiénicas se responsabilizará a una persona, o equipo de personas, los cuales podrán alternar este trabajo con otros propios de la obra.

Considerando el número previsto de operarios se realizarán las siguientes instalaciones:

Comedores

El recinto destinado a comedores consistirá en una caseta prefabricada modulada, realizada con estructura de perfiles laminados, con cerramiento y cubiertas de paneles "sandwich" en chapa termolacada, por ambas caras, con aislamiento de espuma de poliuretano extruido en su interior.

Carpintería en ventanas de aluminio anodizado en su color, rejas de protección, suelo constituido por tablero fenólico y pavimento todo ello previa preparación del terreno y cimentaciones.

Contará con caliente platos o comidas y fregadero, perfectamente diferenciado del resto del local mediante tabique. Dispondrá de recipientes para basuras o desperdicios, con tapa hermética que se retirarán diariamente.

El resto del local dispondrá de mesas dobles y bancos con capacidad para 2x3 personas.

Vestuarios y Aseos.-

Para cubrir las necesidades se habilitarán dos locales de idénticas dimensiones y características que el descrito anteriormente para comedor, disponiendo cada uno de una cabina con tazas turcas de porcelana o acero esmaltado, una cabina de ducha, con agua fría y caliente, dos lavabos con idénticos servicios y un urinario, todo ello debidamente compartimentado e independizado.

Se dispondrá de un termo eléctrico de 100 L., así como de 10 taquillas metálicas de 25x50x180 cm. dispuestas en el recinto, junto con bancos corridos de listones de madera. Se equiparán debidamente con perchas, papeleras, portarrollos, toalleros o secamanos automáticos.

Oficina Técnica.-

En un local de similares características y dimensiones a los citados, se situarán los servicios de oficinas técnica y almacén de herramientas, que se dispondrá según las necesidades de la Contrata.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

1. 9. NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

1. 9.1. Legislación y Normativa Técnica de Aplicación

- R.D. 1627/1997 de 24 de Octubre, sobre condiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- R.D. 485/1997 de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud en el trabajo.
- R.D. 486/1997 de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/1997 de 13 de Abril, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de las cargas que entrañen riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.

1. 9.2. Ordenanzas

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OM de 09/03/71. BOE de 16/03/71).

1. 9.3. Reglamentos

- Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OM de 31/01/40. BOE de 03/02/40, Vigente capítulo VII).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en al Industria de la Construcción (OM de 20/05/52. BOE de 15/0652).
- Reglamento de Actividades Molestas, Nocivas, Insalubres y Peligrosas (RD 2414 de 30/11/61. BOE de 07/06/61).
- Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo (RD. 1316 de 27/10/89. BOE de 02/11/89).
- Señalización de seguridad en los centros locales de trabajo (RD 1403/86. BOE de 08/07/86).
- Homologación de equipos de protección personal para trabajadores (OM de 17/05/74. BOE de 29/05/74. Sucesivas Normas MT de la 1 a la 29).
- Reglamento de los Servicios de Prevención (RD 39/1997 de 17/01/97).

1. 9.4. Normas UNE y NTE

- Norma UNE 81 002 85 Protectores auditivos. Tipos y definiciones.
- Norma UNE 81 101 85 Equipos de protección de la visión. Terminología. Clasificación y uso.
- Norma UNE 81 200 77 Equipos de protección personal de las vías respiratorias. Definición y clasificación.
- Norma UNE 81 250 80 Guantes de protección. Definiciones y clasificación.
- Norma UNE 81 304 83 Calzado de seguridad. Ensayos de resistencia a la perforación de la suela.
- Norma UNE 81 353 80 Cinturones de seguridad. Clase A: cinturón de sujeción. Características y ensayos.
- Norma UNE 81 650 80 Redes de seguridad. Características y ensayos.
- Norma NTE ADZ/1976 Zanjas y pozos.
- Norma NTE IEP/1973 Puesta a tierra.
- Norma NTE CEG/1975 Geotécnicos.
- Norma NTE EME/1975 Encofrados.
- Norma NTE FCA/1974 Hormigón.
- Norma NTE EMB/1980 Vigas.

1. 9.5. Directivas Comunitarias

- Directiva del Consejo 89/655/CEE de 30/11/89 relativa a las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (DOCE L. 393 de 30/12/89, p. 13).
- Directiva del Consejo 97/57/CEE de 26/08/92 sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en el trabajo en obras de construcción temporales o móviles (DOCE L. 245 de 26/08/92, p. 6).
- Directiva del Consejo 89/656/CEE de 30/11/89 relativa a las disposiciones mínimas de Seguridad para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual (DOCE L. 393 de 30/01/89, p. 18).

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Directivo del Consejo 79/113/CEE de 19/12/78 relativa a la armonización de las legislaciones de los estados miembros sobre la determinación de la emisión sonora de la maquinaria y material de obra de la construcción (DOCE L. 33 de 08/02/79).
- Directiva del Consejo 81/1051/CEE de 07/12/81 por la que se modifica la Directiva 79/113/CEE de 19/12/78 (DOCE L. 376 de 30/12/81).
- Directiva del Consejo 84/532/CEE de 17/09/84 referente a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros relativas a las disposiciones comunes sobre material y maquinaria para la construcción (DOCE L. 300 de 19/11/84).
- Directiva del Consejo 84/537/CEE de 17/09/84 sobre la armonización de las legislaciones de los estados miembros referente al nivel de potencia acústica admisible de los grupos electrógenos de potencia (DOCE L. 300 de 19/11/84).
- Directiva del Consejo 86/295/CEE de 26/05/86 sobre aproximación de las legislaciones de los estados miembros relativas a las estructuras de protección en caso de vuelco (ROPS) de determinadas máquinas para la construcción (DOCE L. 186 de 08/07/86).
- Directiva del Consejo 86/296/CEE de 26/05/86 relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre las estructuras de protección de caídas de objetos (FOPS) de determinadas máquinas para la construcción (DOCE L. 186 de 08/07/96).
- Directiva del Consejo 386 L. 0594 de 22/12/86 relativa a las emisiones sonoras de las palas hidráulicas, de las palas de cable, de las topadoras frontales, de las cargadoras y de las palas cargadoras.

1. 9.6. Convenios de la OIT, ratificados por España

- Convenio n ° 62 de la OIT de 23/06/37 relativo a prescripciones de seguridad en la industria de la edificación. Ratificado por Instrumento de 12/06/58 (BOE de 20/08/59).
- Convenio n ° 167 de la OIT de 20/06/88 sobre seguridad y salud en la industria de la construcción.
- Convenio n ° 119 de la OIT de 25/06/63 sobre protección de maquinaria. Ratificado por Instrucción de 26/11/71 (BOE de 30/11/72).

- Convenio n ° 155 de la OIT de 26/06/81 sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo. Ratificado por Instrumento publicado en el BOE (Boletín Oficial del Estado) de 11/11/85.

2. PRESUPUESTO

El presupuesto destinado a seguridad y salud se ha valorado mediante una partida alzada a justificar por valor de un 3% del Presupuesto de Ejecución Material de la obra, como se indica en el documento n°: 4. Presupuesto, del presente proyecto.

El total de la partida alzada destinada a seguridad y salud asciende a 8.123,46 euros.

Salamanca, febrero de 2009

El autor del Proyecto
Fdo.: Miguel Herrero Becerro

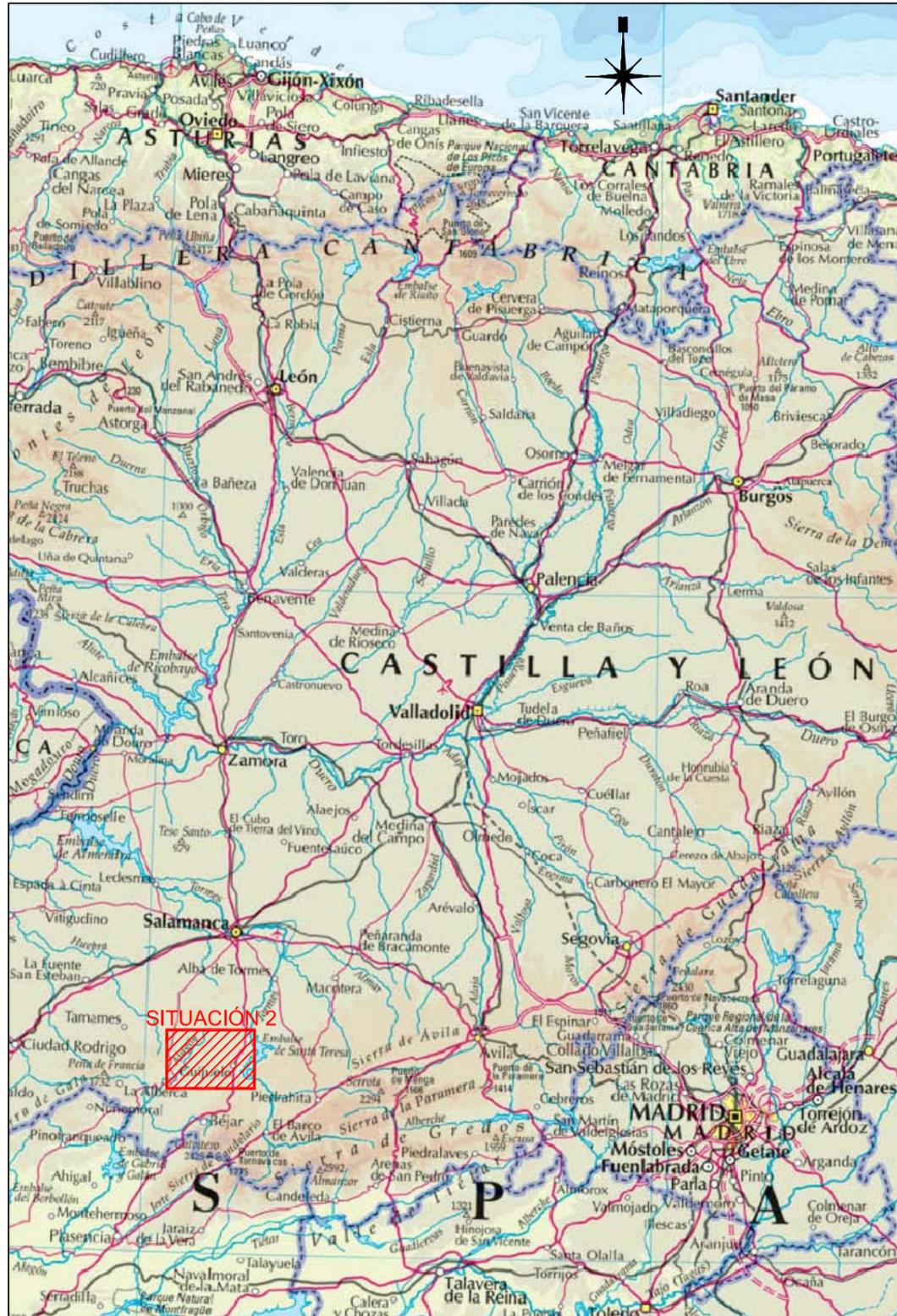
DOCUMENTO N°: 2.- PLANOS

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

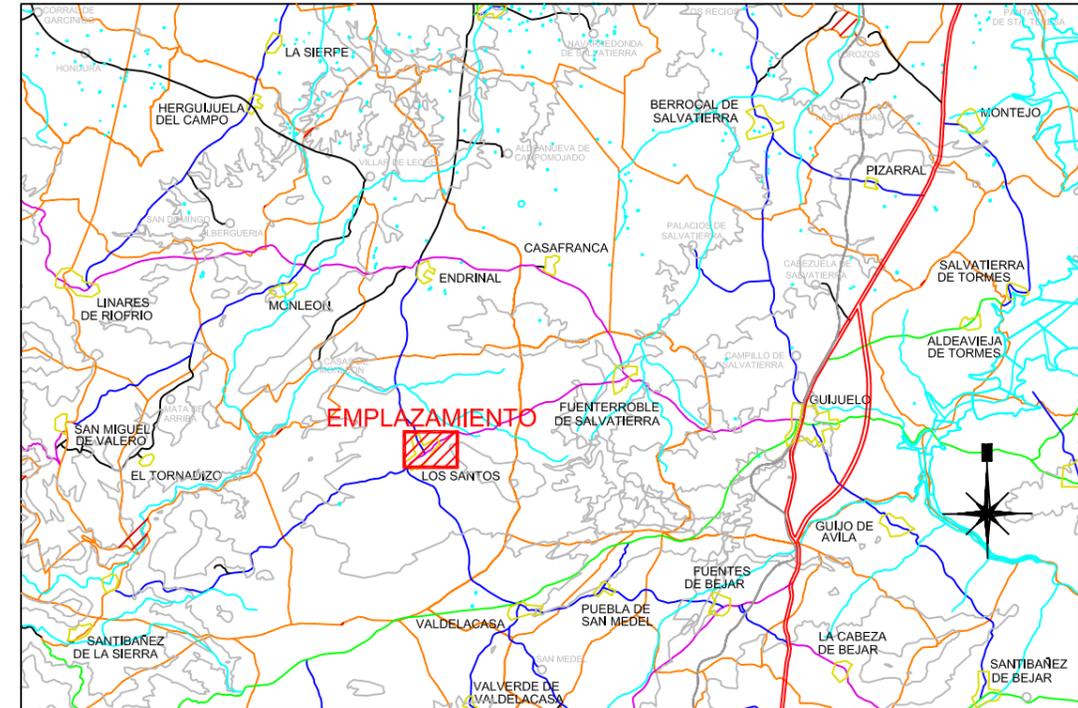
Documento nº: 2.- PLANOS

índice:

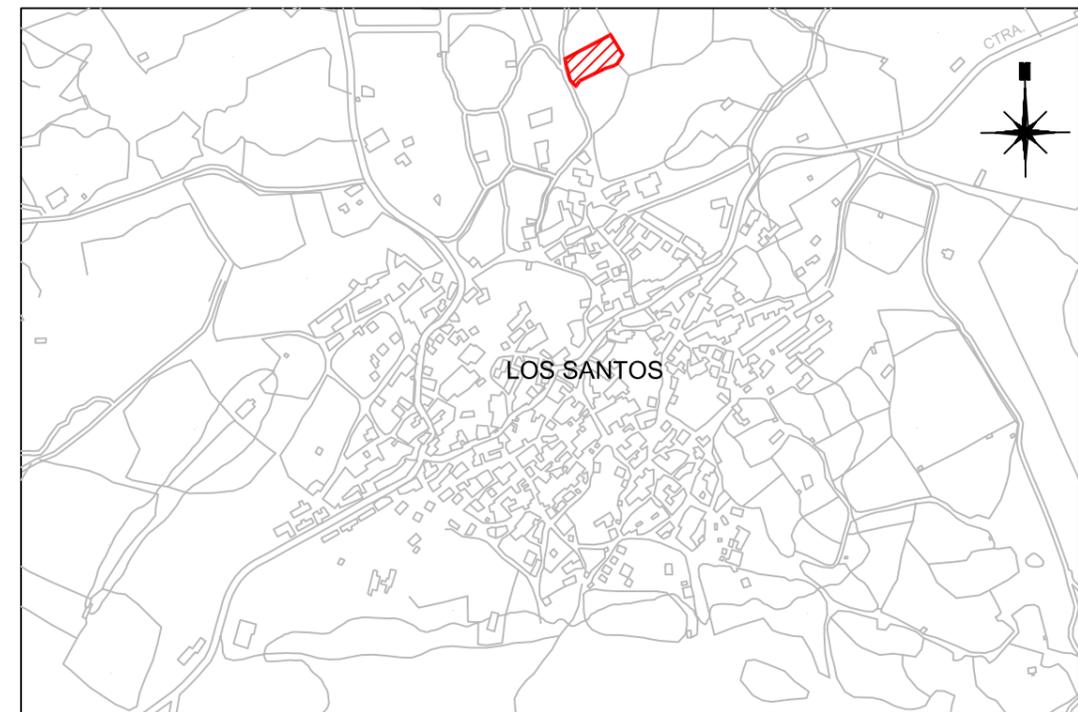
1. Situación y emplazamiento
2. Cartografía
3. Replanteo
4. Movimiento de tierras
5. Cimentación
6. Estructura
 - 6.1. Estructura. Geometría pórtico
 - 6.2. Estructura. Correas
 - 6.3. Estructura. Detalles
7. Vistas
 - 7.1. Vista. Pórticos
 - 7.2. Vista. Pórticos y correas
 - 7.3. Vista. Cerramientos



SITUACIÓN 1
ESCALA 1:1.000.000



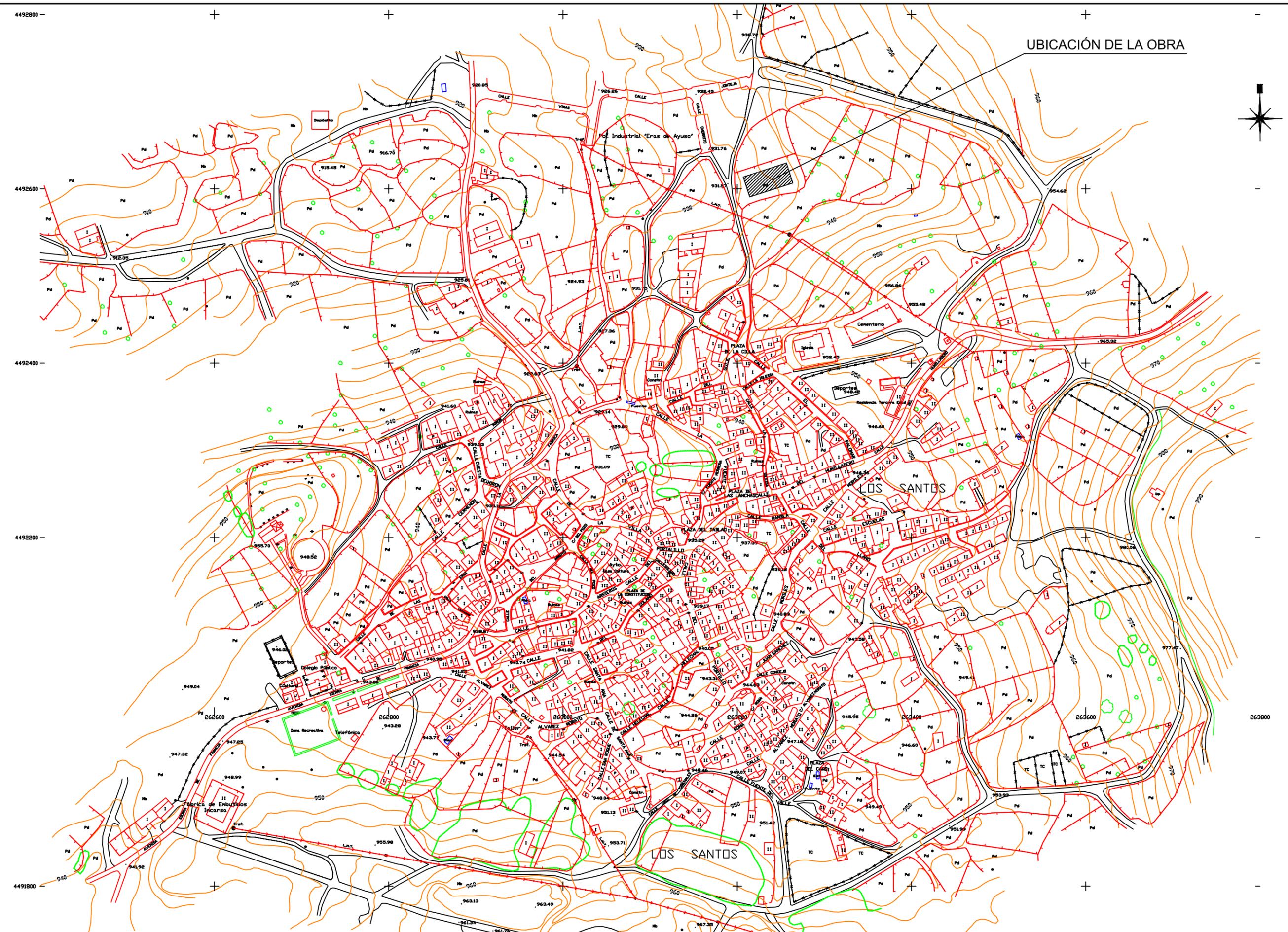
SITUACIÓN 2
ESCALA 1:100.000



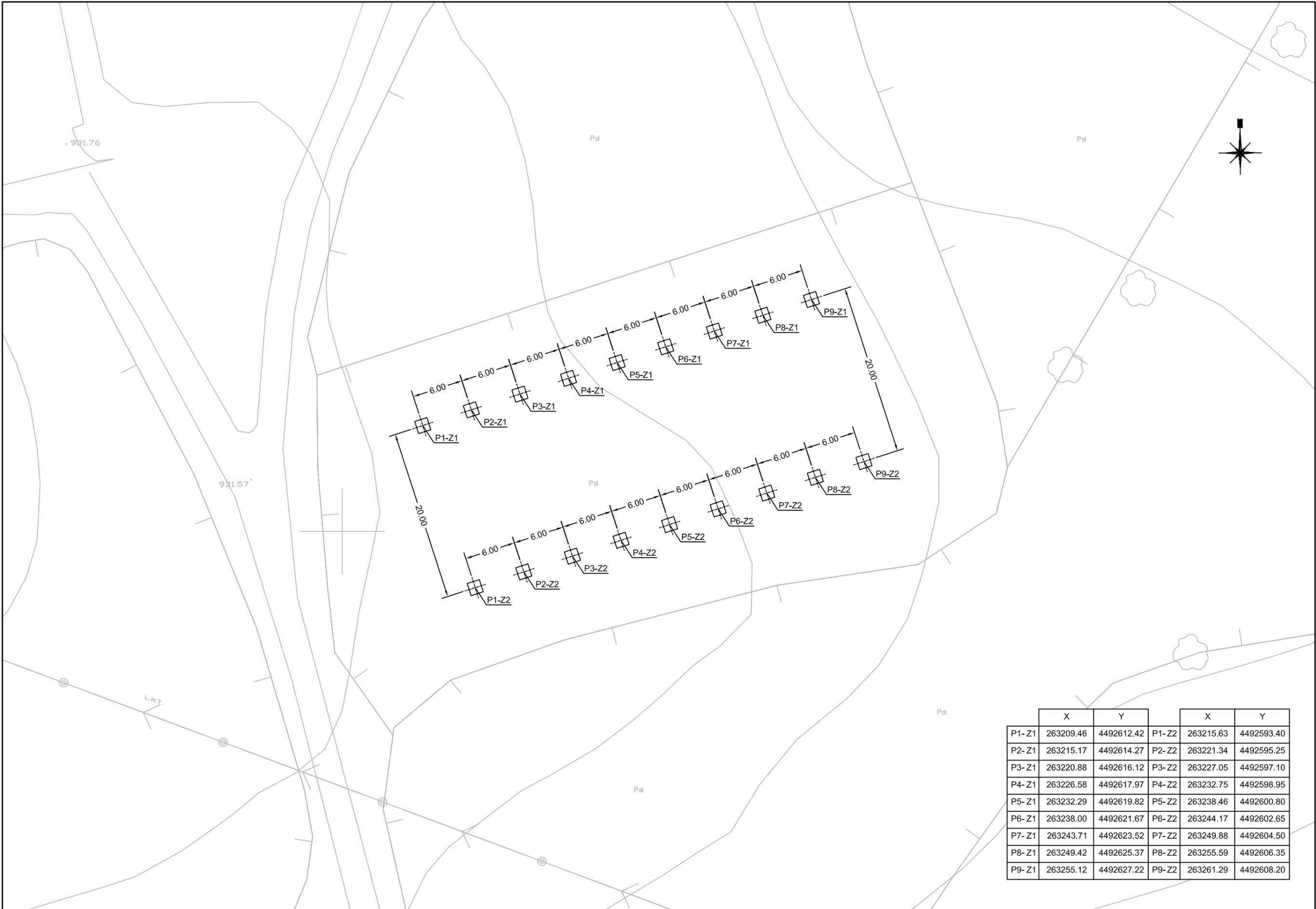
EMPLAZAMIENTO
ESCALA 1:5.000



UBICACIÓN DE LA OBRA

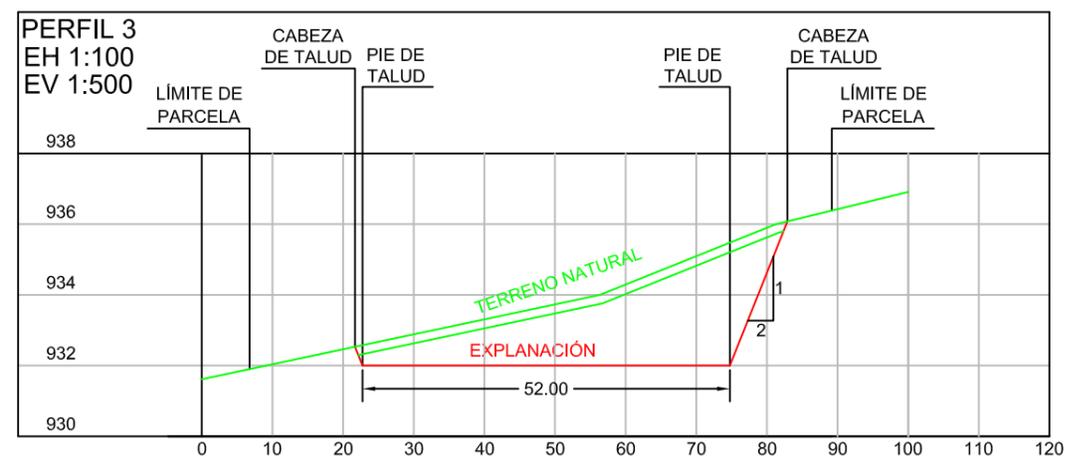
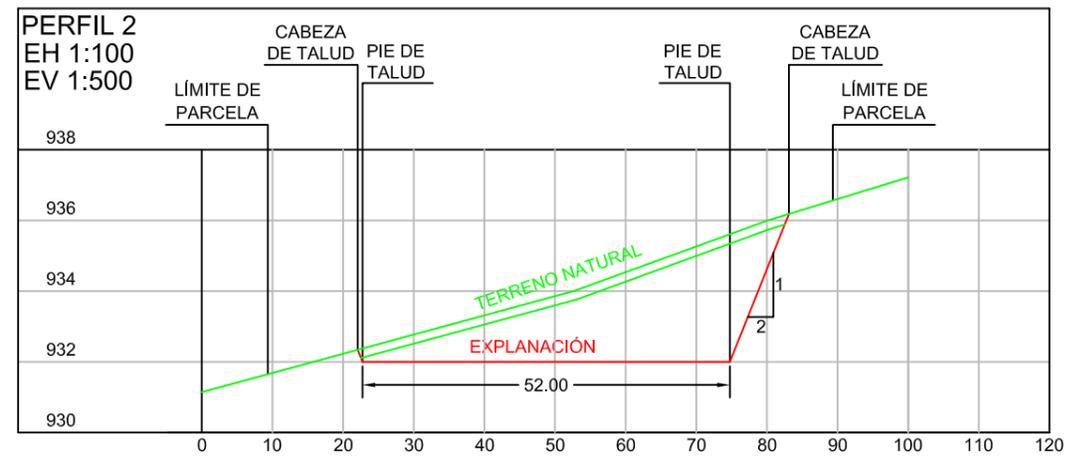
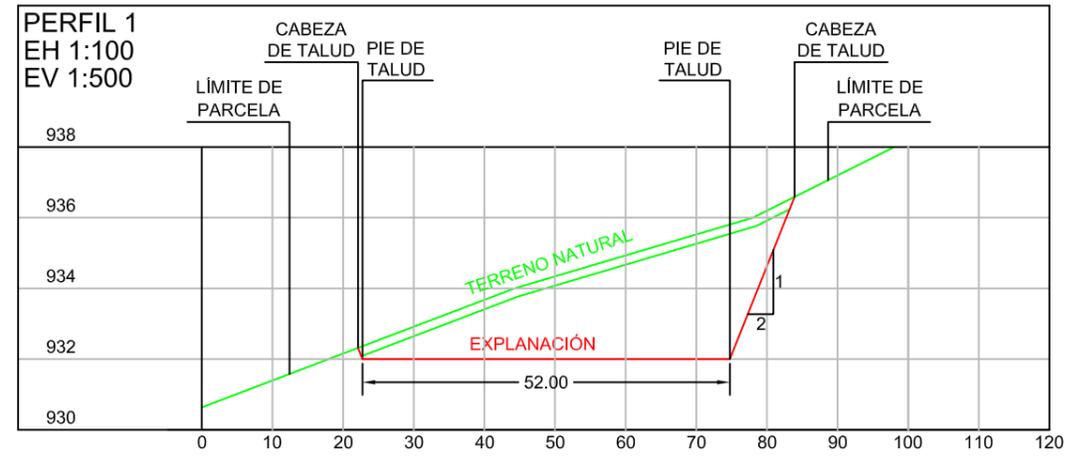
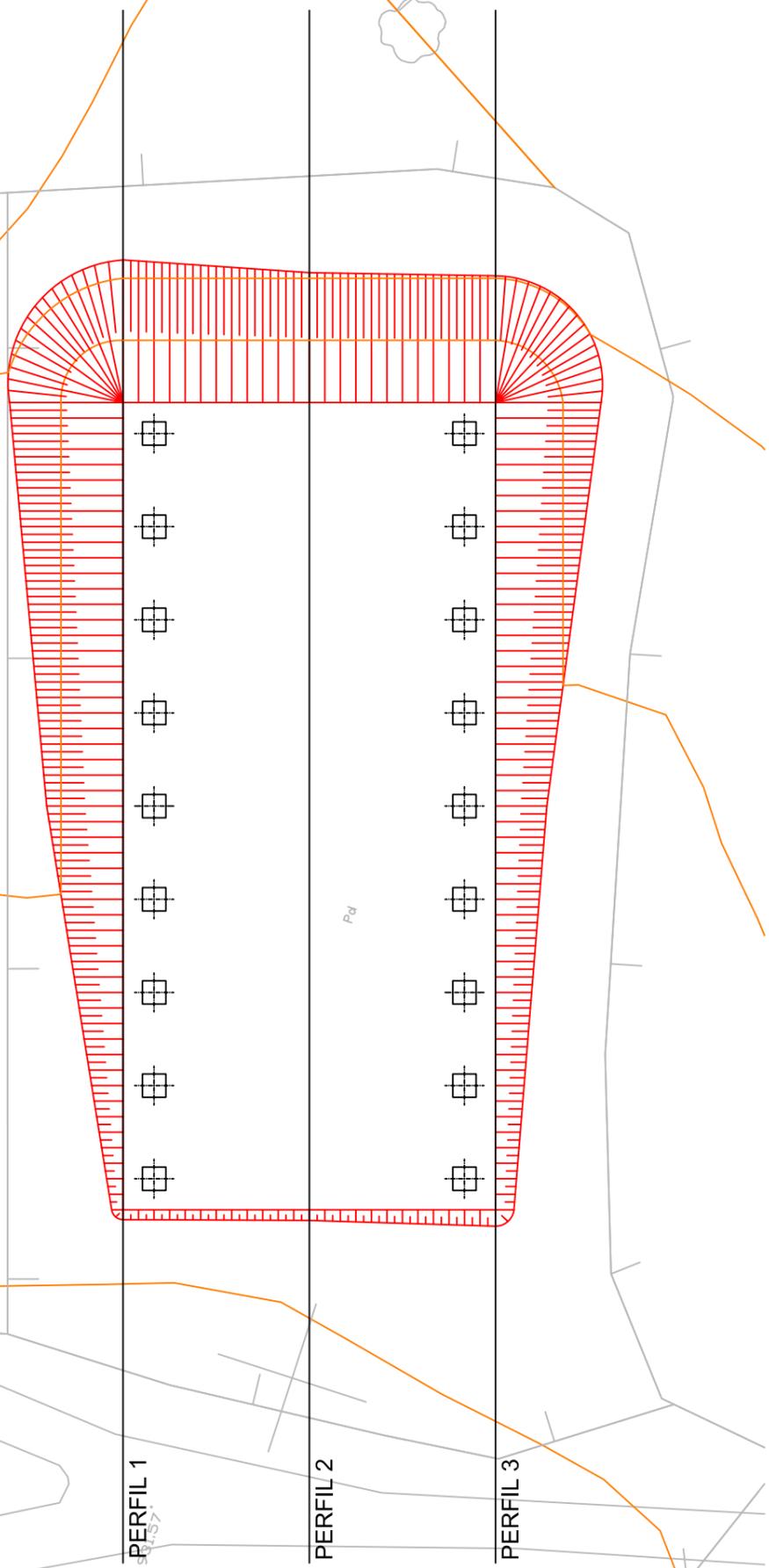


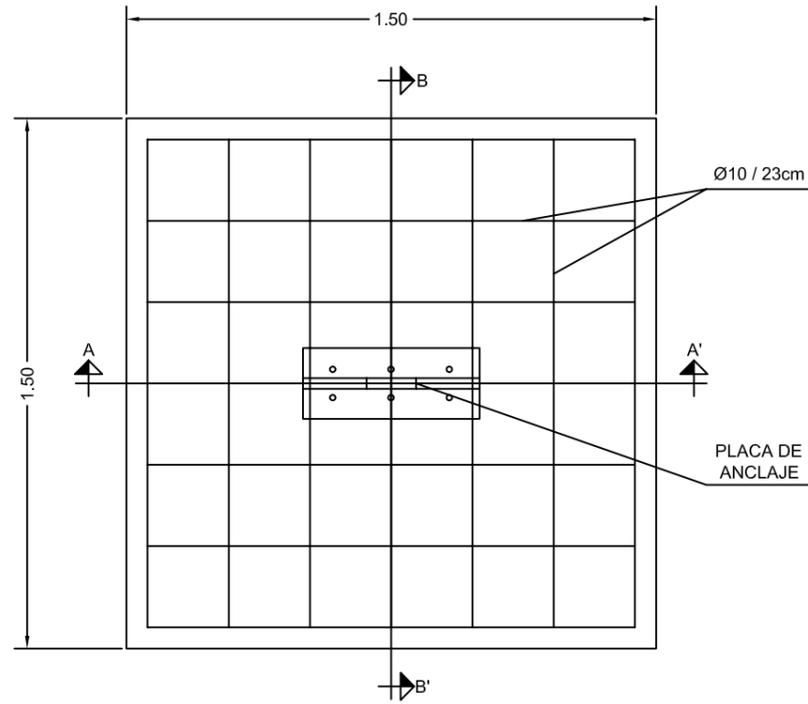
 <p>UNIVERSIDAD DE SALAMANCA</p>	<p>INGENIERIA TECNICA DE OBRAS PUBLICAS DEPARTAMENTO: INGENIERIA MECANICA</p>	<p>AREA: MEDIOS CONTINUOS Y TEORIA DE ESTRUCTURAS</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO: MIGUEL HERRERO BECERRO</p>	<p>ESCALAS: 1:2000 ORIGINAL EN A-1</p>	<p>TITULO: ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS</p>	<p>Nº DE PLANO: 2 HOJA 1 DE 1</p>	<p>DESIGNACION DEL PLANO: CARTOGRAFIA</p>	<p>FECHA: FEBRERO 2009</p>
--	---	---	---	--	--	---	---	--------------------------------



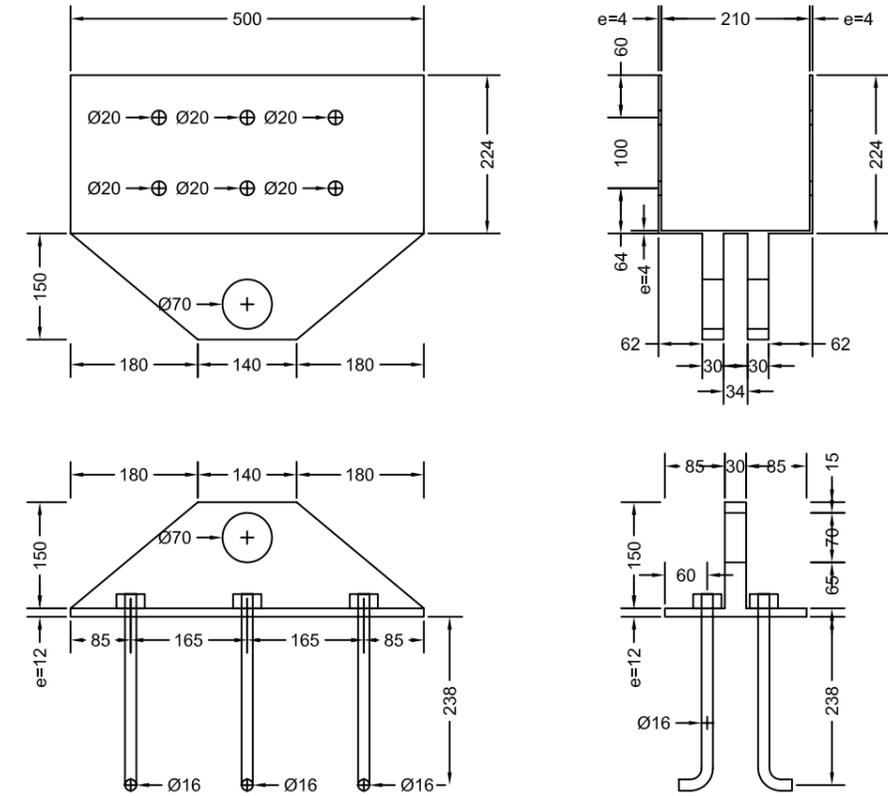
	X	Y		X	Y
P1- Z1	263209.46	4492612.42	P1- Z2	263215.63	4492593.40
P2- Z1	263215.17	4492614.27	P2- Z2	263221.34	4492595.25
P3- Z1	263220.88	4492616.12	P3- Z2	263227.05	4492597.10
P4- Z1	263226.58	4492617.97	P4- Z2	263232.75	4492598.95
P5- Z1	263232.29	4492619.82	P5- Z2	263238.46	4492600.80
P6- Z1	263238.00	4492621.67	P6- Z2	263244.17	4492602.65
P7- Z1	263243.71	4492623.52	P7- Z2	263249.88	4492604.50
P8- Z1	263249.42	4492625.37	P8- Z2	263255.59	4492606.35
P9- Z1	263255.12	4492627.22	P9- Z2	263261.29	4492608.20

PLANTA
ESCALA 1:200

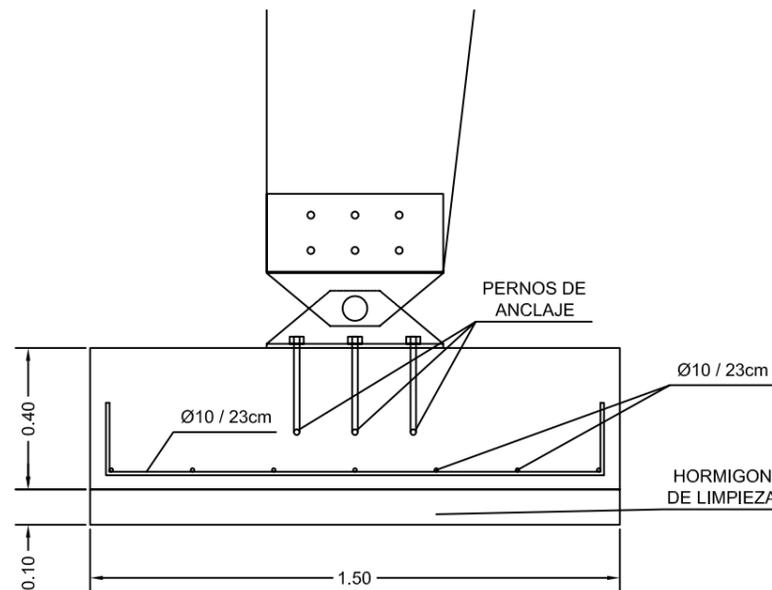




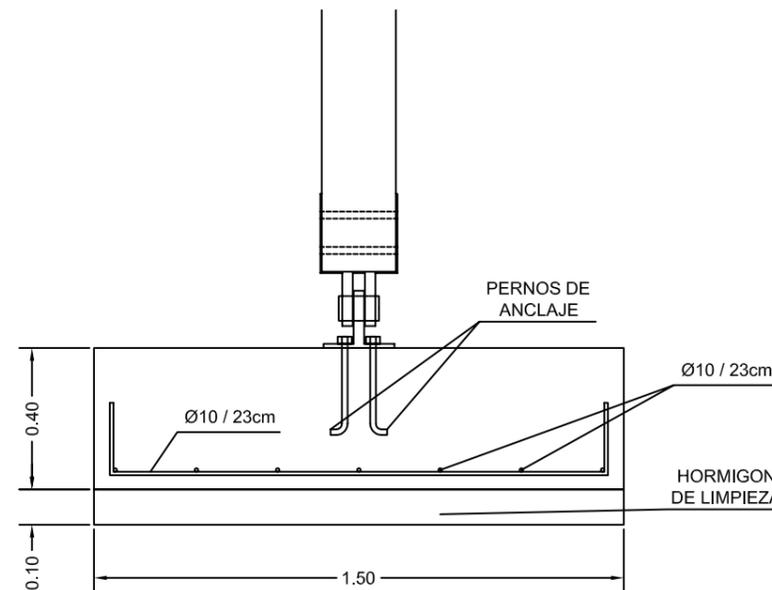
PLANTA
ESCALA 1:10



DETALLE UNIÓN ZAPATA - PÓRTICO
ESCALA 1:5
COTAS EN MILIMETROS



SECCIÓN A-A'
ESCALA 1:10

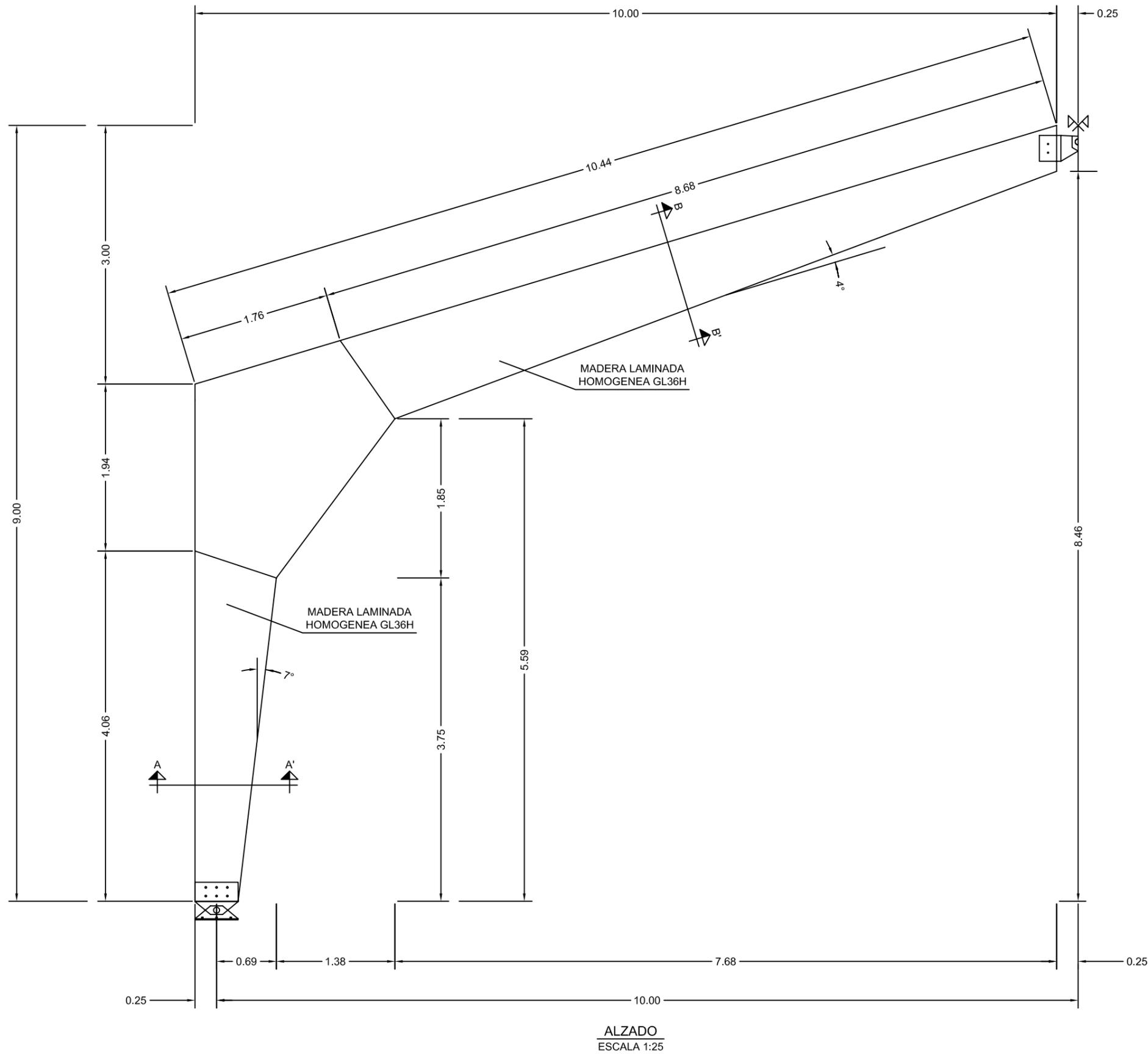


SECCIÓN B-B'
ESCALA 1:10

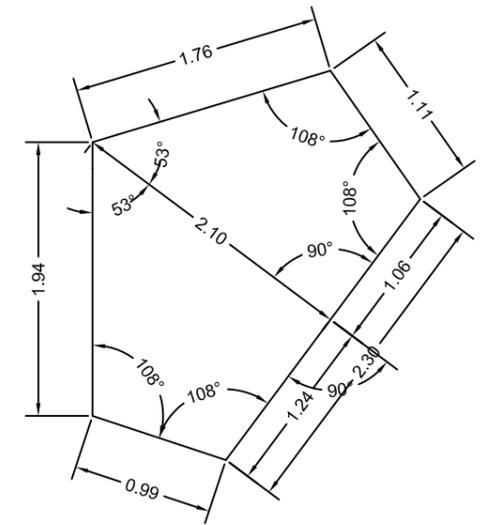
CUADRO DE MATERIALES

MATERIALES	DESIGNACION	NIVEL DE CONTROL	
		MATERIALES	EJECUCION
ACERO	EN REDONDOS B-500-S	$\gamma_s = 1,15$	$\gamma_G = 1,50$
	EN PERFILES Y CHAPAS S235J0	$\gamma_s = 1,00$	$\gamma_G = 1,60$
HORMIGONES	LIMPIEZA Y NIVELACION HM-15	$\gamma_c = 1,50$	$\gamma_Q = 1,60$
	CIMENTACIONES HA-25		
RECUBRIMIENTOS		4 cm	

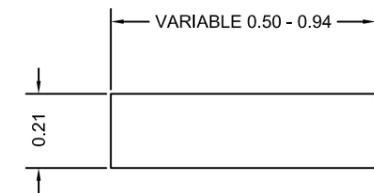




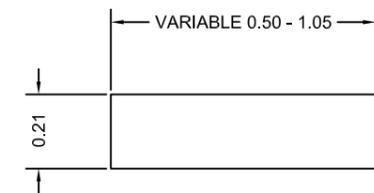
ALZADO
ESCALA 1:25



GEOMETRÍA NUDO
ESCALA 1:25

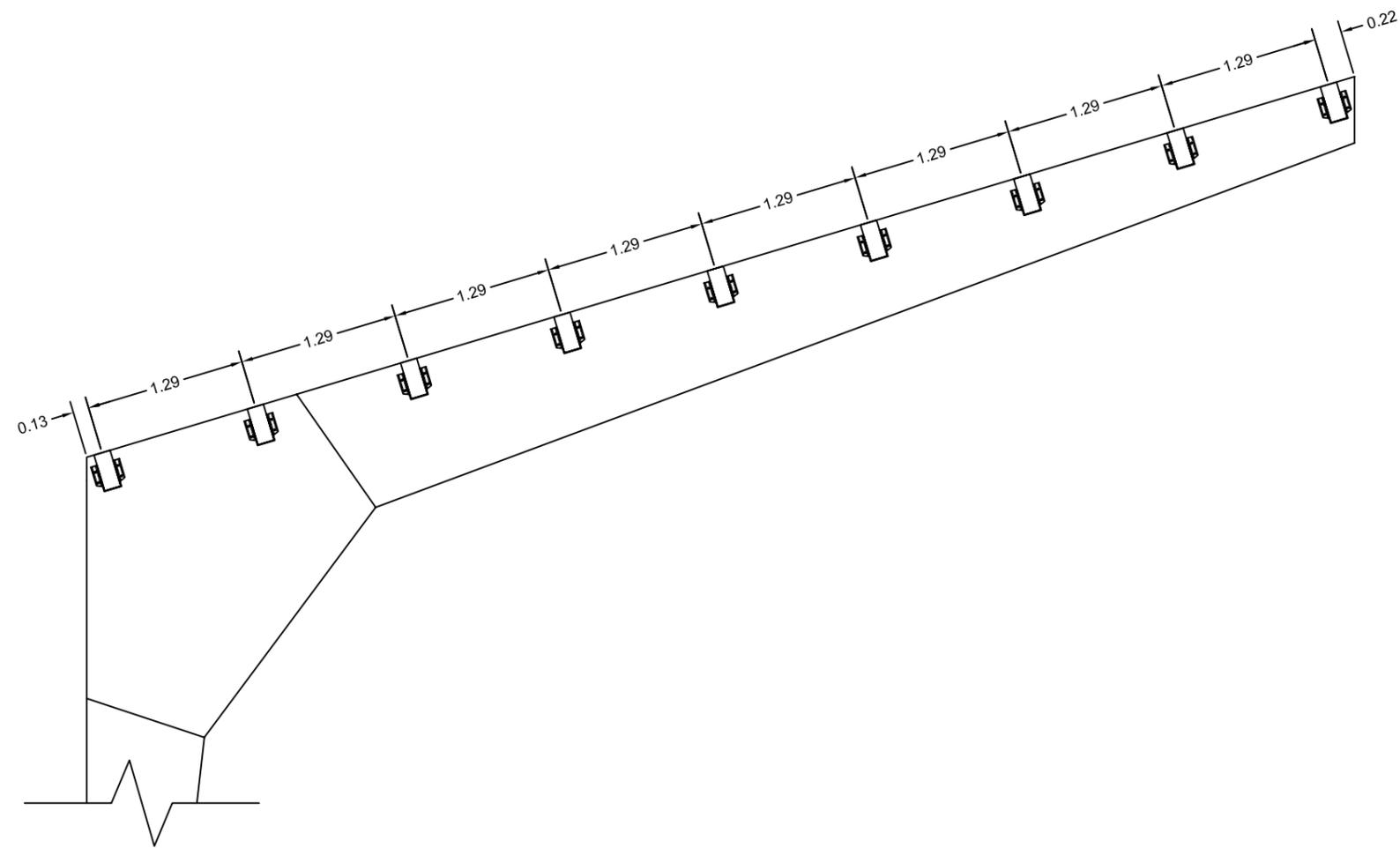


SECCIÓN A-A'
ESCALA 1:10

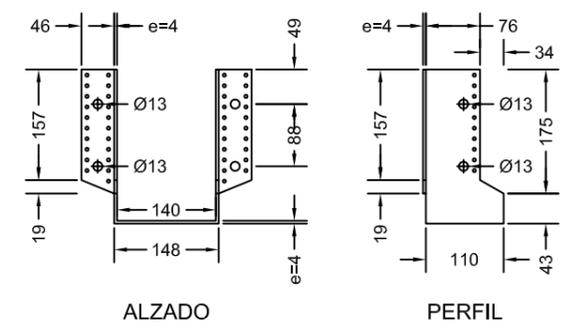


SECCIÓN B-B'
ESCALA 1:10



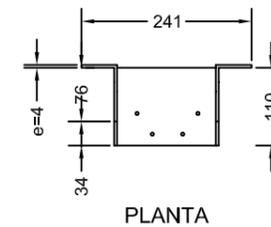


DISTRIBUCION CORREAS
ESCALA 1:25



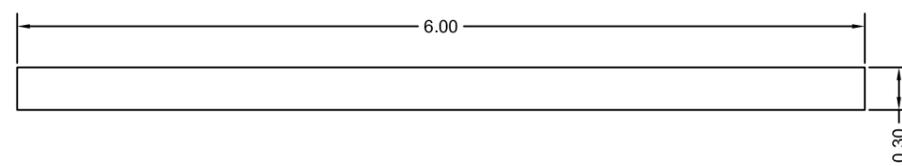
ALZADO

PERFIL

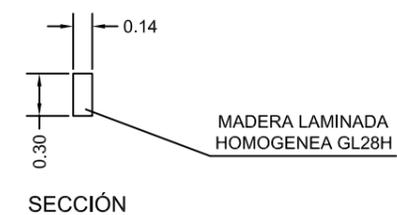


PLANTA

UNIÓN CORREA - PÓRTICO
ESCALA 1:5
COTAS EN MILÍMETROS



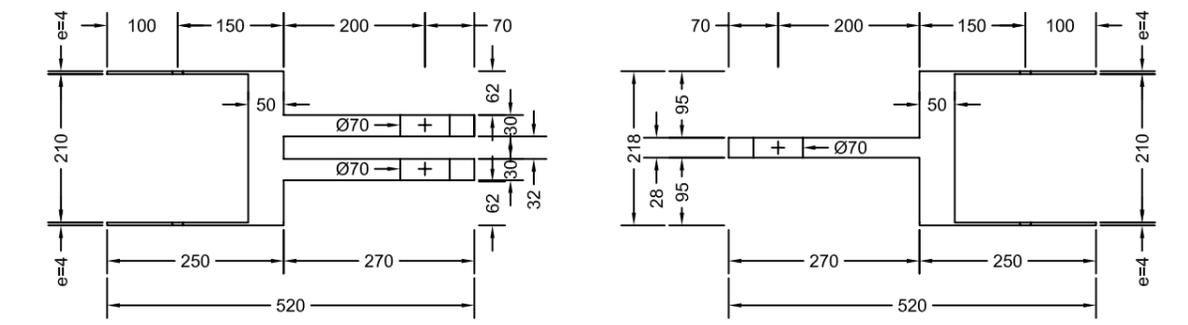
PERFIL



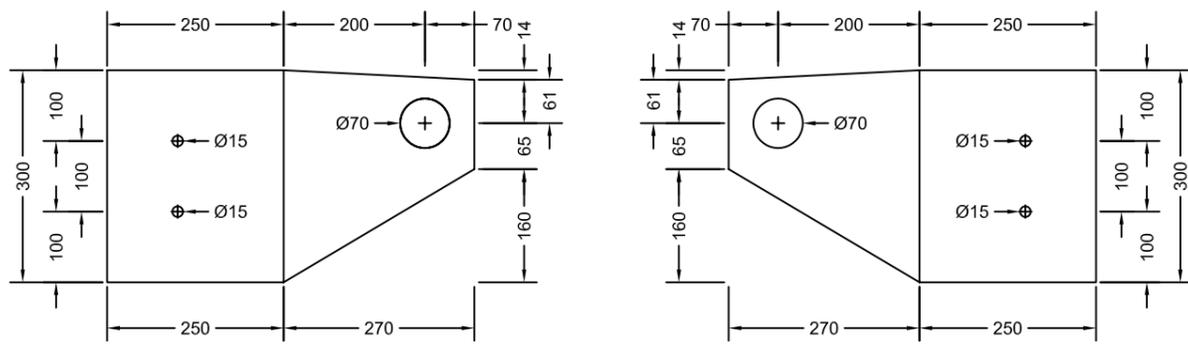
SECCIÓN

DEFINICIÓN CORREA
ESCALA 1:25



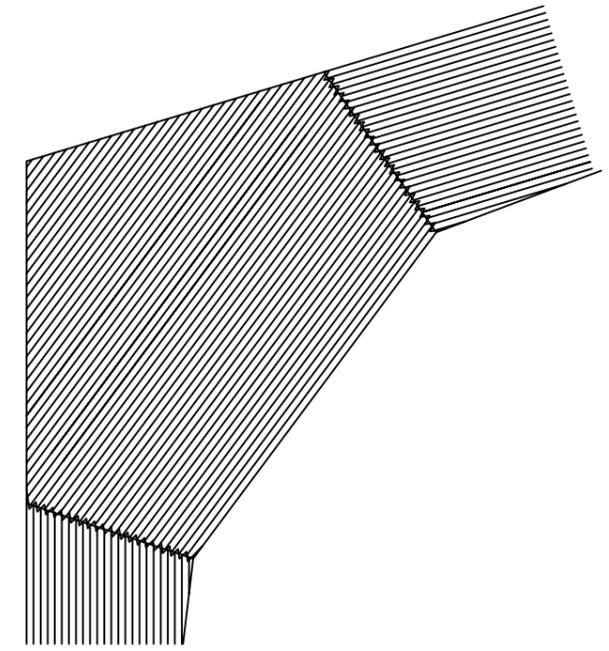


PLANTA

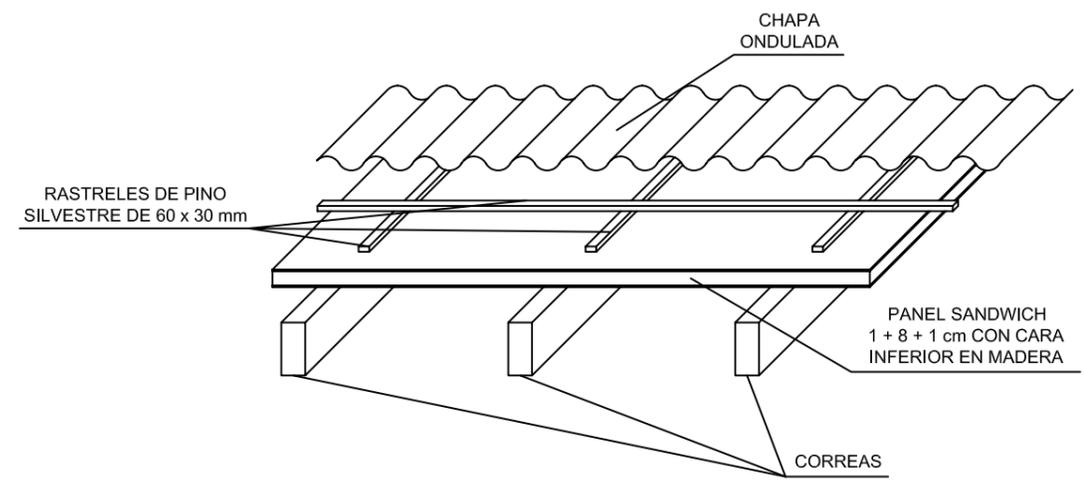


ALZADO

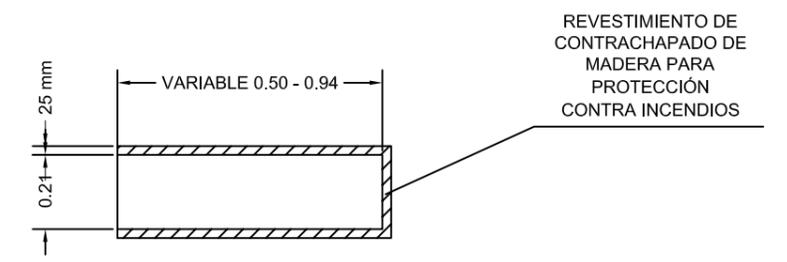
ARTICULACIÓN PÓRTICO
ESCALA 1:5
COTAS EN MILÍMETROS



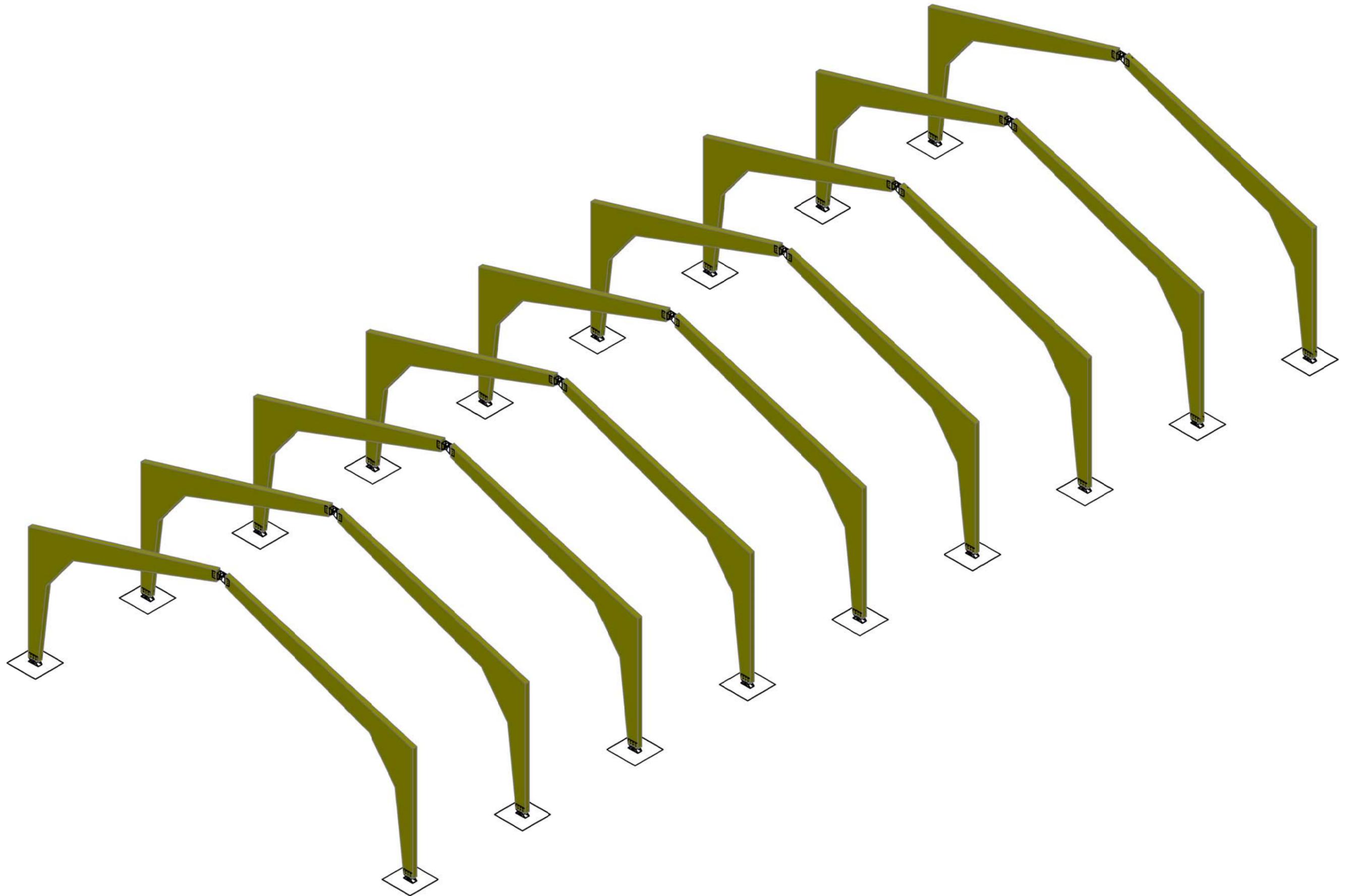
DISPOSICIÓN DE LA MADERA LAMINADA
SIN ESCALA



DETALLE DE CUBIERTA
ESCALA 1:20



DETALLE DE PROTECCIÓN
POR SECCIÓN A-A'
ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

INGENIERIA TECNICA DE OBRAS PUBLICAS
DEPARTAMENTO: INGENIERIA MECANICA

AREA: MEDIOS CONTINUOS Y
TEORIA DE ESTRUCTURAS

AUTOR DEL PROYECTO:
MIGUEL HERRERO BECERRO

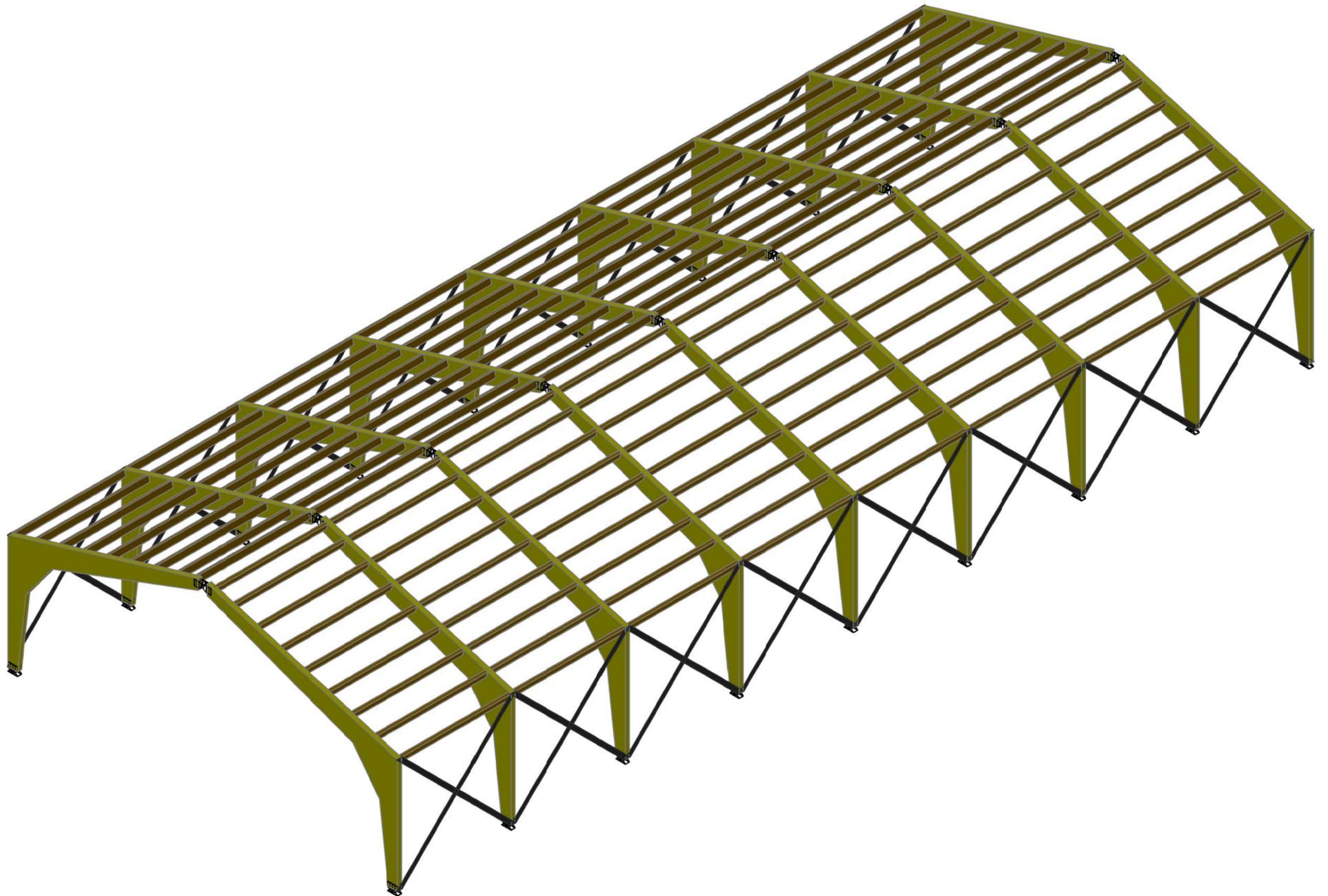
ESCALAS:
S / E
ORIGINAL EN A-1

TITULO:
ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA
DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS

Nº DE PLANO:
7
HOJA 1 DE 3

DESIGNACION DEL PLANO:
VISTAS. PÓRTICOS

FECHA:
FEBRERO 2009



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

INGENIERIA TECNICA DE OBRAS PUBLICAS
DEPARTAMENTO: INGENIERIA MECANICA

AREA: MEDIOS CONTINUOS Y
TEORIA DE ESTRUCTURAS

AUTOR DEL PROYECTO:
MIGUEL HERRERO BECERRO

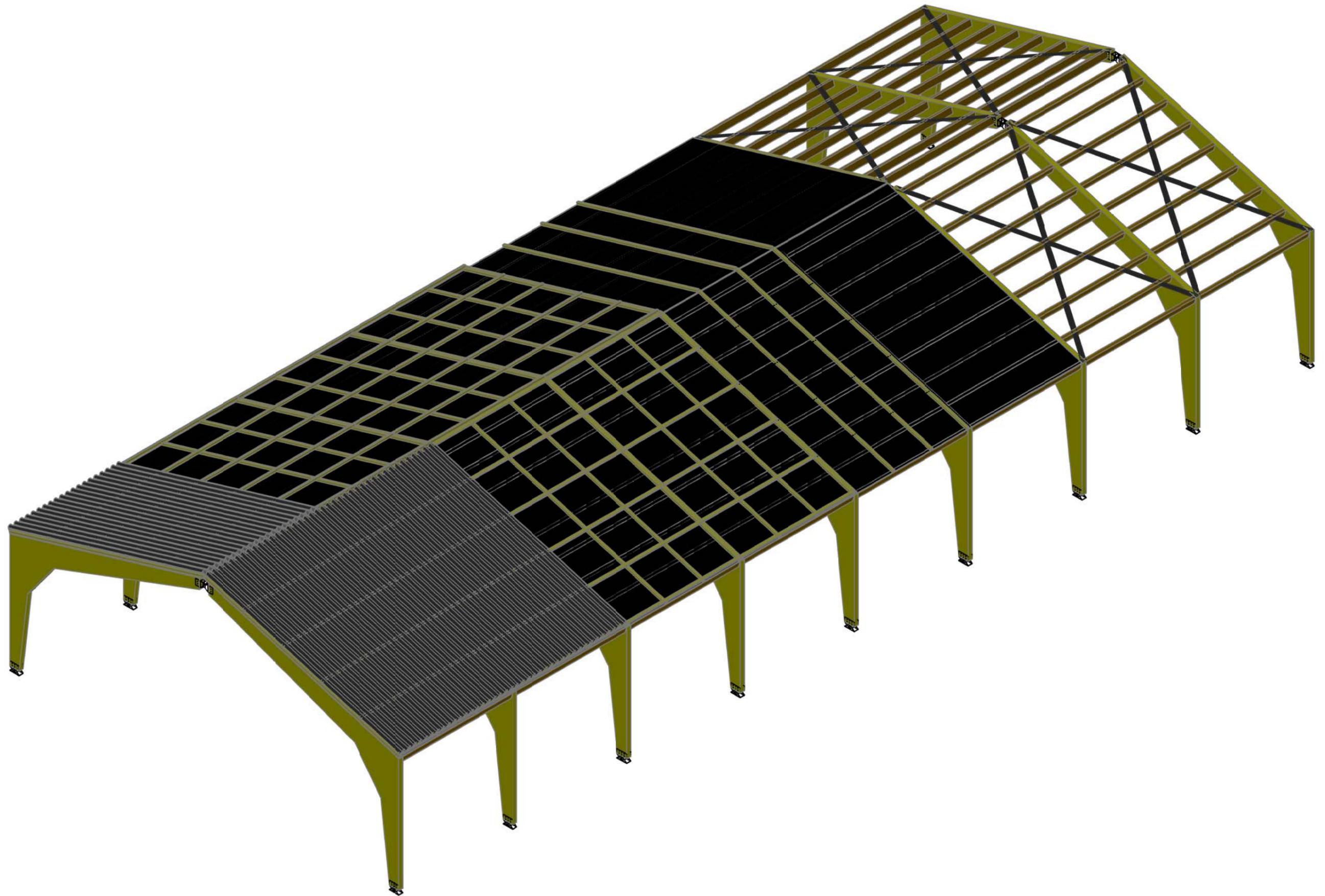
ESCALAS:
S / E
ORIGINAL EN A-1

TITULO:
ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA
DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS

Nº DE PLANO:
7
HOJA 2 DE 3

DESIGNACION DEL PLANO:
VISTAS, PÓRTICOS Y CORREAS

FECHA:
FEBRERO 2009



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

INGENIERIA TECNICA DE OBRAS PUBLICAS
DEPARTAMENTO: INGENIERIA MECANICA

AREA: MEDIOS CONTINUOS Y
TEORIA DE ESTRUCTURAS

AUTOR DEL PROYECTO:
MIGUEL HERRERO BECERRO

ESCALAS:
S / E
ORIGINAL EN A-1

TITULO:
ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA
DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS

Nº DE PLANO:
7
HOJA 3 DE 3

DESIGNACION DEL PLANO:
VISTAS, CERRAMIENTO

FECHA:
FEBRERO 2009

DOCUMENTO N°: 3.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Documento nº: 3.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES

índice:

Capítulo nº: 1.- Definición y alcance del pliego

- 1.1. Objeto del pliego
- 1.2. Compatibilidad y prelación de los documentos que definen las obras
- 1.3. Descripción de las obras

Capítulo nº: 2.- Prescripciones generales

- 2.1. Normas generales
- 2.2. Disposiciones a tener en cuenta

Capítulo nº: 3.- Prescripciones particulares

- 3.1 Desbroce y limpieza
- 3.2 Excavación en vaciado
- 3.3 Excavaciones en zanjas y pozos
- 3.4 Rellenos en zanjas y pozos o rellenos localizados
- 3.5 Hormigones
- 3.6 Aceros para armaduras
- 3.7 Acero en elementos de unión
- 3.8 Madera laminada
- 3.9 Revestimiento con tablero de madera
- 3.10 Paneles sándwich de cubierta
- 3.11 Rastreles de madera
- 3.12 Chapa ondulada de cubierta
- 3.13 Partidas alzadas
- 3.14 Unidades de obra no ejecutadas conforme a proyecto
- 3.15 Unidades de obra no especificadas en el presente pliego
- 3.16 Unidades no previstas

Capítulo nº: 4.- Disposiciones generales

- 4.1 Normas generales
- 4.2 Omisiones o errores
- 4.3 Representantes del contratista
- 4.4 Facilidades para la inspección
- 4.5 Sobre la correspondencia oficial
- 4.6 Iniciación de las obras
- 4.7 Instalaciones de las obras
- 4.8 Medidas de protección y limpieza
- 4.9 Significación de los ensayos y reconocimiento durante la ejecución de las obras
- 4.10 Precauciones especiales durante la ejecución de las obras
- 4.11 Gastos de accesos provisionales de obra
- 4.12 Gastos de replanteo, liquidación, pruebas y ensayos
- 4.13 Otros gastos de cuenta del contratista
- 4.14 Sanciones al contratista
- 4.15 Plazo de ejecución
- 4.16 Documento final de la obra
- 4.17 Recepción de las obras
- 4.18 Plazo de garantía
- 4.19 Inalterabilidad del contrato o revisión de precios
- 4.20 Materiales hallados en las obras
- 4.21 Prerrogativas de la administración

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Capítulo nº: 1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO

1.1.- OBJETO DEL PLIEGO

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares constituye un conjunto de instrucciones para el desarrollo de las obras del proyecto: "ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS" y contiene las condiciones técnicas y económicas referentes a los materiales y unidades de obra a emplear en las mismas.

Regirá en unión de las disposiciones de carácter general del mismo.

1.2.- COMPATIBILIDAD Y PRELACIÓN DE LOS DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS

"En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, prevalece lo prescrito en este último. En todo caso, ambos documentos prevalecerán sobre el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales. Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos siempre que a juicio del Director, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente y esta tenga precio en el contrato".

1.3.- DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras consisten en la ejecución de las explicitadas en el documento nº:1. Memoria, estando sus dimensiones, materiales y ubicación definidas en el documento nº:2 Planos.

Capítulo nº: 2. PRESCRIPCIONES GENERALES

2.1.- NORMAS GENERALES

El presente Pliego regirá en unión con las disposiciones que se indican en este capítulo. Las dudas en la interpretación aplicable de todas las disposiciones que rigen las obras serán resueltas por la Administración, pasando inmediatamente a ser ejecutivas sin menoscabo del derecho que asiste al Contratista de efectuar las reclamaciones que considere oportunas.

2.2.- DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA

Serán de aplicación, en su caso, como supletorias y complementarias de las contenidas en este Pliego, las disposiciones vigentes sobre protección a la Industria Nacional, Seguridad e Higiene en el Trabajo y Seguridad Social. De manera expresa se cumplirá lo prescrito en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, R.D. 1627/1997 de fecha 24 de Octubre, y las recomendaciones contenidas en la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo aprobada por Orden Ministerial de 9 de marzo de 1.971.

Asimismo serán de aplicación, entre otras, las siguientes disposiciones de índole técnica

- Pliego de Condiciones Técnicas Generales vigentes en el Ayuntamiento de Madrid.
- Pliego de Condiciones Técnicas Generales vigentes en el Ayuntamiento de Salamanca.
- Los siguientes Documentos Básicos del Código técnico de la edificación:
 - Seguridad Estructural, CTE_DB-SE
 - Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación CTE_DB-SE_AE.
 - Seguridad Estructural, Madera CTE_DB-SE_M.
 - Seguridad Estructural, Acero CTE_DB-SE_A.
 - Seguridad Estructural, Cimentaciones CTE_DB-SE_C.
 - Seguridad Estructural, Seguridad en caso de incendio CTE_DB-SE_SI.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE 08.
- Instrucción para la Fabricación y Suministro de Hormigón Preparado EHPRE72 .
- Instrucción para la Recepción de Cementos RC03 .
- Normas Tecnológicas de la Edificación , del antiguo Ministerio de la Vivienda y manera expresa, las siguientes:
 - NTE ADV (Acondicionamiento del terreno. Desmontes/Vaciados)
 - NTE ADZ (Acondicionamiento del terreno. Desmontes/Zanjas y pozos)
- Normas UNE de cumplimiento Obligatorio en el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Texto articulado de la Ley de Contratos del Sector Público.
- Reglamento General de Contratos.
- Normas Técnicas españolas y extranjeras a las que se haga referencia en el articulado de este PPTP, en el PCTG, o en cualquier otro documento de carácter contractual.

Capítulo nº:3. PRESCRIPCIONES PARTICULARES

3.1.- DESBROCE Y LIMPIEZA

- Ejecución

Comprende el acondicionamiento de la explanada. Se estará a lo dispuesto en el artículo 300.- "Desbroce del terreno" del P.G.-3.

De acuerdo con lo anterior, se ejecutarán las siguientes operaciones:

- Comprobación de las rasantes de la explanada.
- Desbroce del terreno con una profundidad media de 25 centímetros.
- Carga y transporte a vertedero de los materiales extraídos.

Durante las diversas etapas, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje.

- Medición y abono

Se medirá por metros cuadrados (m2) realmente ejecutados medidos sobre la superficie del terreno sobre los perfiles teóricos aprobados por la Dirección de Obra, no contemplándose en ningún caso coeficiente alguno de transformación y cubriéndose a costa del Contratista las posibles diferencias.

Con independencia de las condiciones en que se realice la operación, el precio será el utilizado en el documento nº: 4. Mediciones y presupuesto.

3.2.- EXCAVACION EN VACIADO

- Ejecución

Comprende el conjunto de operaciones para excavar y nivelar la zona donde va a asentarse la estructura y los consiguientes taludes, así como la carga y transporte a vertedero. Se estará a lo dispuesto en el artículo 320 "Excavación de la explanación y préstamos" del P.G.-3.

El talud considerado en proyecto para la ejecución del vaciado es 1V:2H.

- Medición y abono

La excavación se abonará por metros cúbicos (m3) medidos sobre los planos de perfiles transversales, una vez que sean aprobados por la Dirección de Obra.

En el precio se incluyen los cánones que se deban abonar por el transporte a vertedero.

No serán de abono los excesos de excavación sobre las secciones definidas en el proyecto, o las órdenes del Director de Obra.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

3.3.- EXCAVACIONES EN ZANJAS Y POZOS

- Ejecución

Incluye las operaciones siguientes

- Abrir zanjas y pozos para alojamiento de cimentaciones.
- Refinar y nivelar las superficies de asiento
- Transporte a vertedero o a lugar de empleo de los productos de los productos sobrantes.

Se ejecutará de acuerdo con lo previsto en los artículos 300, 301, 320 del P.G.- 3, artículo 321.- "Excavación en zanjas y pozos" del mismo.

El Adjudicatario de las obras no iniciará las excavaciones hasta tanto no se tengan a punto los materiales que haya de ocupar la excavación a realizar, la maquinaria y mano de obra que haya de emplearse.

Los materiales no aprovechables en obra deberán ser transportados a vertedero, que si está a menos de 50 m. del eje de una carretera deberá ser autorizado por la Dirección de la Dirección de Obra.

El Contratista deberá realizar a su costa todas las gestiones comerciales y legales para la utilización de las zonas destinadas a vertederos. Deben formarse con superficies suaves favoreciendo las escorrentías de las aguas hacia cauces naturales y tener taludes estables de forma que una vez terminados no dañen el aspecto general del paisaje. Todo esto sin perjuicio de las obligaciones que el Contratista adquiera con terceras personas.

Independientemente de la señalización general de la obra, los pozos estarán protegidos por vallas en todo su perímetro hasta su completa terminación.

- Medición y abono

Se medirá y abonará por metros cúbicos (m3) realmente ejecutados, quedando incluido en el precio la formación de taludes, limpieza de fondo y agotamientos que fuesen necesarios, no siendo por tanto objeto de abono por separado.

Los sobrecargos de excavación necesarios para la ejecución de la obra deberán ser aprobados, en cada caso, por el Director.

Con independencia de la proporción roca/tránsito/suelto, el precio será el utilizado en el documento nº: 4. Mediciones y presupuesto.

Por otra parte, se entiende que los precios se refieren a tierras medidas en perfil, razón por la cual no habrá lugar, en ningún caso, a la intervención de coeficientes de esponjamiento.

3.4.- RELLENO EN ZANJAS Y POZOS O RELLENOS LOCALIZADOS

- Ejecución

Se ejecutará de acuerdo con lo previsto en el artículo 322.- "Rellenos localizados" del PG-3.

El relleno se efectuará por tongadas horizontales de un máximo de 30 cm. de espesor, alcanzándose, al menos, una densidad seca mínima del 95 % de la obtenida en el ensayo Proctor modificado.

Para el relleno de los pozos se utilizará, en general, material local procedente de las excavaciones de las propias obras, y su empleo será autorizado por el Director de Obra.

Como norma general se evitará el empleo de materiales con carácter plástico, y los que contengan escombros o áridos mayores de 4 cm.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Medición y abono

El abono se hará por metros cúbicos (m3) realmente ejecutados, sin considerar esponjamientos, y a los precios de los Cuadros de Precios, incluyendo todas las operaciones necesarias para su ejecución.

No será de abono el relleno necesario como consecuencias de sobreexcavaciones realizadas por cuenta del Contratista.

3.5.- HORMIGONES

- Materiales

Como norma general, los hormigones que se utilicen en las obras deberán ajustarse a las especificaciones de la EHE 08. Los hormigones a utilizar se corresponden con la nomenclatura utilizada en el apartado "Tipificación de los hormigones" de la citada EHE.

Como norma general, el cemento a utilizar en las obras será de tipo PIIC35A, y deberá ajustarse a las especificaciones del artículo "Cementos" de la EHE.

El agua a utilizar en las obras deberá ajustarse a lo previsto en su artículo "Agua"

Los áridos que se utilicen para la confección de hormigones cumplirán lo dispuesto en el artículo "Áridos"

Se prohíbe el empleo de toda clase de aditivos para los hormigones, salvo autorización expresa, por escrito, del Director de las obras. En este caso, se estará a lo dispuesto en el artículo "Aditivos" de la EHE.

Los encofrados que se empleen tendrán la buena calidad que merezca la aprobación del Director de la obra.

Los encofrados tendrán rigidez suficiente para resistir, sin sensibles deformaciones, los esfuerzos a que estarán expuestos. Antes del comienzo de su ejecución, los dispositivos proyectados deberán someterse a la aprobación del Ingeniero Director.

- Ejecución

La ejecución se ajustará a lo dispuesto en el título "Ejecución" de la EHE, debiéndose efectuar el control de calidad de acuerdo con el título "Control" de la misma.

El hormigón de la cimentación se ejecutará en toda la zapata simultáneamente y se compactará con vibrador de aguja de diámetro no mayor que 1/3 del espesor.

Los hormigones utilizados en obras de fábrica se ejecutarán con medios mecánicos y cumplirán las especificaciones contenidas en la EHE. Será obligatorio mantener húmedas las superficies libres del hormigón durante el tiempo de fraguado, aproximadamente después de las 6 horas del vertido y durante 3 días.

Sólo se permitirá el empleo de hormigones de consistencia plástica, 3/5 cm. de asiento en el cono de Abrams.

Los encofrados tendrán las posiciones y orientaciones necesarias. Antes del hormigonado de un elemento deberán hacerse cuantas comprobaciones sean necesarias para cerciorarse de la precisión de los encofrados, e igualmente durante el curso del hormigonado para evitar cualquier movimiento de los mismos. Deberán ser estancos, con superficies interiores lisas. Se humedecerán antes del hormigonado.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Medición y abono

Su abono se hará por metros cúbicos (m3) medidos sobre planos de proyecto a los precios establecidos en los Cuadros de Precios, teniendo en cuenta que si existen diferencias de más del 5 % en menos, en las dimensiones de las piezas respecto a las teóricas, éstas deberán demolerse y reconstruirse con las dimensiones específicas a costa del Constructor.

El precio de los hormigones incluye los materiales, su fabricación, su transporte, puesta en obra, vibrado, curado y producto de curado, aireante y cuantas adiciones debidamente autorizadas sean precisas para su puesta en obra.

3.6.- ACEROS PARA ARMADURAS

El acero a emplear en las armaduras será el especificado en la Instrucción EHE como B 500 S, de 500 Nw/mm² de límite elástico, elaborado en barras corrugadas de los diámetros previstos en el documento Planos.

- Ejecución

El Contratista propondrá los materiales y modo de actuación, siendo precisa en cada caso la aprobación por parte de la Dirección de Obra

- Medición y abono

Las armaduras se medirán y abonarán por su peso teórico, según las longitudes de las barras anotadas en los Planos, al precio asignado que incluye los materiales, mano de obra, alambre de atado y medios auxiliares para la realización de las operaciones de corte, doblado y colocación de las armaduras en obra, incluso los separadores y demás medios para mantener los recubrimientos de acuerdo con las especificaciones de proyecto.

De manera expresa quedan incluidos en los precios los excesos por tolerancia de laminación, empalmes, separadores y pérdidas.

3.7.- ACERO EN ELEMENTOS DE UNION

Todos los clavos, tornillos, tuercas, arandelas, chapas y piezas metálicas, que forman los medios de unión se deberán ajustar a lo exigido en la Norma UNE EN 10025. Estructuras de acero en Edificación según el CTE DB-SE-A.

Para la clase de servicio 2, los pasadores y pernos metálicos de diámetros superior a 4 mm no deben tener ninguna protección específica frente a la corrosión, así como las placas de acero de espesor superior a 5 mm.

Las placas metálicas de herrajes y uniones de espesor inferior a 5 mm deben estar protegidas frente la corrosión por galvanizado en caliente Z 275.

Los elementos de unión, montaje apoyos y el resto de fijaciones metálicas se incluyen en las correspondientes partidas a las que pertenecen según se indica en el documento nº: 4. Presupuesto.

3.8.- MADERA LAMINADA

Se usará madera de la especie pino silvestre, de primera calidad, perteneciente a las clases resistentes GL28h y GL36h, según la norma UNE EN 338. La humedad media de las piezas que componen las láminas encoladas se deberá ajustar a lo que indica la norma sobre las clases de servicio: Para la clase de servicio 2, se puede dar un contenido de humedad ocasionalmente en parte o en la totalidad de la estructura superior al 20%. El contenido de humedad de la madera será el de equilibrio higroscópico antes de ser utilizada en obra.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Fabricación

El proceso de montaje de los elementos de madera laminada se realiza mediante la unión de las láminas de madera aserrada con un adhesivo a la aplicación de presión sobre las caras del elemento.

Según la norma UNE 386 las dimensiones de las láminas que conformarán las piezas de madera laminada serán las que se indican en los anejos a la memoria correspondientes para los elementos realizados en madera laminada.

El tipo de adhesivo para encolar las láminas, su cantidad y el tiempo de fraguado será el especificado por el fabricante.

Los elementos de madera deben estar protegidos frente al daño producido por agentes bióticos y abióticos, de acuerdo a la clase de riesgo a la que pertenecen, según la normativa CTE_DB-SE_M, la estructura se encuentra en clase de riesgo 2, por lo que se le debe aplicar una protección superficial en la que la penetración media alcanzada por el protector es de 3 mm, siendo como mínimo de 1 mm en cualquier parte de la superficie tratada. Se corresponde con la clase de penetración P2 de la norma UNE EN 351-1.

Según la citada normativa no es necesaria una protección especial frente a los agentes meteorológicos.

- Transporte

El transporte de las piezas de madera laminada se realizará en vehículos preparados para tal fin, de suficiente longitud y anchura para garantizar el correcto transporte de las piezas sin que sufran daños.

Se cargarán las piezas en fábrica donde se acomodarán con juntas para evitar desplazamientos y golpes que pudieran dañarlos.

Se cubrirán con lonas que garanticen su protección de los agentes atmosféricos. Se evitarán los plásticos o similares que produzcan condensaciones.

Se evitará que las piezas soporten cualquier tensión previa que pueda hacer variar sus características resistentes.

El transporte se programará de tal forma que las piezas estén el menor tiempo de espera en obra antes de ser utilizadas.

- Montaje

Se exige en todo momento la presencia de personal especializado.

El montaje se realizará con precisión evitando que se produzcan tensiones entre piezas que luego puedan dar lugar a deformaciones y roturas en la estructura con la consiguiente reducción de vida útil de la misma.

Se tendrá en cuenta que las uniones entre piezas de madera o entre acero y madera nunca sean puntuales. Estas uniones suelen ocupar grandes superficies, tal y como se indica en los planos. La superficie de contacto es de gran importancia para transmitir esfuerzos de forma adecuada.

Los ensambles son fundamentales ya que es la mayor causa de siniestros en estructuras. Como los taladros, que ya vendrán hechos de fábrica, los operarios sólo se ocuparán del montaje, acople y apriete, no superando 1,5 mm la holgura de paso de los bulones.

Se cuidará la zona de montaje con elementos visuales que avisen del mismo. Se delimitará y señalizarán las zonas que pudieran ser peligrosas y se evacuarán las zonas donde se estuviera instalando piezas, que de caer, pudieran ocasionar daños personales.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

- Medición y abono

La madera laminada se mide en metros cúbicos (m³) según las dimensiones especificadas en el documento nº: 2. Planos, cualquier pieza que no se ajuste a lo referido en el citado documento será rechazada para su empleo.

Las tolerancias dimensionales, o desviaciones admisibles respecto a las dimensiones nominales de la madera laminada encolada, se ajustarán a los límites de tolerancia definidos en la norma UNE EN 390.

3.9.- REVESTIMIENTO CON TABLERO DE MADERA

Se empleará un tablero de madera de contrachapado con las especificaciones citadas en el presente proyecto de 25 mm de espesor, recubriendo los elementos de madera laminada de la estructura principal en las caras indicadas en el documento nº: 2. Planos.

- Montaje

Antes de proceder al montaje se asegurará la inexistencia de irregularidades en el elemento, cuya superficie debe ser lisa y estar seca y limpia.

Se realizará el replanteo de los tableros y la nivelación y regularización de la superficie del paramento.

El revestimiento debe presentar buenas condiciones de planeidad y una adecuada fijación al elemento, siempre aprobado por la Dirección de Obra.

- Medición y abono

Se medirá la superficie en metros cuadrados (m²) realmente ejecutada según las especificaciones del presente proyecto, deduciendo los huecos de superficie mayor de dos metros cuadrados.

La unidad se abona totalmente colocada en obra incluyendo los elementos de fijación a la estructura principal.

3.10.- PANELES SANDWICH DE CUBIERTA

Los paneles sándwich serán tipo X-FOAM WR o similar, tendrán un aislante central formado por un núcleo de poliestireno extruido de 80 mm de espesor.

La cara inferior colocada sobre las correas será de madera con un espesor de 10 mm con acabado tipo abedul regular o similar.

- Montaje

La unión a las correas se realiza mediante puntas metálicas y entre paneles se emplea una unión machihembrada.

- Medición y abono

El abono se hará por metro cuadrado (m²) realmente ejecutado, según planos, medidos en verdadera magnitud.

La unidad incluye el montaje del panel totalmente puesto en obra, así como los elementos de fijación mecánicos y los medios auxiliares que sea preciso emplear.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

3.11.- RASTRELES DE MADERA

Los rastreles de madera para la sujeción de la chapa de acero de cubierta serán de pino con unas dimensiones de 60 x 30 milímetros.

- Montaje

Se colocarán sobre los paneles sándwich según lo descrito en el documento nº: 2. Planos, en sentido transversal y longitudinal.

La fijación a los paneles se realizará mediante puntas de acero de 17 x 70 milímetros.

- Medición y abono

Los rastreles se abonan por metro lineal (m) realmente construido medido sobre planos bajo la aprobación de la Dirección de Obra.

El abono de los rastreles incluye la unidad totalmente colocada en obra, así como los medios auxiliares necesarios para el montaje y las puntas de acero de fijación.

3.12.- CHAPA ONDULADA DE CUBIERTA

Se empleará una chapa ondulada de 200 x 95 mm y un espesor de 3 mm.

El acabado superior será en color marrón, con diez ondas por placa.

- Montaje

Se fijará directamente sobre los rastreles de madera mediante clavos con cabeza de PVC, sin perforación previa.

- Medición y abono

Se abona en metros cuadrados (m2) realmente ejecutados, medidos sobre los planos de proyecto de acuerdo con la Dirección de Obra.

El abono incluye el montaje en obra, los medios auxiliares que sea necesario emplear para la colocación y los clavos de fijación.

3.13.- PARTIDAS ALZADAS

De acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 21 de Febrero, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud o Estudio básico de Seguridad y Salud en los proyectos de edificación y obras públicas se incluye como documento adicional y asociado al presente Proyecto el preceptivo el Estudio básico de Seguridad y Salud.

Este Estudio establece las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales durante la construcción de las obras contempladas, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento de la citada obra, determinando las instalaciones, equipos y servicios básicos de higiene y bienestar de los trabajadores.

Basándose en los principios contenidos en este Estudio, el Contratista elaborará, para ser aprobado por el Coordinador de Seguridad y puesto en conocimiento de los trabajadores, el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo ajustado a su forma y medios de trabajo que regirá durante la ejecución de las obras.

El abono de las protecciones, medios auxiliares y labores necesarias contempladas en el Plan y llevadas a la práctica se efectuará con cargo a una partida alzada de título : ud. Partida alzada a justificar Estudio Seguridad y Salud, para la que se establece como previsión presupuestaria un 3 % del presupuesto de ejecución material.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

3.14.- UNIDADES DE OBRA NO EJECUTADAS CONFORME A PROYECTO

Cuando de acuerdo con los controles de calidad se detecte en cualquier unidad de obra una disminución de las dimensiones o calidades exigidas en el Proyecto, el Director de obra optará por alguna de las siguientes posibilidades:

- Considerar la obra inaceptable. En este caso el Contratista procederá a su demolición y nueva ejecución acorde con lo exigido en el Proyecto, enteramente a su cargo.
- Considerar la obra, como defectuosa pero aceptable. En este caso el abono de esta unidad de obra sufrirá una sanción porcentual en su precio equivalente al doble de la disminución en porcentaje sobre la dimensión o características de calidad (densidad, resistencia, estabilidad, etc.) que haya sido afectada.

3.15.- UNIDADES DE OBRA NO ESPECIFICADAS EN EL PRESENTE PLIEGO

El Contratista presentará a la Dirección de Obra, para su aceptación, el plan de obra definiendo los elementos de señalización y protección a utilizar.

Los materiales que se empleen para este uso, vallas, paneles, elementos de balizamiento..., y que no han sido especificados en este Pliego serán de buena calidad entre los de su clase, en armonía con las aplicaciones que hayan de recibir y con las características que exige su correcta conservación, utilización y servicio.

Antes de ser utilizadas en la obra, serán reconocidas y aceptadas por el Director de la Obra, quedando a la discreción de éste rechazarlos, aún reuniendo dicha condición, si se encontraran materiales análogos, que estando también clasificados entre los de primera calidad, fuesen a su juicio más adecuados para las obras a realizar, o reuniesen mejores condiciones que los que hubiese presentado el Contratista.

Este queda, en tal caso, obligado a aceptar y emplear los materiales designados por el Director de la Obra

En la ejecución de aquellas unidades para las cuales no existen prescripciones consignadas expresamente en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas, y no estén incluidas en las Normas y Reglamentos citados en el Capítulo 2, se atenderá el Contratista a la buena práctica de la construcción y a las normas que al respecto le de el Ingeniero Director de la Obra

3.16.- UNIDADES NO PREVISTAS

La medición y valoración de unidades de obra no incluidas en el Proyecto, exige la confección del correspondiente Cuadro de Precios Contradictorios que deberá elaborarse con las premisas marcadas en el anejo de justificación de precios, debiendo seguirse lo establecido en la cláusula 60 del Pliego de Cláusulas Administrativas de Contrato del Estado.

Nunca serán de abono operaciones o materiales auxiliares necesarios para la mejor conclusión de una unidad de obra.

Así mismo, tampoco serán de abono las obras necesarias para la adaptación, reposición o adecuación al estado final de las obras de las instalaciones o servidumbres preexistentes (pozos, sumideros, registros, acometidas, fachadas, peldaños, tapias, canalones, etc.) salvo que, expresamente, se indique.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Capítulo nº: 4.- DISPOSICIONES GENERALES

4.1.- NORMAS GENERALES

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción a las Normas y Reglamentos citados y a lo que este Pliego desarrolla, rigiendo lo dispuesto en el artículo 102 "Descripción de las Obras" del P.G.-3.

En aquello que no quede especificado regirá lo dispuesto en los artículos "Unidades de obra no específicas en el presente pliego" o, en su caso, "Unidades no previstas".

El desarrollo de este tipo de obras donde existen servicios públicos obligará a tomar las medidas precautorias oportunas para no suspenderlos, viniendo el Contratista obligado a mantenerlos y reponerlos a sus expensas en caso de rotura, e incluso montar instalaciones provisionales mientras se ejecutan las obras.

4.2.- OMISIONES O ERRORES

Las órdenes del Ingeniero Director de las obras y, en su caso, todo lo que sin apartarse del espíritu general del Proyecto o de las disposiciones generales especiales que al efecto se dicten por quien corresponda, será ejecutado obligatoriamente por el Contratista aún cuando no esté estipulado expresamente en alguno de los documentos contractuales del Proyecto o vinculados a él.

Teniendo que ser ejecutados todos los detalles de obra como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas.

4.3.- REPRESENTANTES DEL CONTRATISTA

Una vez adjudicadas definitivamente las obras, el Contratista designará una persona que asuma la dirección de los trabajos que se ejecuten y que actúe, a todos los efectos que se requieran durante la ejecución de las obras, como Delegado suyo ante la Administración

Dicho Delegado deberá residir en un punto próximo a los trabajos y no podrá ausentarse sin ponerlo en conocimiento del Ingeniero Director de la Obra.

Deberá tener titulación de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos o de Ingeniero Técnico de Obras Públicas, Arquitecto, Aparejador o Arquitecto Técnico.

La Administración exigirá a pie de obra personal cualificado en Topografía durante las fases de obra en que fuera necesario.

4.4.- FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN

El Contratista proporcionará al Ingeniero Director, o a sus subalternos o delegados, toda clase de facilidades para replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de materiales, así como para la inspección de la mano de obra de todos los trabajos con objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en este Pliego, permitiendo el acceso a las partes de la obra, e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen los trabajos para las obras.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

4.5.- SOBRE LA CORRESPONDENCIA OFICIAL

El Contratista tendrá derecho, si lo pide, a que se le acuse recibo, de las comunicaciones o reclamaciones que dirija al Ingeniero Director, y a su vez estará obligado a devolver a aquél los originales o una copia de las órdenes que reciba, poniendo al pie el "enterado".

4.6.- INICIACION DE LAS OBRAS

Se estará a lo dispuesto en el artículo 103, "Iniciación de las obras", del P.G.-3, con las salvedades oportunas de denominación de los servicios correspondientes.

En el término de los 30 días siguientes a la formalización del contrato se procederá a la comprobación del replanteo, suscribiéndose la correspondiente acta.

En el momento de procederse al replanteo de la obra, el Adjudicatario deberá tener suscrita una Póliza de Seguro de Responsabilidad Civil para la obra de que se trate con vigencia hasta el momento de la recepción definitiva de las mismas y con un mínimo de 150.000 euros por siniestro que pueda producirse.

4.7.- INSTALACIONES DE LAS OBRAS

El Contratista deberá presentar a la Dirección de las obras, dentro del plazo que figura en el plan de obra en vigor, el proyecto de sus instalaciones de maquinaria y cuantos elementos sean necesarios para su normal desarrollo, quedando el mismo obligado a su realización y retirada al fin de las obras: a este respecto, deberá sujetarse a las prescripciones legales vigentes, servidumbres y limitaciones que impongan los diferentes Organismos.

Todos los gastos que deba aportar el Contratista a fin de cumplir las prescripciones de este apartado, deberán entenderse incluidos en los precios unitarios de la Contrata.

4.8.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y LIMPIEZA

El Contratista deberá proteger todos los materiales y la propia obra contra todo deterioro y daño durante el periodo de construcción y deberá almacenar y proteger contra incendios todos los materiales inflamables.

Se subraya la importancia del cumplimiento por parte del Contratista de los reglamentos vigentes para el almacenamiento de explosivos y carburantes.

Deberá conservar en perfecto estado de limpieza todos los espacios interiores y exteriores de las construcciones, evacuando los desperdicios y las basuras.

4.9.- SIGNIFICACION DE LOS ENSAYOS Y RECONOCIMIENTO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Los ensayos y reconocimiento verificados durante la ejecución de los trabajos no tienen otro carácter que el de simple antecedente para la recepción. Por consiguiente, la admisión de materiales o piezas que se realice antes de la recepción no atenúan las obligaciones si resultasen inaceptables, parcial o totalmente, en el reconocimiento final

4.10.- PRECAUCIONES ESPECIALES DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS

La ejecución de toda clase de excavaciones se efectuará adoptando cuantas precauciones sean necesarias para no alterar la estabilidad del terreno, entibando donde sea necesario, y para evitar daños materiales o personales derivados de interferencias con las redes municipales o de compañías suministradoras de energía o servicios.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

4.11.- GASTOS DE ACCESOS PROVISIONALES DE OBRA

Serán de cuenta del Contratista los gastos de ejecución y conservación de los desvíos, rampas o caminos provisionales que, considerándose precisos para el acceso o ejecución de las obras, no estén reflejados en los documentos informativos o contractuales del proyecto y sean aprobados por el Director de las Obras

4.12.- GASTOS DE REPLANTEO, LIQUIDACION, PRUEBAS Y ENSAYOS

Asimismo correrán por cuenta del Contratista hasta un importe del 2% del precio de adjudicación, IVA excluido, los gastos por prestación de los trabajos facultativos de comprobación de replanteo, liquidación y cualquier otro que resulte de aplicación, incluidos visados y autorizaciones o altas.

Todos los gastos anteriormente señalados se entienden comprendidos en el precio de adjudicación. Serán abonados por la Administración y serán posteriormente reintegrados por el Contratista, con cargo a su garantía si fuese necesario.

Asimismo correrá, hasta un importe del 1,5% del precio de adjudicación de la obra, IVA excluido, con cuántos gastos ocasionen los ensayos y análisis que de los materiales y unidades de obra ordene la Dirección de las mismas, conforme señala la Cláusula 38 del Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, aprobado por Decreto 3854/70 de 31 de Diciembre.

Los ensayos serán realizados por el laboratorio que designe la Administración. En relación con los gastos ocasionados por estos ensayos y las pruebas que se efectúen se seguirán los siguientes criterios:

- Los gastos de los ensayos y pruebas realizados por orden del Ingeniero Director de las Obras serán abonados por el Contratista hasta el 1,5% antes citado, y el resto por la Administración mediante la presentación de la correspondiente factura conformada por la Dirección de Obra.

- Los gastos ocasionados por la realización de ensayos o pruebas cuyos resultados supongan la no aceptación total de las unidades de obra correspondientes según lo prescrito en el documento nº: 3.- "Pliego de Prescripciones" u otros apartados del Proyecto, correrán a cargo del Contratista pero no se contabilizarán a los efectos de alcanzar el 1% del presupuesto total de la obra.

- Los gastos ocasionados por los ensayos encargados voluntariamente por Contratista serán, en todo caso, por su cuenta

4.13.- OTROS GASTOS DE CUENTA DEL CONTRATISTA

El adjudicatario viene obligado a pagar el importe de los anuncios y de cuántos otros gastos se ocasionen con motivo de los trámites preparatorios y de formalización del contrato, los cuales serán deducidos de la 1ª certificación emitida. También serán de cuenta del Contratista todos los tributos estatales y locales, incluso el IVA correspondiente.

Será obligatorio por parte del Contratista, y a su costa, la instalación en la obra del correspondiente cartel reglamentario..

Se considerarán incluidos en los precios del Cuadro de Precios nº: 1, y por tanto de cuenta del Contratista, los gastos de entibación, señalización, balizamiento y de cuantas precauciones sean necesarias para la seguridad de la obra y para evitar daños a personas y propiedades.

En concreto se recuerda la obligatoriedad del cumplimiento de lo previsto, en lo que afecte a la obra, de la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Serán de cuenta del Contratista los gastos derivados del mantenimiento, o sustitución en caso de rotura no aprobada por la Dirección de Obra, de cuantos servicios públicos sean afectados por las obras, así como de los que sean necesarios para la reposición o adecuación al estado final de las obras de las servidumbres preexistentes.

En particular se considerarán incluidos en este apartado todos los gastos necesarios para la limpieza, señalización y protección de las obras durante su ejecución (vallado de obra, etc.), salvo aquellos para los que esté previsto su abono.

Será también de cuenta del Contratista el suministro de energía eléctrica, quien deberá establecer, a su costa, las líneas eléctricas, subestaciones, transformadores, etc., que estime necesarios durante la ejecución de las obras así como la tramitación de las altas de las instalaciones eléctricas y otras autorizaciones incluyendo el abono de los gastos de redacción de documentos no proporcionados por el promotor de las obras y visados correspondientes.

La búsqueda de vertederos, yacimientos y préstamos y su abono a los propietarios es de cuenta del Contratista.

4.14.- SANCIONES AL CONTRATISTA

El incumplimiento del contrato, especialmente de los plazos para la ejecución de las obras fijados en el presente Pliego de Condiciones Económico Administrativas, será sancionado con arreglo a lo establecido en el Artº 138 del vigente Reglamento de Contratos del Estado y, cuando sea por causa atribuirle al Contratista pudiéndose llegar incluso a la resolución o rescisión del contrato cuando así se estime por el Pleno Provincial, implicándose en este supuesto la pérdida de la fianza definitiva, constituida por el adjudicatario a favor de la Corporación.

Los importes de las penalidades por demora se harán efectivos mediante deducción de los mismos en las certificaciones que se produzcan.

En todo caso la fianza definitiva responderá de la efectividad de aquellas, a tenor de lo dispuesto en el Artº 89 del Reglamento de Contratación de las Corporaciones Locales.

La aplicación y el pago de estas penalidades no excluyen la indemnización a que la Corporación pudiera tener derecho por daños y perjuicios motivados por los retrasos imputables al adjudicatario.

4.15.- PLAZO DE EJECUCION

Será el que se fije en el Pliego de Cláusulas Económicas Administrativas Particulares, o, en su defecto, el fijado en la Memoria de este Proyecto, es decir, TRES meses contados desde el día siguiente de la firma de la referida acta de comprobación de replanteo, extendiéndose con la conformidad de la Dirección de las obras y del Contratista de las mismas.

4.16.- DOCUMENTO FINAL DE LA OBRA

Con antelación a la recepción de las obras, el Contratista entregará a la Dirección de las mismas tres ejemplares del documento elaborado como final de obra, el cual deberá recoger todas las incidencias acaecidas en la obra desde su inicio hasta su finalización, así como todas aquellas modificaciones que durante el transcurso de las mismas hayan tenido lugar.

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Asimismo:

- Quedarán reflejadas mediante la documentación gráfica correspondiente, la ubicación final de todas las instalaciones para que de este modo se facilite cualquier trabajo de reparación o modificación que resulte necesario llevar a cabo con posterioridad.
- De toda la documentación gráfica, se adjuntará una colección de reproducibles.
- Deberá incluirse en este documento la certificación final de obra.
- De la misma manera, el Contratista queda obligado a cumplimentar los impresos de control de la obra que le serán facilitados por la Dirección como requisito previo imprescindible para la recepción.

Estos trabajos en su totalidad serán de cuenta del Contratista.

4.17.- RECEPCION DE LAS OBRAS

Una vez finalizadas las obras, y dentro del mes siguiente al de su terminación, se procederá a la recepción de las mismas.

Al acto de recepción concurrirán el Director de las Obras, el Interventor, que podrá delegar en el facultativo que considere procedente, el Contratista y un representante de la Administración.

Firmada el Acta de Recepción por los asistentes, uno de los ejemplares será entregado en la Administración para su unión al expediente.

4.18.- PLAZO DE GARANTIA

Salvo indicación en contra explicitada en el contrato, el plazo de garantía será de DOCE meses contado a partir de la recepción de las obras, transcurrido el cual sin objeciones por parte de la Administración, quedará extinguida la responsabilidad del Contratista

4.19.- INALTERABILIDAD DEL CONTRATO O REVISION DE PRECIOS

El contrato se hace a riesgo y ventura del adjudicatario, de tal forma, que por ningún concepto puede pedir alteración o revisión del precio de la adjudicación, ni modificación de las condiciones de la misma, a todo lo cuál renuncia por el hecho de licitar.

En caso de que el plazo de ejecución de la obra objeto de esta subasta sea superior a seis meses, procederá la revisión de precios si hubiera lugar a ella, debiendo a tal efecto reunir los requisitos establecidos en el Artº 4 del D.L. 2/64 de 4 de Febrero, seleccionándose la fórmula tipo, según las características de la obra, entre las contenidas en el R. D. 3650/70 de 19 de Diciembre, cuadro de fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los Contratos de Obras del Estado y sus Organismos Autónomos , o en el R. D. 2167/81 de 20 de Agosto, que complementa las fórmulas tipo

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

4.20.- MATERIALES HALLADOS EN LAS OBRAS

Los materiales u objetos aprovechables, a juicio del Ingeniero Director, que parezcan con motivo de las obras pertenecen a la Administración y el Contratista está obligado a extraerlos cuidadosamente y depositarlos en los almacenes que le sean fijados.

4.21.- PRERROGATIVAS DE LA ADMINISTRACION

La Administración podrá introducir en todo momento las modificaciones al Proyecto que estime oportunas, pasando inmediatamente a ser ejecutivas.

Salamanca, febrero de 2009

Autor del proyecto
Fdo: Miguel Herrero Becerro

DOCUMENTO N°: 4.- MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Documento nº: 4.- MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

índice:

1. mediciones
2. cuadro de precios nº 1
3. cuadro de precios nº 2
4. presupuestos

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Num Ud Descripción Total

1.1 M2 Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, profundidad media de 25 cm, carga y transporte a vertedero.

Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	80,00	40,00		3.200,00	
					3.200,000
Total m2:					3.200,000

1.2 M3 Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, con carga y transporte a vertedero.

Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1	121,98	12,00		1.463,76	
Volumen de vaciado entre perfil I y perfil II					
1	110,60	12,00		1.327,20	
Volumen de vaciado entre perfil II y perfil III					
					2.790,96
Total m3:					2.790,960

Num Ud Descripción Total

1.3 M3 Excavación en pozos en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Pórtico 1	2	2,50	2,50	0,50	6,250	
Pórtico 2	2	2,50	2,50	0,50	6,250	
Pórtico 3	2	2,50	2,50	0,50	6,250	
Pórtico 4	2	2,50	2,50	0,50	6,250	
Pórtico 5	2	2,50	2,50	0,50	6,250	
Pórtico 6	2	2,50	2,50	0,50	6,250	
Pórtico 7	2	2,50	2,50	0,50	6,250	
Pórtico 8	2	2,50	2,50	0,50	6,250	
Pórtico 9	2	2,50	2,50	0,50	6,250	
					56,250	56,250
Total m3:						56,250

Num	Ud	Descripción						Total
1.4	M3	Relleno, extendido y compactado de tierras propias en pozos, por medios manuales, con pisón compactador manual tipo rana, en tongadas de 30 cm. de espesor, sin aporte de tierras, incluso regado de las mismas.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Excavación zapatas	18	2,50	2,50	0,50	56,250	
		A deducir volumen zapata	-18	1,50	1,50	0,50	-20,250	
							36,000	36,000
Total m3								36,000

2.1 M3 Hormigón en masa HM-5/B/40, de 5 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40 mm. elaborado en obra para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Zapatas pórtico 1	2	2,00	2,00	0,10	0,800	
Zapatas pórtico 2	2	2,00	2,00	0,10	0,800	
Zapatas pórtico 3	2	2,00	2,00	0,10	0,800	
Zapatas pórtico 4	2	2,00	2,00	0,10	0,800	
Zapatas pórtico 5	2	2,00	2,00	0,10	0,800	
Zapatas pórtico 6	2	2,00	2,00	0,10	0,800	
Zapatas pórtico 7	2	2,00	2,00	0,10	0,800	

Num	Ud	Descripción					Total
		Zapatas pórtico 8	2	2,00	2,00	0,10	0,800
		Zapatas pórtico 9	2	2,00	2,00	0,10	0,800
						7,200	7,200
Total m3							7,200

2.2 M2 Encofrado y desencofrado metálico en zapatas, zanjas, vigas, encepados y 50 posturas .

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Pórtico 1	2	6,00		0,40	4,800	
Pórtico 2	2	6,00		0,40	4,800	
Pórtico 3	2	6,00		0,40	4,800	
Pórtico 4	2	6,00		0,40	4,800	
Pórtico 5	2	6,00		0,40	4,800	
Pórtico 6	2	6,00		0,40	4,800	
Pórtico 7	2	6,00		0,40	4,800	
Pórtico 8	2	6,00		0,40	4,800	
Pórtico 9	2	6,00		0,40	4,800	
					43,200	43,200
Total m2						43,200

Num	Ud	Descripción						Total
2.3	M3	Hormigón para armar HA-25/B/40/Ila, de 25 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40, ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso encamillado de pilares y muros, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocación. Según normas EHE.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Zapatas pórtico 1	2	1,50	1,50	0,40	1,800	
		Zapatas pórtico 2	2	1,50	1,50	0,40	1,800	
		Zapatas pórtico 3	2	1,50	1,50	0,40	1,800	
		Zapatas pórtico 4	2	1,50	1,50	0,40	1,800	
		Zapatas pórtico 5	2	1,50	1,50	0,40	1,800	
		Zapatas pórtico 6	2	1,50	1,50	0,40	1,800	
		Zapatas pórtico 7	2	1,50	1,50	0,40	1,800	
		Zapatas pórtico 8	2	1,50	1,50	0,40	1,800	
		Zapatas pórtico 9	2	1,50	1,50	0,40	1,800	
							16,200	16,200
Total m3:							16,200	

Num	Ud	Descripción						Total
2.4	Kg	Acero corrugado B 500 S, preformado en taller y colocado en obra. Según EHE.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Zapatas pórtico 1	2	14,00	178,00	0,79	3.937,36	
		Zapatas pórtico 2	2	14,00	178,00	0,79	3.937,36	
		Zapatas pórtico 3	2	14,00	178,00	0,79	3.937,36	
		Zapatas pórtico 4	2	14,00	178,00	0,79	3.937,36	
		Zapatas pórtico 5	2	14,00	178,00	0,79	3.937,36	
		Zapatas pórtico 6	2	14,00	178,00	0,79	3.937,36	
		Zapatas pórtico 7	2	14,00	178,00	0,79	3.937,36	
		Zapatas pórtico 8	2	14,00	178,00	0,79	3.937,36	
		Zapatas pórtico 9	2	14,00	178,00	0,79	3.937,36	
		Recortes y solapes		0,10	35.436,24		3.543,624	
			0,1	0,10	0,10	7,85	38.979,864	305,992
Total kg:							305,992	

Num	Ud	Descripción					Total	
2.5	Ud	Placa de anclaje de acero S235J0 en perfil plano de 500x200 mm y espesor 12 mm con 6 garrotas soldadas de acero corrugado B500S UNE-36068 de 20 mm de diámetro y 25 cm de longitud total.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
		Pórtico 1	2			2,000		
		Pórtico 2	2			2,000		
		Pórtico 3	2			2,000		
		Pórtico 4	2			2,000		
		Pórtico 5	2			2,000		
		Pórtico 6	2			2,000		
		Pórtico 7	2			2,000		
		Pórtico 8	2			2,000		
		Pórtico 9	2			2,000		
						18,000	18,000	
		Total ud:					18,000	

Num	Ud	Descripción					Total	
3.1	M3	Estructura de madera laminada encolada GL36h de pino silvestre en pórticos, incluidos herrajes de acero, tornillería galvanizada en caliente, accesorios de ensamblaje, fijación y protección fungicida, totalmente instalada.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
		Pilares	18	6,00	0,21	0,84	19,051	
		Dintel	18	10,44	0,21	0,84	33,149	
		Nudos	18	1,20	0,21	2,00	9,072	
						61,272	61,272	
		Total m3:					61,272	

Num	Ud	Descripción					Total	
3.2	M3	Estructura de madera laminada encolada GL28h de pino silvestre en pórticos, incluidos herrajes de acero, tornillería galvanizada en caliente, accesorios de ensamblaje, fijación y protección fungicida, totalmente instalada.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
		Pórtico 1	18	6,00	0,14	0,30	4,536	
		Pórtico 2	18	6,00	0,14	0,30	4,536	
		Pórtico 3	18	6,00	0,14	0,30	4,536	
		Pórtico 4	18	6,00	0,14	0,30	4,536	
		Pórtico 5	18	6,00	0,14	0,30	4,536	
		Pórtico 6	18	6,00	0,14	0,30	4,536	
		Pórtico 7	18	6,00	0,14	0,30	4,536	
		Pórtico 8	18	6,00	0,14	0,30	4,536	
		Pórtico 9	18	6,00	0,14	0,30	4,536	
						40,824	40,824	
		Total m3:					40,824	

Num	Ud	Descripción					Total	
3.3	M	Fleje metálico totalmente instalado y fijado a la estructura en pórticos y correas, realizado en chapa galvanizada en caliente con acero tipo DX51 D según UNE EN 10142, con recubrimiento de galvanización Z 275 UNE 36-130-91. Dimensiones, 30 mm de ancho y 1,5 mm de espesor						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
		Arriostramiento entre pilares	16	8,50	2,00		272,000	
		Arriostramiento entre dinteles	16	12,00	2,00		384,000	
						656,000	656,000	
		Total m:					656,000	

Num	Ud	Descripción					Total
4.3	M2	Cubierta de chapa ondulada de 3 mm. de espesor en perfil comercial, sobre rastreles de madera, incluido precio de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.					
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial Subtotal
		Pórtico 1	2	10,44	6,00		125,280
		Pórtico 2	2	10,44	6,00		125,280
		Pórtico 3	2	10,44	6,00		125,280
		Pórtico 4	2	10,44	6,00		125,280
		Pórtico 5	2	10,44	6,00		125,280
		Pórtico 6	2	10,44	6,00		125,280
		Pórtico 7	2	10,44	6,00		125,280
		Pórtico 8	2	10,44	6,00		125,280
		Pórtico 9	2	10,44	6,00		125,280
							1.127,52 1.127,520
Total m2:							1.127,520

Num	Ud	Descripción					Total
4.4	M.	Remate de chapa ondulada 3 mm. en perfil comercial, de 333 mm. de desarrollo en cumbrera, lima o remate lateral, incluido precio de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, totalmente instalado, i/medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.					
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial Subtotal
		Pórtico 1	1	6,00			6,000
		Pórtico 2	1	6,00			6,000
		Pórtico 3	1	6,00			6,000
		Pórtico 4	1	6,00			6,000
		Pórtico 5	1	6,00			6,000
		Pórtico 6	1	6,00			6,000
		Pórtico 7	1	6,00			6,000
		Pórtico 8	1	6,00			6,000
		Pórtico 9	1	6,00			6,000
							54,000 54,000
Total m.:							54,000

5.1	Ud	Partida alzada a justifica de seguridad y salud correspondiente a un 3% del presupuesto de ejecución material					
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial Subtotal
			1				1
							1
Total ud:							1

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Nº	Designación	Importe		Nº	Designación	Importe	
		En cifra	En letra			En cifra	En letra
1	m2 Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, profundidad media de 25 cm, carga y transporte a vertedero.	1,63	UN EURO CON SESENTA Y TRES CÉNTIMOS	6	m2 Encofrado y desencofrado metálico en zapatas, zanjas, vigas, encepados y 50 posturas .	7,30	SIETE EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS
2	m3 Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, con carga y transporte a vertedero.	11,75	ONCE EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS	7	m3 Hormigón para armar HA-25/B/40/Ila, de 25 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40, ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso encamillado de pilares y muros, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocación. Según normas EHE.	65,64	SESENTA Y CINCO EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3	m3 Excavación en pozos en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares.	18,32	DIECIOCHO EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS	8	kg Acero corrugado B 500 S, preformado en taller y colocado en obra. Según EHE.	1,01	UN EURO CON UN CÉNTIMO
4	m3 Relleno, extendido y compactado de tierras propias en pozos, por medios manuales, con pisón compactador manual tipo rana, en tongadas de 30 cm. de espesor, sin aporte de tierras, incluso regado de las mismas.	17,22	DIECISIETE EUROS CON VEINTIDOS CÉNTIMOS	9	ud Placa de anclaje de acero S235J0 en perfil plano de 500x200 mm y espesor 12 mm con 6 garrotas soldadas de acero corrugado B500S UNE-36068 de 20 mm de diámetro y 25 cm de longitud total.	15,81	QUINCE EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS
5	m3 Hormigón en masa HM-5/B/40, de 5 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40 mm. elaborado en obra para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación.	58,35	CINCUENTA Y OCHO EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS	10	m3 Estructura de madera laminada encolada GL36h de pino silvestre en pórticos, incluidos herrajes de acero, tornillería galvanizada en caliente, accesorios de ensamblaje, fijación y protección fungicida, totalmente instalada.	1.395,79	MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

Nº	Designación	Importe		Nº	Designación	Importe	
		En cifra	En letra			En cifra	En letra
11	m3 Estructura de madera laminada encolada GL28h de pino silvestre en pórticos, incluidos herrajes de acero, tornillería galvanizada en caliente, accesorios de ensamblaje, fijación y protección fungicida, totalmente instalada.	1.465,75	MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS	14	m2 Panel sandwich constituido por dos aglomerados de 3 mm de calidad V100 G-E1, hidrófugos y fungicidas, k 0,40, recubierto por placas de madera en la cara inferior. Aislamiento de poliestireno expandido de 15 kg/m3, clasificado M-1 en su reacción al fuego. con un espesor total de 103 mm; Incluye fijación del panel a la estructura de madera o metálica mediante tornillos autorroscantes, incluso parte proporcional de espuma de montaje y sellado para la unión de paneles y remate de cumbrera; medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en su verdadera longitud.	30,13	TREINTA EUROS CON TRECE CÉNTIMOS
12	m Fleje metálico totalmente instalado y fijado a la estructura en pórticos y correas, reaizado en chapa galvanizada en caliente con acero tipo DX51 D según UNE EN 10142, con recubrimiento de galvanización Z 275 UNE 36-130-91. Dimensiones, 30 mm de ancho y 1,5 mm de espesor	1,74	UN EURO CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	15	m2 Cubierta de chapa ondulada de 3 mm. de espesor en perfil comercial, sobre rastreles de madera, incluido precio de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.	12,59	DOCE EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
13	m2 Tablero contrachapado de pino silvestre para revestimiento de protección contra el fuego de espesor 25 mm totalmente colocado en obra.	35,71	TREINTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS				

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Nº	Designación	Importe		Nº	Designación	Importe	
		En cifra	En letra			En cifra	En letra
16	m. Remate de chapa ondulada 3 mm. en perfil comercial, de 333 mm. de desarrollo en cumbrera, lima o remate lateral, incluido precio de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, totalmente instalado, i/medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.	10,01	DIEZ EUROS CON UN CÉNTIMO				
17	m RASTREL DE MADERA	4,28	CUATRO EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS				
18	ud Partida alzada a justifica de seguridad y salud correspondiente a un 3% del presupuesto de ejecución material	1,03	UN EURO CON TRES CÉNTIMOS				

Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total
	1 MOVIMIENTO DE TIERRAS		
1.1	m2 Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, profundidad media de 25 cm, carga y transporte a vertedero. (Mano de obra) Peón ordinario 0,005 h. 12,19 (Maquinaria) Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3 0,016 h. 47,03 Camión basculante 4x2 10 t. 0,022 h. 33,35 Motosierra gasolina l=40cm.1,8CV 0,004 h. 8,90 3% Costes indirectos 0,05		1,63
1.2	m3 Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, con carga y transporte a vertedero. (Mano de obra) Peón ordinario 0,048 h. 12,19 (Maquinaria) Retrocargadora neumáticos 100 CV 0,151 h. 39,39 Camión basculante 4x2 10 t. 0,146 h. 33,35 3% Costes indirectos 0,34		11,75

Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total
1.3	m3 Excavación en pozos en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares. (Mano de obra) Peón ordinario 0,130 h. 12,19 (Maquinaria) Excavadora hidráulica s/neumáticos 100 CV 0,367 h. 44,18 3% Costes indirectos 0,53		18,32
1.4	m3 Relleno, extendido y compactado de tierras propias en pozos, por medios manuales, con pisón compactador manual tipo rana, en tongadas de 30 cm. de espesor, sin aporte de tierras, incluso regado de las mismas. (Mano de obra) Peón ordinario 1,250 h. 12,19 (Maquinaria) Pisón vibrante 70 kg. 0,750 h. 1,97 3% Costes indirectos 0,50		17,22

Nº	Designación	Importe		Nº	Designación	Importe			
		Parcial	Total			Parcial	Total		
	2 CIMENTACIÓN								
2.1	m3 Hormigón en masa HM-5/B/40, de 5 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40 mm. elaborado en obra para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación.				Fleje para encofrado metálico (Materiales)	0,100 m.	0,17	0,02	
	(Mano de obra)				Aditivo desencofrante	0,200 kg	1,19	0,24	
	Peón ordinario	1,975 h.	12,19	24,08	Puntas 17x70	1,000 kg	1,02	1,02	
	(Maquinaria)				Alambre atar 1,30 mm.	0,050 kg	1,20	0,06	
	Hormigonera 200 l. gasolina	0,550 h.	1,59	0,87	3% Costes indirectos			0,21	
	(Materiales)								
	Arena de río 0/5 mm.	0,792 t.	7,09	5,62					
	Gravilla 20/40 mm.	1,584 t.	6,43	10,19					
	Cemento CEM II/B-M 32,5 R sacos	0,176 t.	90,33	15,90					
	(Por redondeo)			-0,01					
	3% Costes indirectos			1,70					
				58,35					
2.2	m2 Encofrado y desencofrado metálico en zapatas, zanjás, vigas, encepados y 50 posturas .				2.3	m3 Hormigón para armar HA-25/B/40/IIa, de 25 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40, ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjás de cimentación, incluso encamillado de pilares y muros, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocación. Según normas EHE.			
	(Mano de obra)					(Mano de obra)			
	Oficial 1ª	0,200 h.	13,48	2,70		Peón ordinario	0,260 h.	12,19	3,17
	Ayudante	0,200 h.	12,97	2,59		Oficial 1ª	0,260 h.	13,48	3,50
	(Maquinaria)					(Maquinaria)			
	Encofrado panel metálico 5/10 m2 50	1,000 m2	0,46	0,46		Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,260 h.	2,25	0,59
						(Materiales)			
						Hormigón HA-25/B/40/IIa central	1,100 m3	51,34	56,47
						3% Costes indirectos			1,91
									65,64

Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total
2.4	kg Acero corrugado B 500 S, preformado en taller y colocado en obra. Según EHE.		
	(Mano de obra)		
	Oficial 1ª	0,008 h.	13,48
	Ayudante	0,008 h.	12,97
	(Materiales)		
	Acero corrug. B 500 S pref.	1,080 kg	0,70
	Alambre atar 1,30 mm.	0,005 kg	1,20
	3% Costes indirectos		0,03
			1,01
2.5	ud Placa de anclaje de acero S235J0 en perfil plano de 500x200 mm y espesor 12 mm con 6 garrotas soldadas de acero corrugado B500S UNE-36068 de 20 mm de diámetro y 25 cm de longitud total.		
	(Mano de obra)		
	Oficial 1ª	0,244 h.	13,48
	Ayudante	0,244 h.	12,97
	(Materiales)		
	Acero corrug. B 500 S pref.	2,465 kg	0,70
	Pletina de acero laminado S235J0 en estructuras	8,478 kg	0,81
	(Resto obra)		0,30
	3% Costes indirectos		0,46
			15,81

Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total
	3 ESTRUCTURA		
3.1	m3 Estructura de madera laminada encolada GL36h de pino silvestre en pórticos, incluidos herrajes de acero, tornillería galvanizada en caliente, accesorios de ensamblaje, fijación y protección fungicida, totalmente instalada.		
	(Mano de obra)		
	Oficial 1ª Carpintero	3,500 h.	13,70
	Ayudante-Carpintero	4,500 h.	13,07
	(Maquinaria)		
	Grúa telescópica autopropulsada 20 t.	3,000 h.	61,10
	(Materiales)		
	Material de ensamble estructural	1,000 ud	73,12
	Madera laminada encolada GL 36 h premontada	1,000 m3	991,95
	3% Costes indirectos		40,65
			1.395,79
3.2	m3 Estructura de madera laminada encolada GL28h de pino silvestre en pórticos, incluidos herrajes de acero, tornillería galvanizada en caliente, accesorios de ensamblaje, fijación y protección fungicida, totalmente instalada.		
	(Mano de obra)		
	Oficial 1ª Carpintero	3,500 h.	13,70
	Ayudante-Carpintero	4,500 h.	13,07

Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total
	(Maquinaria)		
	Grúa telescópica autopropulsada 20 t. 4,000 h. 61,10	244,40	
	(Materiales)		
	Madera laminada encolada GL 28 h 1,000 m3 857,53	857,53	
	premontada		
	Material de fijación estructural en correas 1,000 ud 214,36	214,36	
	3% Costes indirectos		42,69
			1.465,75
3.3	m Fleje metálico totalmente instalado y fijado a la estructura en pórticos y correas, reaizado en chapa galvanizada en caliente con acero tipo DX51 D según UNE EN 10142, con recubrimiento de galvanización Z 275 UNE 36-130-91. Dimensiones, 30 mm de ancho y 1,5 mm de espesor		
	(Mano de obra)		
	Peón ordinario 0,100 h. 12,19	1,22	
	(Materiales)		
	Fleje metálico ancho 30 mm 1,000 m 0,45	0,45	
	Puntas anilladas 17x70 0,020 kg 1,02	0,02	
	3% Costes indirectos		0,05
			1,74

Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total
3.4	m2 Tablero contrachapado de pino silvestre para revestimiento de protección contra el fuego de espesor 25 mm totalmente colocado en obra.		
	(Mano de obra)		
	Peón ordinario 0,150 h. 12,19	1,83	
	Oficial 1ª 0,360 h. 13,48	4,85	
	Oficial 1ª Carpintero 0,360 h. 13,70	4,93	
	(Materiales)		
	Talero contrachapado de pino silvestre 1,000 m2 22,14	22,14	
	25 mm		
	Material auxiliar revestimiento de madera 1,000 ud 0,92	0,92	
	3% Costes indirectos		1,04
			35,71

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total
	4 CUBIERTA		
4.1	m2 Panel sandwich constituido por dos aglomerados de 3 mm de calidad V100 G-E1, hidrófugos y fungicidas, k 0,40, recubierto por placas de madera en la cara inferior. Aislamiento de poliestireno expandido de 15 kg/m3, clasificado M-1 en su reacción al fuego. con un espesor total de 103 mm; Incluye fijación del panel a la estructura de madera o metálica mediante tornillos autorroscantes, incluso parte proporcional de espuma de montaje y sellado para la unión de paneles y remate de cumbrera; medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en su verdadera longitud.		
	(Mano de obra)		
	Oficial 1ª	0,120 h.	13,48
	Ayudante	0,120 h.	12,97
	(Materiales)		
	Panel sandwich madera poliestireo extruido 103 mm	1,000 m2	23,28
	Elementos de fijación y montaje	1,000 ud	2,79
	3% Costes indirectos		0,88
			30,13
4.2	m RASTREL DE MADERA		
	(Mano de obra)		
	Peón ordinario	0,120 h.	12,19

Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total
	Oficial 1ª	0,120 h.	13,48
	(Materiales)		
	Puntas acero 17x70	0,050 kg	1,03
	Rastrel pino de 60x30 mm.	1,000 m.	1,03
	3% Costes indirectos		0,12
			4,28
4.3	m2 Cubierta de chapa ondulada de 3 mm. de espesor en perfil comercial, sobre rastreles de madera, incluido precio de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.		
	(Mano de obra)		
	Oficial primera	0,160 h.	10,71
	Ayudante	0,160 h.	10,40
	(Materiales)		
	Chapa ondulada 3 mm	1,150 m2	7,61
	Tornillería y pequeño material	1,000 ud	0,10
	3% Costes indirectos		0,37
			12,59

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Nº	Designación	Importe		Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total			Parcial	Total
4.4	m. Remate de chapa ondulada 3 mm. en perfil comercial, de 333 mm. de desarrollo en cumbrera, lima o remate lateral, incluido precio de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, totalmente instalado, i/medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.						
	(Mano de obra)						
	Oficial primera	0,170 h.	10,71			1,82	
	Ayudante	0,170 h.	10,40			1,77	
	(Materiales)						
	Remate chapa ondulada 3 mm desarrollo = 333 mm	1,150 m.	5,28			6,07	
	Tornillería y pequeño material	0,600 ud	0,10			0,06	
	3% Costes indirectos					0,29	
							10,01
	5 SEGURIDAD Y SALUD						
5.1	ud Partida alzada a justifica de seguridad y salud correspondiente a un 3% del presupuesto de ejecución material						
	Sin descomposición					1,00	
	3% Costes indirectos					0,03	
							1,03

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Nº	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total	Nº	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total
1.1	001001	m2	Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, profundidad media de 25 cm, carga y transporte a vertedero.	3.200,000	1,63	5.216,00	2.1	002001	m3	Hormigón en masa HM-5/B/40, de 5 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40 mm. elaborado en obra para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación.	7,200	58,35	420,12
1.2	001002	m3	Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, con carga y transporte a vertedero.	2.790,960	11,75	32.793,78	2.2	002002	m2	Encofrado y desencofrado metálico en zapatas, zanjas, vigas, encepados y 50 posturas .	43,200	7,30	315,36
1.3	001003	m3	Excavación en pozos en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares.	56,250	18,32	1.030,50	2.3	002003	m3	Hormigón para armar HA-25/B/40/Ila, de 25 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40, ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso encamillado de pilares y muros, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocación. Según normas EHE.	16,200	65,64	1.063,37
1.4	001004	m3	Relleno, extendido y compactado de tierras propias en pozos, por medios manuales, con pisón compactador manual tipo rana, en tongadas de 30 cm. de espesor, sin aporte de tierras, incluso regado de las mismas.	36,000	17,22	619,92	2.4	002004	Kg	Acero corrugado B 500 S, preformado en taller y colocado en obra. Según EHE.			
Total presupuesto parcial nº 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS :						39.660,20							
											305,992	1,01	309,05

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Nº	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total	Nº	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total
2.5	002005	ud	Placa de anclaje de acero S235J0 en perfil plano de 500x200 mm y espesor 12 mm con 6 garrotas soldadas de acero corrugado B500S UNE-36068 de 20 mm de diámetro y 25 cm de longitud total.	18,000	15,81	284,58							
Total presupuesto parcial nº 2 CIMENTACIÓN :						2.392,48							
3.1	003001	m3	Estructura de madera laminada encolada GL36h de pino silvestre en pórticos, incluidos herrajes de acero, tornillería galvanizada en caliente, accesorios de ensamblaje, fijación y protección fungicida, totalmente instalada.	61,272	1.395,79	85.522,84							
3.2	003002	m3	Estructura de madera laminada encolada GL28h de pino silvestre en pórticos, incluidos herrajes de acero, tornillería galvanizada en caliente, accesorios de ensamblaje, fijación y protección fungicida, totalmente instalada.	40,824	1.465,75	59.837,78							
3.3	003003	m	Fleje metálico totalmente instalado y fijado a la estructura en pórticos y correas, reaizado en chapa galvanizada en caliente con acero tipo	656,000	1,74	1.141,44							
							3.4	003004	m2	Tablero contrachapado de pino silvestre para revestimiento de protección contra el fuego de espesor 25 mm totalmente colocado en obra.	650,225	35,71	23.219,53
							Total presupuesto parcial nº 3 ESTRUCTURA :						169.721,59
							4.1	004001	m2	Panel sandwich constituido por dos aglomerados de 3 mm de calidad V100 G-E1, hidrófugos y fungicidas, k 0,40, recubierto por placas de madera en la cara inferior. Aislamiento de poliestireno expandido de 15 kg/m3, clasificado M-1 en su reacción al fuego. con un espesor total de 103 mm; Incluye fijación del panel a la estructura de madera o metálica mediante tornillos autorroscantes, incluso parte proporcional de espuma de montaje y sellado para la unión de paneles y remate de cumbre; medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en su verdadera longitud.	1.127,520	30,13	33.972,18

	INGENIERÍA TÉCNICA DE OBRAS PÚBLICAS	ESTRUCTURA DE MADERA PARA CUBIERTA DE PISCINA CLIMATIZADA EN LOS SANTOS, SALAMANCA		UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	
		PROYECTO FIN DE CARRERA	MIGUEL HERRERO BECERRO, 70979683 G		

Nº	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total	Nº	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio	Total
4.2	00402	m	RASTREL DE MADERA	563,760	4,28	2.412,89							
4.3	004003	m2	Cubierta de chapa ondulada de 3 mm. de espesor en perfil comercial, sobre rastreles de madera, incluido precio de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.	1.127,520	12,59	14.195,48							
4.4	004004	m.	Remate de chapa ondulada 3 mm. en perfil comercial, de 333 mm. de desarrollo en cumbre, lima o remate lateral, incluido precio de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, totalmente instalado, i/medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.	54,000	10,01	540,54							
						Total presupuesto parcial nº 4 CUBIERTA :							51.121,09
5.1	005001	ud	Partida alzada a justifica de seguridad y salud correspondiente a un 3% del presupuesto de ejecución material	7.886,850	1,03	8.123,46							
						Total presupuesto parcial nº 5 SEGURIDAD Y SALUD :							8.123,46

Presupuesto de ejecución material

Importe (€)

1 MOVIMIENTO DE TIERRAS .

39.660,20

2 CIMENTACIÓN .

2.392,48

3 ESTRUCTURA .

169.721,59

4 CUBIERTA .

51.121,09

5 SEGURIDAD Y SALUD .

8.123,46

Total .

271.018,82

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de DOSCIENTOS SETENTA Y UN MIL DIECIOCHO EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS.