

MEMORIA DE CÁLCULO

Proyecto fin de carrera

Nave para almacenamiento y exposición de muebles



Álvaro Barrios Fayula
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL: Esp. MECÁNICA.
TUTOR: Francisco Aguayo González

MEMORIA DE CÁLCULO	3
1. INTRODUCCIÓN:	4
2. CALCULO DE CORREA	14
3. CALCULO DE ACCIONES BASICAS EN LA CERCHA.	26
4. CALCULO DE COMBINACIONES EN LA CERCHA.	36
5. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL PILAR.	43
6. CALCULO DE ENTRAMADO POSTERIOR	47
7. CALCULO DE ENTRAMADO FRONTAL.	62
8. CALCULO DE ENTRAMADO LATERAL.	69
9. CALCULO DE PLACAS DE ANCLAJE.	74
10. CALCULO DE CIMENTACION.	83
ANEXO I: AHORRO ENERGÉTICO	105
1. SECCION HE 1	106
2. SECCION HE 2	106
3. SECCION HE 3	106
4. SECCION HE 4	107
5. SECCION HE 5	109
ANEXO II: SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS	110
1. INTRODUCCION.	111
2. REAL DECRETO 2267/2004:	111
3. PROTECCION CONTRA INCENDIOS SEGÚN EL C.T.E.	133
CUADRO RESUMEN DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS.	153
ANEXO III: SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN	154
1. INTRODUCCIÓN.	155
2. SECCIÓN SU 1	156
3. SECCIÓN SU 2	157
4. SECCIÓN SU 3	159
5. SECCIÓN SU 4	159
6. SECCIÓN SU 5	160
7. SECCIÓN SU 6	160
8. SECCIÓN SU 7	160
9. SECCIÓN SU 8	163
CUADRO RESUMEN.	165
ANEXO IV: SALUBRIDAD	166



MEMORIA DE CÁLCULO



OBJETO.	167
AMBITO DE APLICACIÓN.	167
CRITERIOS GENERALES DE APLICACIÓN.	167
CONDICIONES PARTICULARES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL DB HS.	168
SECCIÓN HS 1. PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD.	168
SECCIÓN HS 2. RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS.	189
SECCIÓN HS 3. CALIDAD DEL AIRE.	190
SECCIÓN HS 4. SUMINISTRO DE AGUA.	196
SECCIÓN HS 5. EVACUACIÓN DE AGUAS.	206
RESUMEN ANEJO DE SALUBRIDAD.	218



MEMORIA DE CÁLCULO



MEMORIA DE CÁLCULO

1. INTRODUCCIÓN:

Para el cálculo estructural de nuestra nave, aplicaremos el CTE, para ello iremos siguiendo punto por punto todas las comprobaciones que exige la norma:

1) Descripción de la estructura que se va a calcular con los materiales que se van a emplear y la zona donde se va a situar.

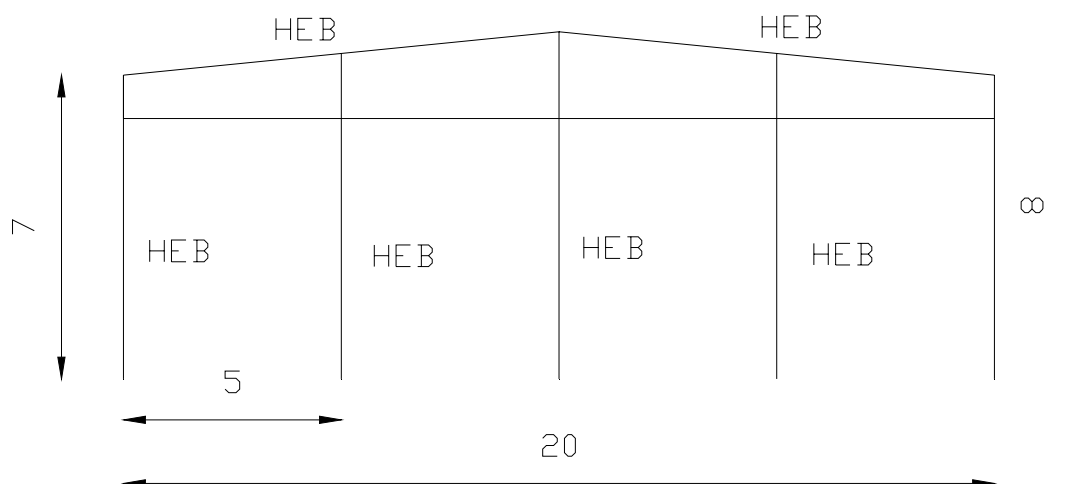
La estructura que se va a realizar es una nave industrial situada en San José de La Rinconada, con una luz total de 20 m, una longitud total 40m y una altura a la cumbrera de 8m.

Los pórtico centrales serán a base cercha tipo inglesa de estructura tubular cuadrada en el exterior y tubular redonda en el interior de al cercha, y apoyadas sobre pilares HEB.

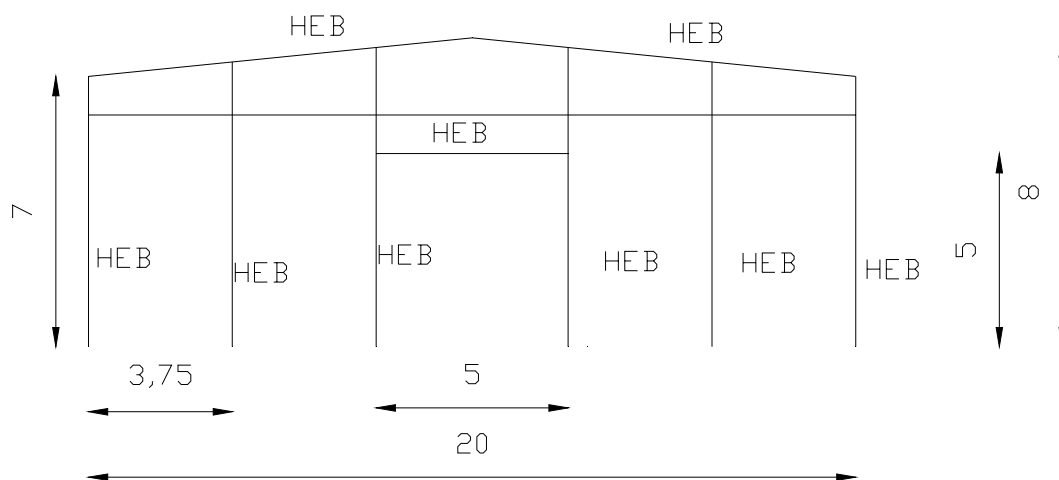
Los pilares serán de perfil HEB y las correas de perfil IPN. La cercha estará formada por tubo estructural cuadrado en su exterior y por tubo estructural cilíndrico en el interior.

La cubierta tendrá una pendiente de 6° y será tipo sándwich de peso 0,125 KN/m². La nave será peraltada tipo inglesa.

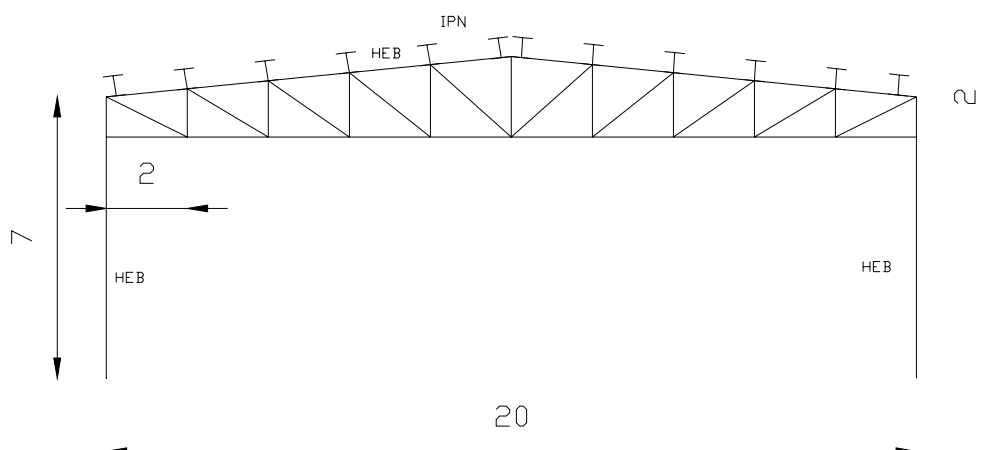
El pórtico frontal será como el siguiente:



El pórtico posterior será como el siguiente:



Los pórticos intermedios serán como el siguiente:



	MATERIALES
IPN	UNE E 10025
HEB	UNE E 10025
Tubos estructurales	UNE E 10210-1

Tipos de cubiertas sándwich que podemos encontrar en el mercado:

Tipo Panel	Dimensiones (cm.)	Seccion (mm)	Peso (Kg/m ²)	Coeficiente transmision termica (Kcal/hm ² °C)	Cargas en Kg/m ² que soporta con:		
					3 apoyos	4 apoyos	5 apoyos
H19+A30+H10	250X60	59	23,03	0,65	280	540	610
H19+A40+H10	250X60	69	23,43	0,51	330	560	650
H19+A50+H10	250X60	79	23,84	0,42	380	580	730
H19+A60+H10	250X60	89	24,25	0,35	430	650	850
H19+A80+H10	250X60	109	25,07	0,27	480	770	1010
H10+A30+FR	250X60	50	21,02	0,69	290	470	600
H10+A40+FR	250X60	60	21,43	0,53	340	510	680
H10+A50+FR	250X60	70	21,84	0,43	390	570	770
H10+A60+FR	250X60	80	22,25	0,36	440	650	870
H10+A80+FR	250X60	100	23,06	0,27	490	750	980

2) a) El periodo de servicio previsto será de 50 años.

2) b) Simplificaciones realizadas en la nave para su modelización.

- Las correas se van a considerar simplemente apoyadas en las cerchas por lo que su cálculo será como isostático.
- La cercha la vamos a considerar como nudos articulados, solo aparecerá tracción y compresión.
- El pilar se considera empotrado y articulado con posibilidades de desplazamiento.
- Los pilares del entramado frontal empotrados en la base y articulados en la cabeza sin posibilidad de corrimiento y los dinteles como vigas simplemente apoyadas.

2) c) Características de los materiales.

Las características mecánicas de los **tubos estructurales UNE-EN 10210-1**.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS						
CALIDAD	Re (Mpa)	Rm (Mpa)		A min (%)	Resistencia a la Flexión por choque	
	e < 16 mm.	e < 3 mm.	3 mm. ≤ 3 ≤ 40 mm.	Lo=5.65√So	Temperatura de Ensayo °C	Energía mínima Absorbida J
S 235 JRH	235	360 ÷ 510	340 ÷ 470	24	20	27
S 275 JOH	275	430 ÷ 580	410 ÷ 560	20	0	27

Las características mecánicas mínimas de los **aceros según UNE-EN 10025** son:

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura ens. Charpy °C
	Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)			Tensión de Rotura F_u (N/mm ²)	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR S235J0 S235J2	235	225	215	360	20 0 -20
S275JR S275J0 S275J2	275	265	255	410	20 0 -20
S355JR S355J0 S355J2 S355K2	355	345	335	470	20 0 -20 -20 (1)
S450J0	450	430	410	550	0

Los aceros tienen una serie de características comunes:

- módulo de Elasticidad (E)	210.000 N/mm ²
- módulo de Rigidez (G)	81.000 N/mm ²
- coeficiente de Poisson (ν)	0.3
- coeficiente de dilatación térmica (α)	1,2 x 10 ⁻⁵ (°C) ⁻¹
- densidad (ρ)	7.850 Kg/m ³

Características del terreno:

Las que se deduce del estudio geotécnico, en las que se establece que el terreno tiene una capacidad portante de 0.2N/mm² y que el terreno es apto para la cimentación por zapatas dada la baja expansibilidad del terreno y su gran homogeneidad.

2) d) Las exigencias relativas a la capacidad portante y a la aptitud al servicio son las que se especifican en el código técnico.

Esto quiere decir la resistencia máxima que aguanta la estructura, que equivale a la combinación más desfavorable del E.L.U, que ya veremos las distintas combinaciones en el siguiente apartado.

2) f) Acciones consideradas, son las que aparece en el cálculo de cada elemento.

A. Combinaciones efectuadas, para E.L.U.

A1. COMBINACIONES DE TIPO PERSISTENTE.

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondientes a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$(\gamma \cdot G) + (\gamma_i \cdot Q_{k,1}) + \left(\sum \gamma_i \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

Diagrama de anotaciones para la fórmula:

- Una línea vertical desciende desde $(\gamma \cdot G)$ con una flecha que apunta a: la acción permanente por su coeficiente de mayoración
- Una línea vertical desciende desde $(\gamma_i \cdot Q_{k,1})$ con una flecha que apunta a: una acción variable cualquiera por su coeficiente de mayoración
- Una línea vertical desciende desde $\left(\sum \gamma_i \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right)$ con una flecha que apunta a: el resto de las acciones variables por su coeficiente de mayoración y de simultaneidad

es decir considerando la actuación simultánea de:

- Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo, incluido el pretensado.
- Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo.
- El resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación.

A2. COMBINACIONES DE TIPO ACCIDENTAL (NO SISMO).

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondientes a una situación extraordinaria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$(\gamma \cdot G) + A_d + (\gamma_i \cdot \Psi_{1,i} \cdot Q_{k,1}) + \left(\sum \gamma_i \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

el resto de las acciones variables
mayoradas y simultaneadas

una acción variable cualquiera mayorada y simultaneada

el impacto sin mayorar

la acción permanente por su coeficiente de mayoración

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo, incluido el pretensado.
- Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo.
- Una acción variable, en valor de cálculo frecuente debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción accidental considerada.
- El resto de las acciones variables, en valor de cálculo casi permanente.

A3. COMBINACIONES DE TIPO SISMICAS.

En los casos en los que la acción accidental sea la acción sísmica, todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi-permanente, según la expresión:

$$G + \text{SISMO} + \left(\sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

B. Combinaciones efectuadas para E.L.S.

B1. COMBINACIONES DE TIPO CARACTERÍSTICAS.

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:

$$G + Q_{k,i} + \sum \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- Todas las acciones permanentes, en valor característico (G).
- Una acción variable cualquiera, en valor característico (Q), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis.

- c) El resto de las acciones variables, en valor de combinación.

B2. COMBINACIONES DE TIPO FRECUENTES.

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

$$G + \Psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) Todas las acciones permanentes, en valor característico (G).
- b) Una acción variable cualquiera, en valor frecuente.
- c) El resto de las acciones variables, en valor casi permanente.

B3. COMBINACIONES DE TIPO CASI PERMANENTES.

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

$$G + \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

siendo:

- a) Todas las acciones permanentes, en valor característico (G).
- b) Todas las acciones variables, en valor casi permanente.

TABLA DE COEFICIENTES DE SEGURIDAD.

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 DE COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD.

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.

2) g) Modalidad de análisis efectuado.

La modalidad de análisis efectuado en las correas es isostático. En este caso se dimensiona la correa para E.L.S y para E.L.U., cogiendo la combinación más desfavorable y teniendo en cuenta que estamos en flexión desviada y mediante las fórmulas del código técnico calcularíamos si cumple a flecha para los E.L.S, y comprobaríamos también la resistencia de la sección y de las barras para los E.L.U.

En cuanto a los pilares se considera como una viga en voladizo, para ello realizaremos el mismo método, calcularemos sus esfuerzos, momentos y axiles y dimensionaríamos cogiendo el esfuerzo máximo.

La modalidad de análisis efectuado en el entramado lo consideramos como una viga empotrada articulada.

Para la cercha se realiza con un programa para cálculo estructural. Utilizaremos cype 2010 (nuevo metal 3d) para el cálculo de esfuerzos en las barras.

2) h) El control de calidad previsto para esta obra se basa en la inspección visual de todas las soldaduras.

Los principales defectos en las soldaduras que se pueden producir son:

- defectos internos:
 - o falta de penetración, cuando el chaflán de la soldadura no está totalmente lleno o cuando la unión entre el metal base y el metal de aportación no es perfecta en algún punto
 - o grietas
 - o inclusiones, escoria u otros cuerpos englobados en la soldadura
 - o poros u oclusiones gaseosas
- defectos superficiales:
 - o mordeduras en los bordes
 - o desbordamientos
 - o picaduras
 - o poros, etc.

2. CALCULO DE CORREA

Nuestra nave va a constar de doce correas de perfil IPN, separadas dos metros, las correas se van a considerar simplemente apoyadas en las cerchas por lo que su cálculo será como isostático. Comenzamos ensayando con una IPN 160.

Se ha escogido una correa del tipo IPN debido a diversos factores, uno de ellos es el factor económico ya que repercute de forma directa sobre el P.E.M frente a las correas Z que son más caras. También se ha escogido la correa IPN en vez de la Z porque la colocación de la Z y su correspondiente soldadura es complicada y hace falta personal cualificado, lo cual es difícil de encontrar y resulta menos económico.

La separación entre correas es de dos metros debido a un estudio mediante hoja de calculo que teniendo en cuenta el tipo de perfil y el número de correas se ha decidido que es la distancia más idónea y el perfil más apropiado para nuestra estructura.

Características del perfil. IPN 160.

$G = 17,9 \text{ kg/m.}$	$I_y = 935 \text{ cm}^4.$	$I_z = 54,7 \text{ cm}^4.$
$h = 160 \text{ mm.}$	$W_{el,y} = 117 \text{ cm}^3.$	$W_{el,z} = 14,8 \text{ cm}^3.$
$b = 74 \text{ mm.}$	$W_{pl,y} = 136 \text{ cm}^3.$	$W_{pl,z} = 24,9 \text{ cm}^3.$
$A = 22,8 \text{ cm}^2.$	$i_y = 6,4 \text{ cm.}$	$i_z = 1,55 \text{ cm.}$

2.1 ACCIONES PERMANENTES.

Las acciones permanentes a la que está sometida la correa será la suma del peso propio de la correa y el peso de la chapa sándwich.

Peso permanente: peso chapa tipo sándwich + peso propio.

Peso chapa tipo sándwich: $0,125 \text{ KN/m}^2 \cdot 2 \text{ mL (ancho de carga)} = 0,25 \text{ KN/mL.}$

Peso propio: $0,179 \text{ KN/mL.}$

PP (Peso permanente) = 0,429 KN/mL.

2.1.1 NIEVE.

El valor de carga nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, puede tomarse como:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

donde:

μ : *factor de forma*, que tiene el valor de 1 porque se trata de una cubierta con inclinación menor de 30° .

s_k : el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, lo tomamos de la tabla 3.7 donde establece que para Sevilla, $s_k = 0,2 \text{ kN/m}^2$

$$F_n = (1 \cdot 0,2 \text{ kN/m}^2) \cdot 2 \text{ m} = 0,4 \text{ kN/mL}$$

Tabla 3.7 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / <i>Alacant</i>	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	San Sebastián / <i>Donostia</i>	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / <i>Lleida</i>	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / <i>Bilbo</i>	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / <i>Ourense</i>	130	0,4	Valencia / <i>València</i>	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña / <i>A Coruña</i>	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / <i>Gasteiz</i>	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona / <i>Girona</i>	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona / <i>Iruña</i>	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

2.1.2 USO

En el Documento Básico SE-AE, tabla 3.1, podemos encontrar los valores característicos, donde para una categoría de uso G , subcategoría GI , destinada a *cubiertas accesibles únicamente para conservación*, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente de 1 kN/m^2 o una carga puntual de 2 kN en la zona más desfavorable (la cumbre).

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

$$F_U = 1 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 2 \text{ m} = 2 \text{ kN/mL}$$

2.1.3 VIENTO.

- Presión Dinámica del Viento, q_b :**

En el anejo D (SE-AE 23) podemos ver que Sevilla pertenece a la zona eólica A, por tanto:

$$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

- Coefficiente de Exposición, C_e :**

Se determina con la expresión:

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

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

siendo k, L, Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2 para un grado de aspereza del entorno IV (zona urbana en general, industrial o forestal). Por tanto:

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	0,156	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

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{array}{l} k=0,22 \\ L=0,3\text{m} \\ Z=5\text{m} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} F = 0,22 \cdot \ln(\max(8, 5)/0,3) \\ F = 0,22 \cdot \ln \frac{8}{0,3} = 0,722 \end{array} \\
 & C_e = 0,722 \cdot (0,722 + 7 \cdot 0,22) = 1,633 \quad \mathbf{C_e = 1,633}
 \end{aligned}$$

- **Coeficiente de Presión Exterior, C_p :**

1º) PARA PAREDES:

Las correas están sobre la cubierta, por lo que no hace falta tener en cuenta la acción del viento sobre las paredes laterales para su cálculo.

2º) PARA CUBIERTA:

Para el cálculo de la correa sólo se tiene en cuenta las acciones que provocan presión. Nos fijaremos en CTE en el documento SE-AE pag. 32, en la tabla D.6 para cubiertas a dos aguas, en nuestro caso, la cubierta tiene una pendiente $\alpha = 5,71^\circ$, con un área de influencia de $A \geq 10\text{m}^2$

HIP1) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$.

Cogemos el valor de 0,2 ya que anteriormente hemos dicho que solo se consideraba la hipótesis de presión:

$A \geq 10\text{m}^2$	F	G	H	I	J
5°	-1,7	-1,2	-0,6	0,2	0,2
	0	0	0	-0,6	-0,6

HIP 2) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$.

Esta hipótesis no la tendremos en cuenta ya que todos los valores son de succión y

$A \geq 10m^2$	F	G	H	I
5°	- 1,6	- 1,3	- 0,7	- 0,6

nosotros solo consideramos los de presión.

La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e puede expresarse como:

$$q_e = q_b * c_e * c_p$$

$$q_e = 0,42 \text{ kN/m}^2 * 1,633 * 0,2 * 2mL = 0,274 \text{ kN/mL}$$

El SISMO no se tendrá en cuenta en la correa ya que se considera como una fuerza puntual en la cabeza del pilar, y no tiene efecto sobre la correa.

El FUEGO no se tendrá tampoco en cuenta ya que según los criterios generales de aplicación del CTE (DB-SI) no hace falta tenerlo en cuenta en el cálculo de estructura de la correa sino que el propio material deberá tener su propia reacción al fuego proporcionada por el fabricante. En el anejo de contra incendios se indica la resistencia al fuego necesaria, así como el espesor de pintura intumescente necesario.

Las ACCIONES TERMICAS no se han tenido en cuenta debido ya que se tienen en cuenta cuando hay elementos continuos de más de 40 m dejando entonces juntas de dilatación.

ANÁLISIS DE LA CORREA PARA ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO. (E.L.S).

Estos estados son los que tienen que ver, fundamentalmente, con las flechas de la estructura y las vibraciones que se producen en ésta. Como E.L.S. deben considerarse los relativos a:

- 1) Las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos o instalación.
- 2) Las vibraciones que afecten a personas, o funcionalidad de la obra.
- 3) Los daños o deterioro que afectan desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o funcionalidad de la obra.

Las posibles combinaciones que se pueden dar en estos estados son las siguientes:

Página 18 de 221	NAVE DE ALMACENAMIENTO Y EXPOSICIÓN DE MUEBLES	AUTOR: ÁLVARO BARRIOS FAYULA.
------------------	---	----------------------------------

COMBINACIONES DE TIPO CARACTERÍSTICAS.

$$G + Q_{k,i} + \sum \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

HIP. 1)	PP + USO + 0,6 · VTO A + 0,5 · NIEVE
HIP. 2)	PP + USO + 0,6 · VTO B + 0,5 · NIEVE
HIP. 3)	PP + USO + 0,6 · VTO C + 0,5 · NIEVE
HIP. 4)	PP + VTO A + 0,5 · NIEVE
HIP. 5)	PP + VTO B + 0,5 · NIEVE
HIP. 6)	PP + VTO C + 0,5 · NIEVE
HIP. 7)	PP + NIEVE + 0,6 · VTO A
HIP. 8)	PP + NIEVE + 0,6 · VTO B
HIP. 9)	PP + NIEVE + 0,6 · VTO C

COMBINACIONES DE TIPO FRECUENTES

$$G + \Psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

HIP. 1)	PP + 0 · USO + 0 · VTO A + 0 · NIEVE
HIP. 2)	PP + 0 · USO + 0 · VTO B + 0 · NIEVE
HIP. 3)	PP + 0 · USO + 0 · VTO C + 0 · NIEVE
HIP. 4)	PP + 0,5 · VTO A + 0 · USO + 0 · NIEVE
HIP. 5)	PP + 0,5 · VTO B + 0 · USO + 0 · NIEVE
HIP. 6)	PP + 0,5 · VTO C + 0 · USO + 0 · NIEVE
HIP. 7)	PP + 0,2 · NIEVE + 0 · VTO A + 0 · USO
HIP. 8)	PP + 0,2 · NIEVE + 0 · VTO B + 0 · USO
HIP. 9)	PP + 0,2 · NIEVE + 0 · VTO C + 0 · USO

COMBINACIONES DE TIPO CASI PERMANENTES

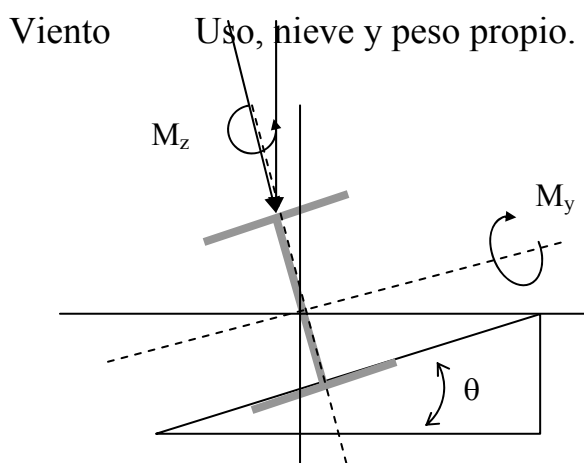
$$G + \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

HIP. 1) PP

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente sobre el sismo y las demás acciones, después de haber hecho un estudio mediante hoja de calculo se ha comprobado que la hipótesis más desfavorable es la segunda de las de tipo características, ya que es la combinación que más importancia le da a la sobrecarga de uso que es la más desfavorable de todas. Calculando nuestra correa con esta hipótesis estaremos del lado de la seguridad.

$$PP + USO + 0,6 \cdot VTO B + 0,5 \cdot NIEVE$$

Posición de la correa , $\theta = 5,71^\circ$.



Para calcular la deformación de la correa en la dirección perpendicular a la cubierta se ve que solo el viento es perpendicular a la misma por lo que las demás acciones las tendremos que descomponer en sus correspondientes componentes verticales.

$$\begin{aligned} \text{Peso propio: } & 0,429 \text{ KN/ml} \times \cos 6^\circ = 0,427 \text{ KN/ml.} \\ \text{Nieve: } & 0,4 \text{ KN/ml} \times \cos 6^\circ = 0,398 \text{ KN/ml.} \\ \text{Uso: } & 2 \text{ KN/ml} \times \cos 6^\circ = 1,989 \text{ KN/ml.} \end{aligned}$$

Ahora sustituimos en nuestra combinación:

$$PP + USO + 0,6 \cdot VTO B + 0,5 \cdot NIEVE$$

Pero hay que tener en cuenta que a nosotros la flecha que nos hace falta en la de puesta en obra por lo que el peso propio se resta por lo que quedaría:



MEMORIA DE CÁLCULO



$$\text{USO} + 0,6 \cdot \text{VTO B} + 0,5 \cdot \text{NIEVE}$$

$$q_{\text{Tv}} = 1,989 + 0,6 \times 0,274 + 0,5 \times 0,398 = \mathbf{0,199 \text{ KN/ml.}}$$

Sustituyendo quedaría:

Para el cálculo de la flecha utilizaremos la siguiente formula:

$$f = \frac{5Pl^4}{384EI}$$

$$q_{Tv} = 1,99 \text{ KN/ml}$$

$$f = \frac{5 \times 1,99 \text{ Kn / mL} \times 5^4 \text{ m}^4}{384 \times 2,1 \cdot 10^8 \text{ Kn / m}^2 \times 935 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4} = 8,25 \cdot 10^{-4} \text{ m} \leq \frac{5}{300} = 0,01667 \text{ m} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

ANÁLISIS DE LA CORREA PARA ESTADOS LÍMITES ULTIMOS (E.L.U).

Estos estados son los que tienen que ver con el colapso de la estructura, y en el caso de ser superados corren un serio riesgo para las personas. Como E.L.U. deben considerarse los debidos a:

- a) Pérdida del equilibrio.
- b) Fallo por deformación excesiva.

A1.COMBINACIONES DE TIPO PERSISTENTE

$$(\gamma \cdot G) + (\gamma_i \cdot Q_{k,1}) + \left(\sum \gamma_i \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

- HIP. 1)** $0,80 \cdot PP + 0 \cdot USO + 0 \cdot 0,6 \cdot VTO A + 0 \cdot 0,5 \cdot NIEVE$
HIP. 2) $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot USO + 1,5 \cdot 0,6 \cdot VTO B + 1,5 \cdot 0,5 \cdot NIEVE$
HIP. 3) $0,80 \cdot PP + 0 \cdot USO + 0 \cdot 0,6 \cdot VTO C + 0 \cdot 0,5 \cdot NIEVE$
- HIP. 4)** $0,80 \cdot PP + 0 \cdot VTO A + 0 \cdot 0 \cdot USO + 0 \cdot 0,5 \cdot NIEVE$
HIP. 5) $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot VTO B + 1,5 \cdot 0 \cdot USO + 1,5 \cdot 0,5 \cdot NIEVE$
HIP. 6) $0,80 \cdot PP + 0 \cdot VTO C + 0 \cdot 0 \cdot USO + 0 \cdot 0,5 \cdot NIEVE$
- HIP. 7)** $0,80 \cdot PP + 0 \cdot NIEVE + 0 \cdot 0 \cdot USO + 0 \cdot 0,6 \cdot VTO A$
HIP. 8) $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot NIEVE + 1,5 \cdot 0 \cdot USO + 1,5 \cdot 0,6 \cdot VTO B$
HIP. 9) $0,80 \cdot PP + 0 \cdot NIEVE + 0 \cdot 0 \cdot USO + 0 \cdot 0,6 \cdot VTO C$

A2. COMBINACIONES DE TIPO ACCIDENTAL (NO SISMO)

$$(\gamma \cdot G) + A_d + (\gamma_i \cdot \Psi_{1,i} \cdot Q_{k,1}) + \left(\sum \gamma_i \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

- HIP. 1)** $0 \cdot PP + IMPACTO + 0 \cdot 0 \cdot USO + 0 \cdot 0 \cdot VTO A + 0 \cdot 0 \cdot NIEVE$
HIP. 2) $1 \cdot PP + IMPACTO + 1 \cdot 0 \cdot USO + 1 \cdot 0 \cdot VTO B + 1 \cdot 0 \cdot NIEVE$
HIP. 3) $0 \cdot PP + IMPACTO + 0 \cdot 0 \cdot USO + 0 \cdot 0 \cdot VTO C + 0 \cdot 0 \cdot NIEVE$

HIP. 4) $0 \cdot PP + IMPACTO + 0 \cdot 0,5 \cdot VTO A + 0 \cdot 0 \cdot USO + 0 \cdot 0 \cdot NIEVE$
HIP. 5) $1 \cdot PP + IMPACTO + 1 \cdot 0,5 \cdot VTO B + 1 \cdot 0 \cdot USO + 1 \cdot 0 \cdot NIEVE$
HIP. 6) $0 \cdot PP + IMPACTO + 0 \cdot 0,5 \cdot VTO C + 0 \cdot 0 \cdot USO + 0 \cdot 0 \cdot NIEVE$

HIP. 7) $0 \cdot PP + IMPACTO + 0 \cdot 0,2 \cdot NIEVE + 0 \cdot 0 \cdot USO + 0 \cdot 0 \cdot VTO A$
HIP. 8) $1 \cdot PP + IMPACTO + 1 \cdot 0,2 \cdot NIEVE + 1 \cdot 0 \cdot USO + 1 \cdot 0 \cdot VTO B$
HIP. 9) $0 \cdot PP + IMPACTO + 0 \cdot 0,2 \cdot NIEVE + 0 \cdot 0 \cdot USO + 0 \cdot 0 \cdot VTO C$

A3. COMBINACIONES DE TIPO SISMICAS

$$G + SISMO + \left(\sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

- HIP. 1)** $PP + SISMO + 0 \cdot USO + 0 \cdot VTO A + 0 \cdot NIEVE$
HIP. 2) $PP + SISMO + 0 \cdot USO + 0 \cdot VTO B + 0 \cdot NIEVE$
HIP. 3) $PP + SISMO + 0 \cdot USO + 0 \cdot VTO C + 0 \cdot NIEVE$

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente sobre el sismo y las demás acciones, después de haber hecho un estudio mediante hoja de calculo se ha comprobado que la hipótesis más desfavorable es la segunda de las de tipo persistente, ya que es la combinación que más importancia le da a la sobrecarga de uso que es la más desfavorable de todas. Calculando nuestra correa con esta hipótesis estaremos del lado de la seguridad.

Calculo por Estados Límites Últimos de la correa a flexión desviada, con la fórmula de la flexión desviada, (apartado 6.3.4.2. del CTE pag 48). Teniendo en cuenta que $N_{ED}=0$, (No hay compresión).

Aquí en diferencia con los E.L.S si utilizaremos las componentes horizontales para calcular momento en y, momento en z, ya que como hemos visto anteriormente nos encontramos en flexión desviada.

Se debe comprobar la resistencia de la sección y de la barra. Ahora si tendremos en cuenta el peso propio.

También se ha de tener en cuenta que el viento solo lo tendremos en cuenta en la componente z ya que actúa perpendicularmente sobre la cubierta, por lo que solo tiene una componente como se ha visto anteriormente.

La hipótesis más desfavorable es la segunda de las de tipo persistente:

$$1,35 \times PP + 1,5 \times USO + 1,5 \times 0,6 \times VTO + 1,5 \times 0,5 \times NIEVE.$$

EJE-Z.

$$q_z = 1,35 \times PP \times \cos 6^\circ + 1,5 \times 0,6 \times VTO + 1,5 \times USO \times \cos 6^\circ + 1,5 \times 0,5 \text{ NIEVE} \times \cos 6^\circ.$$

$$q_z = 1,35 \times 0,429 \frac{KN}{mL} \times \cos 6^\circ + 1,5 \times 0,6 \times 0,274 \frac{KN}{mL} + 1,5 \times 2 \frac{KN}{mL} \times \cos 6^\circ + 1,5 \times 0,5 \times 0,6 \frac{KN}{mL} \times \cos 6^\circ$$

$$q_z = 4,10 \frac{KN}{m}$$

Por lo que el **momento en y** será:

$$M_y = \frac{q_z \times L^2}{8} = \frac{4,10 \frac{KN}{mL} \times 5^2 m^2}{8} = 12,81 N \times m$$

EJE-Y.

$$q_y = 1,35 \times PP \times \sin 6^\circ + 1,5 \times USO \times \sin 6^\circ + 1,5 \times 0,5 \text{ NIEVE} \times \sin 6^\circ.$$

$$q_y = 1,35 \times 0,429 \frac{KN}{mL} \times \sin 6^\circ + 1,5 \times 2 \frac{KN}{mL} \times \sin 6^\circ + 1,5 \times 0,5 \times 0,6 \frac{KN}{mL} \times \sin 6^\circ = 0,405 \frac{KN}{mL}$$

Por lo que el **momento en z** será:

$$M_z = \frac{q_y \times L^2}{8} = \frac{0,405 \frac{KN}{mL} \times 5^2 m^2}{8} = 1,26 KN \times m$$

• Comprobación de la sección:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 ; \text{ Sabemos que } N_{ED} = 0.$$

$$\frac{12,81 KN \times m}{136 \times 10^{-6} m^3 \times \frac{275 \times 10^3 \frac{KN}{m^2}}{1,05}} + \frac{1,26 KN \times m}{24,9 \times 10^{-6} m^3 \times \frac{275 \times 10^3 \frac{KN}{m^2}}{1,05}} = 0,552 \leq 1 \rightarrow \text{ CUMPLE}$$

• Comprobación de la barra:

Para toda la pieza:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (6.51)$$

Al ser $N_{ED} = 0$, la fórmula anterior se simplificaría quedando:

$$k_y \frac{c_{m,y} \times M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times W_y \times f_{yd}} + \alpha_z \times k_z \frac{c_{m,z} \times M_{z,Ed}}{W_z \times f_{yd}} \leq 1$$

$$k_y = 1, \quad k_z = 1; \quad \alpha_z = 0,6; \quad c_{m,z} = c_{m,y} = 0,95; \quad \chi_{LT} = 1.$$

Sustituimos:

$$1 \times \frac{0,95 \times 12,81 \text{KN} \times m}{1 \times 136 \times 10^{-6} m^3 \times \frac{27,5 \times 10^4 \frac{KN}{m^2}}{1,1}} + 0,6 \times 1 \times \frac{0,95 \times 1,26 \text{KN} \times m}{24,9 \times 10^{-6} m^3 \times \frac{27,5 \times 10^4 \frac{KN}{m^2}}{1,1}} = 0,473 < 1$$

0,473 < 1 CUMPLE.

Además, sólo en piezas no susceptibles de pandeo por torsión:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A^* \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$0,6 \times 1 \times \frac{0,95 \times 12,81 \text{KN} \cdot m}{\frac{275 \cdot 10^3}{1,1} \times 136 \cdot 10^{-6}} + \frac{1 \times 0,95 \times 1,26 \text{KN} \cdot m}{1 \times \frac{275 \cdot 10^3}{1,1} \times 24,9 \cdot 10^{-6}} = 0,41 \leq 1 \quad \text{CUMPLE.}$$

Por lo tanto la correa será una IPN 160 ya que nos cumple todas las comprobaciones que nos indica el CTE.

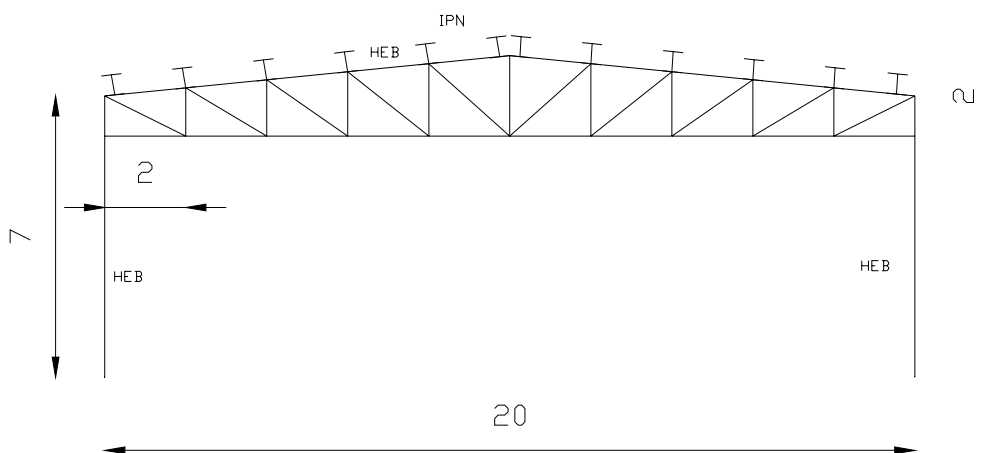
3. CALCULO DE ACCIONES BASICAS EN LA CERCHA.

Se va a proceder al cálculo de acciones básicas en la cercha de un pórtico intermedio de la nave la cual estamos calculando. Sus elementos constructivos son:

- Correas IPN 160.
- Cubierta de tipo sándwich 0.125 kN/m^2
- Nave arriostrada por cruces de S. Andrés.
- La altura de los pilares es de 7 m.
- Los pórticos están separados entre sí 5 m, la luz de la nave es de 20 m y la inclinación de la cubierta es de 6° .
- El tipo de terreno para cimentación es granular de compacidad media.

Las acciones básicas que se va a calcular son:

- 1º.- Cargas permanentes.
- 2º.- Sobrecarga de Uso (Mantenimiento).
- 3º.- Sobrecarga de Viento.
- 4º.- Sobrecarga de Nieve.
- 5º.- Acciones Térmicas.
- 6º.- Acciones Sísmicas.
- 7º.- Impacto de Vehículos.

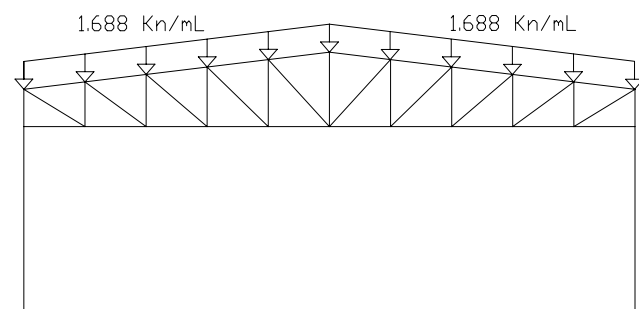


3.1 ACCIONES PERMANENTES.

3.1.1 PESO PROPIO.

- Celosía:.....0,526 kN/mL
- Correas IPN 160: $\frac{6 \text{ correas} \times 0,179 \text{ kN/mL} \times 5 \text{ m ancho de carga}}{10 \text{ m}} = 0,537 \text{ kN/mL}$
- Chapa Sandwich: $0,125 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m ancho de carga} \dots\dots\dots 0,625 \text{ kN/mL}$

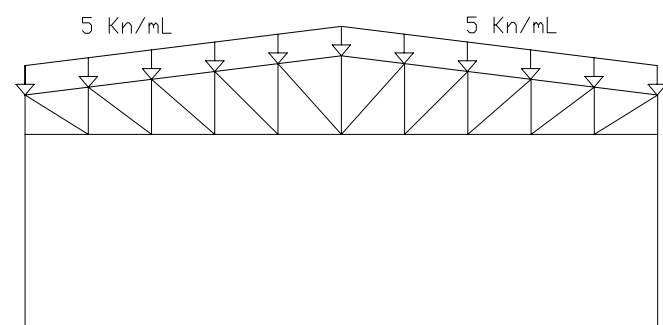
ACCIONES PERMANENTES = **1'688 kN/mL**



3.2 ACCIONES VARIABLES.

3.2.1 SOBRECARGA DE USO (MANTENIMIENTO)

En el Documento Básico SE-AE, tabla 3.1, podemos encontrar los valores característicos, donde para una categoría de uso *G*, subcategoría *GI*, destinada a *cubiertas accesibles únicamente para conservación*, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una **carga distribuida uniformemente de 1 kN/m²** o una **carga puntual de 2 kN** en la zona más desfavorable (la cumbrera).



En sucesivos cálculos, solo tendremos en cuenta la carga uniforme por ser bastante más desfavorable que la carga puntual.

3.2.2 SOBRECARGA DE VIENTO

- Presión Dinámica del Viento, q_b :**

En el anejo D (SE-AE 23) podemos ver que Sevilla pertenece a la zona eólica A, por tanto:

$$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

- Coefficiente de Exposición, C_e :**

Se determina con la expresión:

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

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

siendo k, L, Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2 para un grado de aspereza del entorno IV (zona urbana en general, industrial o forestal). Por tanto:

$$\left. \begin{array}{l} k = 0,22 \\ L = 0,3 \text{ m} \\ Z = 5 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} F = 0,22 \cdot \ln(\max(8, 5)/0,3) \\ F = 0,22 \cdot \ln \frac{8}{0,3} = 0,722 \end{array}$$

$$C_e = 0,722 \cdot (0,722 + 7 \cdot 0,22) = 1,633 \quad C_e = 1,633$$

- Coefficiente de Presión Exterior, C_p :**

1º) PARA PAREDES:

En la tabla Tabla D.1 Paramentos verticales, SE-AE 25, se dan los valores de coeficientes de presión para el entramado frontal y lateral. Las variables que aparecen son:

- A (Área de influencia):

$$5 \text{ m de ancho de carga} \times 6 \text{ m} = 30 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

(Como ya sabíamos, en nuestras naves industriales el área de influencia será mayor de 10 m^2)

- h/d, según norma:

$$\frac{h}{d} = \frac{7}{20} = 0,35$$

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

ENTRAMADOS LATERALES.

Nos fijaremos en las zonas D y E que corresponden a los entramados laterales y así obtendremos los valores de D (para barlovento) y E (para sotavento), donde:

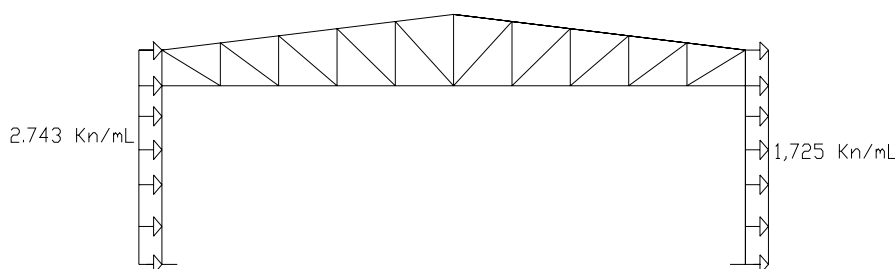
$$D = 0,7$$

$$E = -0,3$$

Por tanto:

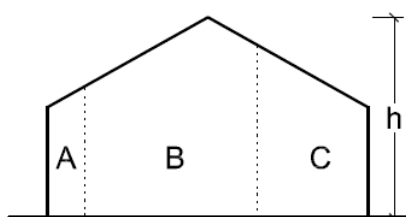
$$\text{❖ Para Barlovento: } (0,42 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,633 \cdot 0,8) \times 5 \text{ m} = 2,743 \text{ kN/m}$$

$$\text{❖ Para Sotavento: } (0,42 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,633 \cdot (-0,5)) \times 5 \text{ m} = -1,725 \text{ kN/m}$$



ENTRAMADOS FRONTALES.

Para los entramados frontales calcularemos nuevamente la esbeltez de la pared, pero donde ahora, la h , será la altura total de la nave, es decir, la de la cumbre; y nos fijaremos en las zonas A, B, C donde elegiremos el valor más desfavorable de las tres (no hará falta interpolar).



$$\frac{h}{d} = \frac{8}{20} = 0,4$$

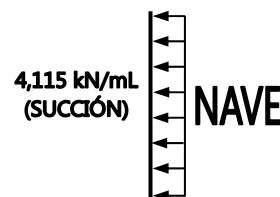
$$A = -1,2$$

La zona más desfavorable es la $A = -1,2$, por tanto:

$$q_e = (0,42 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,633 \cdot (-1,2)) = -0,823 \text{ kN/m}^2$$

Como el ancho de carga que soportará un pilar del entramado frontal será 10 m, la carga uniformemente repartida sobre ese pilar será:

$$0,823 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m} = 4,115 \text{ kN/mL (a Succión)}$$



2º) PARA CUBIERTA:

Nos fijaremos en la tabla D.4 (SE-AE 20) para cubiertas a dos aguas, que es nuestro caso, nuestra cubierta tiene una pendiente de 6° pero por simplificación se va hacer con una pendiente de 5°, con un área de influencia $A \geq 10 \text{ m}^2$:

HIPOTESIS 1(VTO A)

Viene dada por la primera fila de valores. Para Barlovento, elegiremos el valor máximo de la zona F-G-H y para Sotavento, el valor máximo de la zona I-J, realizada la interpolación obtendríamos los resultados:

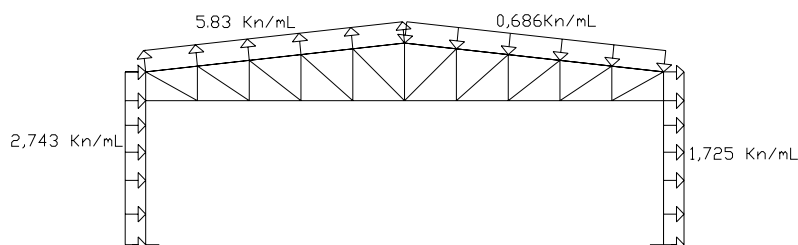
	BARLOVENTO			SOTAVENTO	
$A \geq 10 \text{ m}^2$	F	G	H	I	J
5°	-1,7	-1,2	-0,6	0,2	0,2

Para estar del lado de la seguridad se elige el coeficiente más desfavorable de barlovento y sotavento, se hará así en todas las hipótesis.

Por tanto, la primera hipótesis para viento nos quedaría del siguiente modo:

$$\text{VTO A (a Barlovento)} = [0,42 \text{ kN/m}^2 \cdot 1'633 \cdot (-1,7)] \times 5 \text{ m} = -5,83 \text{ kN/mL}$$

$$\text{VTO A (a Sotavento)} = [0,42 \text{ kN/m}^2 \cdot 1'633 \cdot (0,2)] \times 5 \text{ m} = 0,686 \text{ kN/mL}$$



HIPOTESIS 2 (VTO B)

Se mismo modo anterior, pero en la segunda

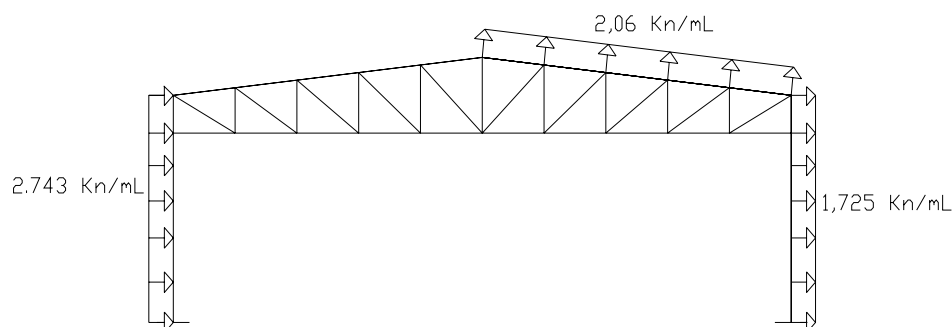
$A \geq 10 \text{ m}^2$	BARLOVENTO	SOTAVENTO
5°	+0,0	-0,6

obtiene del que la hipótesis ahora fijándonos fila:

Por tanto, la segunda hipótesis para viento nos quedaría del siguiente modo:

$$\text{VTO B (a Barlovento)} = [0,42 \text{ kN/m}^2 \cdot 1'633 \cdot 0] \times 5 \text{ m} = 0 \text{ kN/mL}$$

$$\text{VTO B (a Sotavento)} = [0,42 \text{ kN/m}^2 \cdot 1'633 \cdot (-0,6)] \times 5 \text{ m} = -2,06 \text{ kN/mL}$$



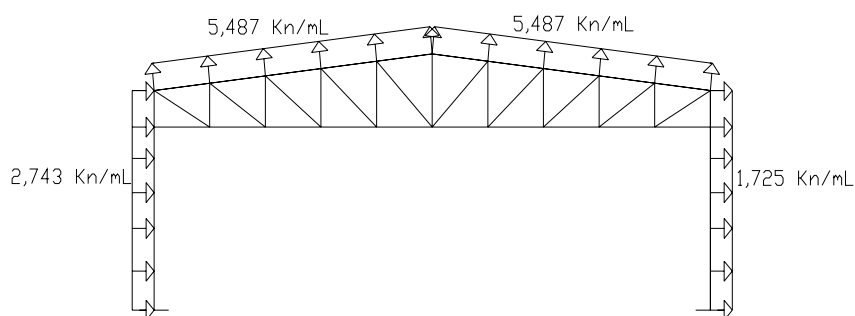
HIPOTESIS 3 (VTO C).

En esta hipótesis, tanto el faldón izquierdo como el derecho estarán sometidos al mismo valor de carga de viento. Nos fijaremos en la tabla de la página SE-AE 31 e interpolaremos:

$A \geq 10 \text{ m}^2$	C_p
5°	-1,6

Finalmente, la última hipótesis para viento quedaría del siguiente modo:

$$\text{VTO C} = [0,42 \text{ kN/m}^2 \cdot 1'633 \cdot (-1,6)] \times 5 \text{ m} = -5,487 \text{ kN/mL}$$



En resumen, la acción del viento sobre la nave da lugar a tres hipótesis básicas que se resumen a continuación.

3.2.3 SOBRECARGA DE NIEVE

El valor de carga nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, puede tomarse como:

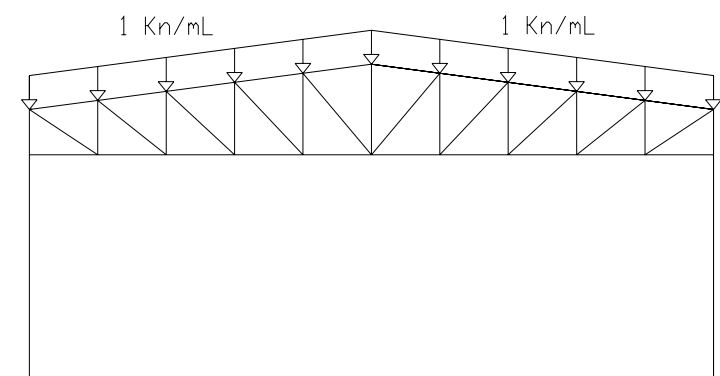
$$q_n = \mu \cdot s_k$$

donde:

μ : *factor de forma*, que tiene el valor de 1 porque se trata de una cubierta con inclinación menor de 30° .

s_k : el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, lo tomamos de la tabla 3.7 (pg. SE-AE 11) donde establece que para Sevilla (a 20 m de altitud), $s_k = 0,2 \text{ kN/m}^2$

$$F_n = (1 \cdot 0,2 \text{ kN/m}^2) \cdot 5 \text{ m} = 1 \text{ kN/mL}$$



3.2.4 ACCIÓN TÉRMICA

Las acciones térmicas no se tendrán en cuenta ya que en el caso de nuestra nave no existen elementos continuos de más de 40 m.

3.3 ACCIONES ACCIDENTALES

3.3.1 ACCIÓN SISMICA

El cálculo de la fuerza sísmica se realiza por aplicación de la NCSE-02, apartado 3.7.3:

$$F_s = s \cdot P$$

donde:

P: es el peso permanente que gravita sobre el pórtico:

$$P = 1 \left(\frac{10}{\cos 6^\circ} \right) \cdot \text{mL} \times 1,688 \text{ kN/m} = 16,97 \text{ kN}$$

s: es el coeficiente sísmico adimensional cuyo valor es:

$$s = (a_c/g) \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \eta$$

siendo:

ac: aceleración sísmica de cálculo determinada en el apartado 2.2, se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 1,28 \cdot 1 \cdot 0,07 g = 0,089 g$$

donde:

ab: aceleración sísmica básica.— Se define en el Anejo 1 de la NCSE-02 en función de la localidad, para Sevilla:

$$ab = 0,07 g$$

ρ : coeficiente adimensional de riesgo.— Se trata de una construcción de importancia normal, por tanto, toma el valor:

$$\rho = 1$$

S: coeficiente de amplificación del terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación y se detalla en el apartado 2.4 del NCSE-02, para nuestro caso, al ser el suelo granular de compacidad media, se clasifica del Tipo III y se obtiene de la tabla 2.1 el valor de coeficiente $C=1,6$.

$$\text{Para } 0,1g < \rho \cdot a_b = 1 \cdot 0,07g = 0,07g < 0,4g$$

$$S = \frac{C}{1,25}$$

$$S = \frac{1,6}{1,25} = 1,28$$

α : Coeficiente de valor. Está relacionado con el periodo fundamental del edificio. Por ello, primeramente calcularemos el periodo fundamental de edificio (apartado 3.7.2.2) mediante la expresión (5), que es para edificios de pórticos de acero laminado con planos triangulares resistentes:

$$T_F = 0,885n \sqrt{H/(B+H)}$$

siendo:

H: altura de la edificación, sobre rasante, en metros.
 n: número de plantas sobre rasante.
 B: dimensión de los planos triangulados, en el sentido de la oscilación, en metros.

$$T_F = 0,085 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{8}{5+8}} = 0,0667$$

A continuación, se calcula el periodo característico del espectro de repuesta, T_B , definido en 2.3:

$$T_B = K \cdot \frac{C}{2,5} = 1 \cdot \frac{1,6}{2,5} = 0,64$$

donde:

K: coeficiente de contribución del municipio dado en el Anejo 1:
 $K=1,0$

Finalmente, como para $T_F < T_B$, $\alpha = 2,5$

$$\alpha = 2,5$$

g: Aceleración de la gravedad, expresada en m/s^2 .

β : Coeficiente de respuesta, viene tabulado en la tabla 3.1 (pg. 35919). En nuestro caso, como se trata de una estructura de acero laminado, diáfana y sin ductilidad:

$$\beta = 1,09$$

η : Factor de distribución, definido en el apartado 3.7.3.2. (pg. 35921). Para naves industriales:

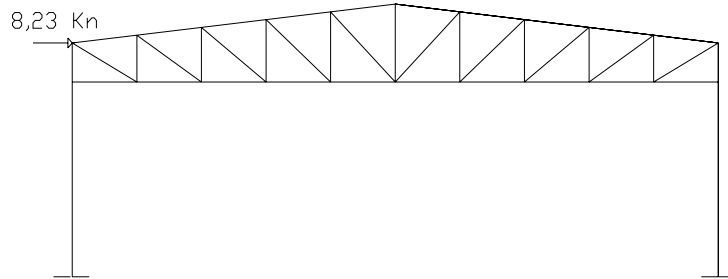
$$\eta = 1$$

Por tanto, ya podemos calcular el valor del coeficiente sísmico adimensional:

$$s = \frac{0,089g}{g} \cdot 2,5 \cdot 1,09 \cdot 1 = 0,2425$$

Finalmente:

$$F_s = s \cdot P = 0,2425 \cdot 33,95 \text{ kN} = 8,23 \text{ kN}$$

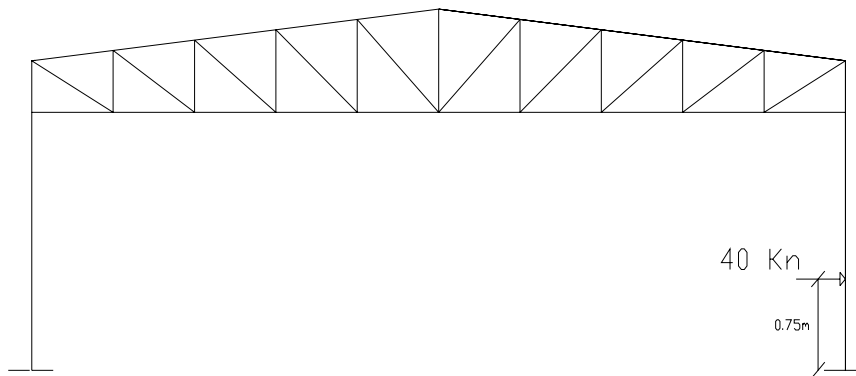


3.3.2 IMPACTO DE VEHÍCULOS

La norma dice que en zonas en las que se prevea la circulación de carretillas elevadoras, el valor de cálculo de la fuerza debida a su impacto será igual a cinco veces el peso máximo autorizado de la carretilla aplicada a una altura de 0,75 m por encima del nivel de rodadura.

(SE-AE 13, 4.3.2.4)

Como no habría perfil que soportarse dicha carga vamos a poner 40 KN como valor.

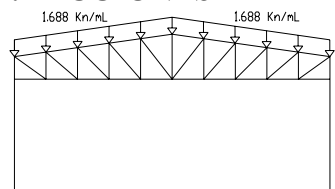


4. CÁLCULO DE COMBINACIONES EN LA CERCHA.

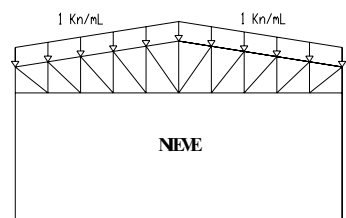
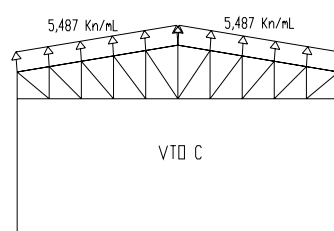
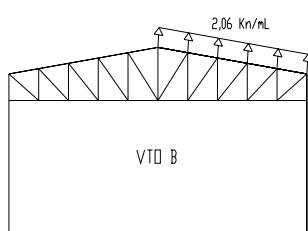
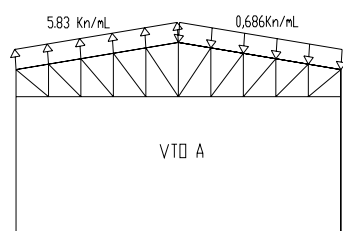
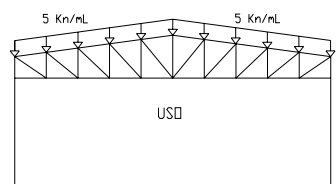
Suponiendo que las hipótesis de carga de cercha son las que se reflejan en el cuadro adjunto, vamos a determinar si la cercha cumple los E.L.U y E.L.S.

Para ello vamos a tratar la cercha con el programa cype 2010 (nuevo metal 3d)
Módulo de elasticidad 210.000 N/mm^2 o 210 kN/mm^2

1º.- ACCIONES PERMANENTES

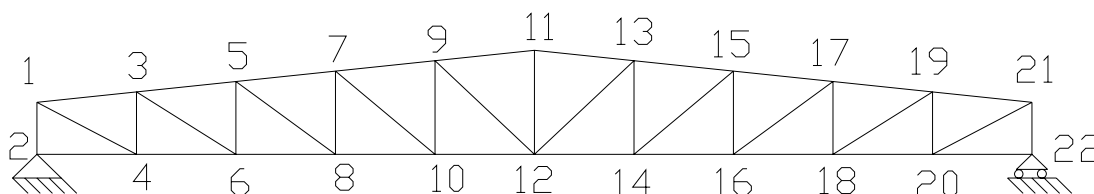


2º.- ACCIONES VARIABLES



Hemos suprimido las cargas accidentales ya que estas no actúan sobre la cercha sino que actúan sobre el pórtico.

El modelo de nuestra cercha es la siguiente:



Esta formada por 22 nudos y 41 barras, tiene una pendiente de 6° y se considera sin posibilidad de desplazamiento en el nudo 2 en ninguna de las dos direcciones y móvil en el eje x en el apoyo 22. La cercha estará formada por tubo estructural cuadrado en las barras exteriores, y por tubo estructural circular en las barras interiores, cuyas características son:

Tubo estructural circular (80.4):

$A = 9,55 \text{ cm}^2$. $S = 11,6 \text{ cm}^3$. $I = 69,1 \text{ cm}^4$. $W = 17,3 \text{ cm}^3$

Tubo estructural cuadrado (100.100.5):

$A = 14,8 \text{ cm}^2$. $S = 26,40 \text{ cm}^3$. $I = 223 \text{ cm}^4$. $W = 44,6 \text{ cm}^3$

ANEJO.- COEFICIENTES DE SEGURIDAD

En el *Documento Básico SE Seguridad Estructural* se establece, en su página SE-11, la tabla de los coeficientes parciales de seguridad que hemos utilizado para las acciones

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

Y los de simultaneidad:

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.

Después de un estudio mediante hoja de cálculo se ha apreciado que las dos hipótesis más desfavorables son las siguientes que se muestran, se ha simplificado el computo con las dos siguientes hipótesis ya que hacer el cálculo de todas las combinaciones es un trabajo innecesario para la resolución de la cercha:

HIP. 1) $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot USO + 1,5 \cdot 0,5 \cdot NIEVE$

HIP. 2) $0,8 \cdot PP + 1,5 \cdot 0,6 \cdot VTO C$

CORDON SUPERIOR

Barras	1-3	3-5	5-7	7-9	9-11	11-13	13-15	15-17	17-19	19-21
Hip1	-170,03	-259,09	-297,56	-302,28	-283,39	-283,39	-302,28	-297,56	-259,09	-170,03
Hip2	49,17	75,60	87,52	89,78	85,28	85,28	89,78	87,52	75,60	49,17

CORDON INFERIOR

Barras	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22
Hip1	0	169,18	257,81	296,08	300,78	300,78	296,08	257,81	169,18	0
Hip2	0	-48,40	-73,71	-84,60	-85,86	-85,86	-84,60	-73,71	-48,40	0

DIAGONALES

Barras	1-4	3-6	5-8	7-10	9-12	13-12	15-14	17-16	19-18	21-20
Hip1	189,15	103,35	46,71	6,02	-25,29	-25,29	6,02	46,71	103,35	189,15
Hip2	-54,11	-29,52	-13,29	-1,62	7,36	7,36	-1,62	-13,29	-29,52	-54,11

MONTANTES

Barras	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22
Hip1	-112,79	-84,59	-53,17	-26,79	-3,76	33,84	-3,76	-26,79	-53,17	-84,59	-112,79
Hip2	32,66	24,20	15,20	7,62	1,011	-9,84	1,011	7,62	15,20	24,20	32,66

A. ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS (E.L.U.)

Los resultados más desfavorables son:

Cordón superior: **-302,28 KN.**

Cordón inferior: **300,78 KN.**

Montantes: **-84,59KN.**

Montantes exteriores: **-112,79 KN.**

Diagonales: **189,15 KN.**

COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN DE LAS BARRAS DE TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO:

1) Cordón inferior: 300,78 KN. (Ensayamos un tubo cuadrado 100.100.5.)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 14,8 \text{ cm}^2 \cdot \frac{27,5 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}}{1,05} = 387,62 \text{ KN} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\frac{300,78 \text{ KN}}{387,62 \text{ KN}} = 0,78 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

2) Cordón superior: -302,28 KN. (Ensayamos un tubo cuadrado 100.100.5.)

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 14,8 \text{ cm}^2 \cdot \frac{27,5 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}}{1,05} = 387,62 \text{ KN} < 302,28. \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} = 0,88 \cdot 14,8 \text{ cm}^2 \cdot \frac{27,5 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}}{1,05} = 341,1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

$$\frac{302,28 \text{ KN}}{387,62 \text{ KN}} = 0,78 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Pandeo:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Al no haber momentos la ecuación anterior se simplifica a lo siguiente:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot A \cdot f_{yd}} < 1$$

$$N_{crz} = \left(\frac{\pi}{l_k} \right)^2 \cdot E \cdot I = \left(\frac{\pi}{200 \cdot 1} \right)^2 \cdot 21000 \frac{KN}{cm^2} \cdot 223 cm^4 = 1155,48 KN$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{14,80 cm^2 \cdot 27,5}{1155,48 KN}} = 0,593 \rightarrow \text{TABLA 6.3} \rightarrow \chi = 0,88$$

Realizamos la comprobación:

$$\frac{302,28 KN}{0,88 \cdot 14,8 cm^2 \cdot \frac{27,5 KN}{1,1 cm^2}} = 0,93 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

3) Montante exterior, barra 1-2 y 21-22: -112,79 KN. (Ensayamos un tubo cuadrado 100.100.5.)

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 14,8 cm^2 \cdot \frac{27,5 \frac{KN}{cm^2}}{1,05} = 387,62 KN. \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} = 0,95 \cdot 14,8 cm^2 \cdot \frac{27,5 \frac{KN}{cm^2}}{1,05} = 368,24 KN. \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

$$\frac{112,79 KN}{387,62 KN} = 0,29 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Pandeo:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Al no haber momentos la ecuación anterior se simplifica a lo siguiente:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot A \cdot f_{yd}} < 1$$

$$N_{crz} = \left(\frac{\pi}{l_k} \right)^2 \cdot E \cdot I = \left(\frac{\pi}{100 \cdot 1} \right)^2 \cdot 21000 \frac{KN}{cm^2} \cdot 223 cm^4 = 4621,94 KN$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{14,80 cm^2 \cdot 27,5}{4621,94 KN}} = 0,2967 \rightarrow \text{TABLA 6.3} \rightarrow \chi = 0,95$$

Realizamos la comprobación:

$$\frac{112,79KN}{0,94 \cdot 14,8cm^2 \cdot \frac{27,5KN}{1,1cm^2}} = 0,324 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN DE LAS BARRAS DE TUBO ESTRUCTURAL CIRCULAR:

1) Montantes: -84,59KN. (Ensayamos un tubo circular de 80.4)

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 9,55cm^2 \cdot \frac{27,5 \frac{KN}{cm^2}}{1,05} = 250,12KN. \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} = 0,63 \cdot 9,55cm^2 \cdot \frac{27,5 \frac{KN}{cm^2}}{1,05} = 157,575KN. \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

$$\frac{84,59KN}{250,12KN} = 0,34 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Pandeo:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Al no haber momentos la ecuación anterior se simplifica a lo siguiente:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot A \cdot f_{yd}} < 1$$

$$N_{crz} = \left(\frac{\pi}{l_k} \right)^2 \cdot E \cdot I = \left(\frac{\pi}{200 \cdot 1} \right)^2 \cdot 21000 \frac{KN}{cm^2} \cdot 69,1cm^4 = 358KN$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{9,55cm^2 \cdot 27,5}{358KN}} = 0,856 \rightarrow \text{TABLA 6.3} \rightarrow \chi = 0,63$$

Realizamos la comprobación:

$$\frac{84,59KN}{0,63 \cdot 9,55cm^2 \cdot \frac{27,5KN}{1,1cm^2}} = 0,56 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

2) **Diagonales: 189,15.** (Ensayamos un tubo circular de 100.5)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 9,55 \text{ cm}^2 \cdot \frac{27,5 \frac{KN}{\text{cm}^2}}{1,05} = 250,12 \text{ KN}. \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\frac{189,15 \text{ KN}}{250,12 \text{ KN}} = 0,756 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

B. ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO (E.L.S.)

Para el cálculo de la flecha nos fijamos solo en el peso propio del nudo 12 y se realizará una contraflecha.

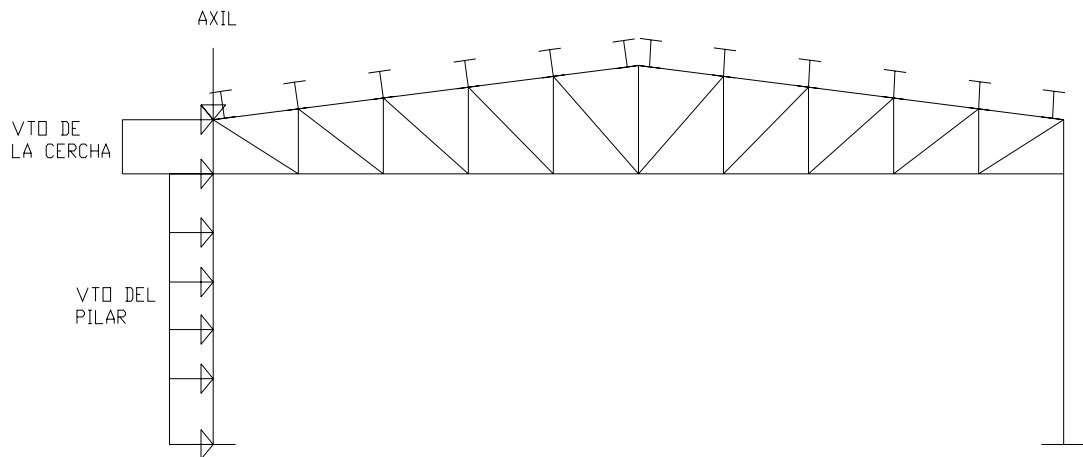
Contraflecha → 6,30 mm

5. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL PILAR.

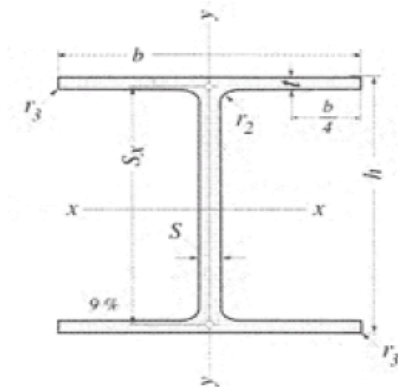
Vamos a proceder al cálculo de los pilares de nuestra nave. El cálculo de los pilares laterales se calculará para que cumpla con los E.L.U. y los E.L.S.

Ensayaremos con una HEB 260:

A continuación se muestra un esquema del pilar con sus cargas:



El perfil elegido y el cual ensayaremos es **HEB 260**, cuyas características son:



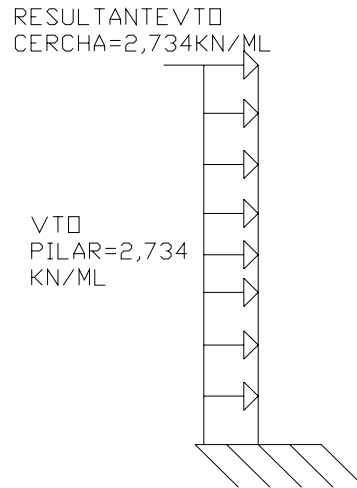
$G = 93 \text{ kg/m.}$
 $h = 260 \text{ mm.}$
 $b = 260 \text{ mm.}$
 $A = 118,4 \text{ cm}^2.$

$I_y = 14920 \text{ cm}^4.$
 $W_{el,y} = 1148 \text{ cm}^3.$
 $W_{pl,y} = 1283 \text{ cm}^3.$
 $i_y = 11,22 \text{ cm.}$

$I_z = 5135 \text{ cm}^4.$
 $W_{el,z} = 395 \text{ cm}^3.$
 $W_{pl,z} = 602,2 \text{ cm}^3.$
 $i_z = 6,58 \text{ cm.}$

Comprobación Estados Límites de Servicio. (E.L.S).

En el estudio de los ELS solo tendremos en cuenta la acción lateral del viento, el axil no se tiene en cuenta para su comprobación a flecha:



Comprobación a flecha:

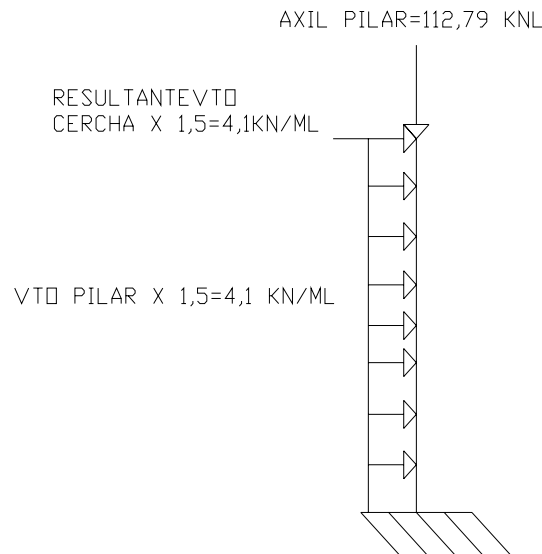
$$f = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{q \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I} \leq f_{ADM} = \frac{h}{250}$$

$$f_{ADM} = \frac{h}{250} = \frac{6}{250} = 0,024m$$

$$f = \frac{2,734 \cdot 6^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 14920 \cdot 10^{-8}} + \frac{2,734 \cdot 6^4}{8 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 14920 \cdot 10^{-8}} = 0,0204m \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Estados Límite Últimos (E.L.U.)

En el estudio de los ELU tendremos en cuenta la acción lateral del viento sobre el pilar y la cercha, ambos mayorados, y el axil correspondiente a los datos del AM2.



Comprobación de la sección (Flexión compuesta):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

$$M(y) = P \cdot z + q \cdot \frac{z^2}{2} = 4,1 \cdot 6 + 4,1 \cdot \frac{6^2}{2} = 98,4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{112,79}{118,4 \cdot \frac{27,5}{1,05}} + \frac{98,4 \cdot 10^2}{1283 \cdot \frac{27,5}{1,05}} = 0,329 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Comprobación de la barra:

Eje Y (PILAR):

$$L_K = 2 \cdot 600 = 1200 \text{ cm}$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{l_k} \right)^2 \cdot E \cdot I = \left(\frac{\pi}{1200} \right)^2 \cdot 21000 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} \cdot 14920 \text{ cm}^4 = 2147,46 \text{ KN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{118,4 \text{ cm}^2 \cdot 27,5}{2147,46 \text{ KN}}} = 1,23 \rightarrow \text{TABLA 6.3} \rightarrow \chi = 0,42$$

$$N_{b,rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} = 0,42 \cdot 118,4 \cdot \frac{27,5}{1,1} = 1243,2 \text{ KN} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Eje Z:

$$L_K = 0,7 \cdot 600 = 420 \text{ cm}$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_K} \right)^2 \cdot E \cdot I = \left(\frac{\pi}{420} \right)^2 \cdot 21000 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} \cdot 5135 \text{ cm}^4 = 6033,38 \text{ KN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{118,4 \text{ cm}^2 \cdot 27,5}{6033,38 \text{ KN}}} = 0,73 \rightarrow \text{TABLA 6.3} \rightarrow \chi = 0,72$$

$$N_{b,rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} = 0,72 \cdot 118,4 \cdot \frac{27,5}{1,1} = 2131,2 \text{ KN} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Comprobación a flexo-compresión:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{my} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{mz} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{112,79}{0,72 \cdot 118,4 \cdot \frac{27,5}{1,1}} + 1,12 \cdot \frac{0,95 \cdot 98,4 \cdot 10^2}{1 \cdot 1283 \cdot \frac{27,5}{1,1}} = 0,379 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

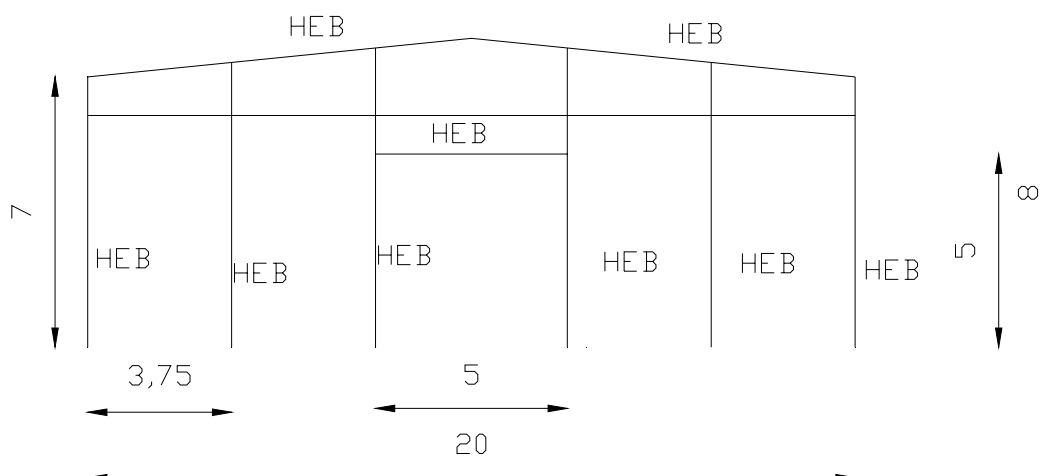
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{my} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{mz} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{112,79}{0,43 \cdot 118,4 \cdot \frac{27,5}{1,1}} + 0,6 \cdot 1,12 \cdot \frac{0,95 \cdot 98,4 \cdot 10^2}{1283 \cdot \frac{27,5}{1,1}} = 0,284 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

6. CALCULO DE ENTRAMADO POSTERIOR

6.1 CALCULO DE ENTRAMADO POSTERIOR.

Ahora vamos a calcular las dimensiones de los entramados de nuestra nave de acuerdo con el dibujo, se calculará el dintel, los pilares intermedios, la viga de atado y el dintel de la puerta:



Los detalles constructivos están al final de esta parte.

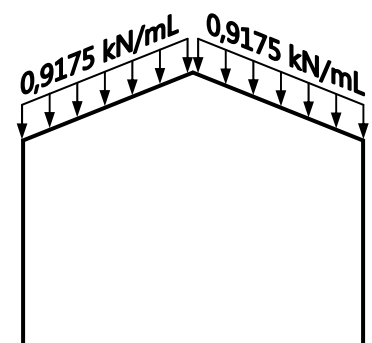
6.2 DINTEL.

Calculamos las acciones básicas sobre el dintel en el pórtico frontal, serán las mismas que en los intermedios pero con la mitad de ancho de carga:

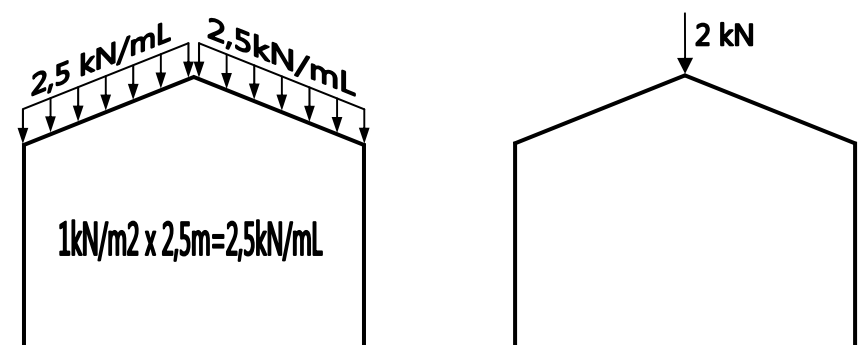
PESO PROPIO.

- Correas IPN 160: $\frac{6 \text{ correas} \times 0,179 \text{ kN/mL} \times 2,5 \text{ m ancho de carga}}{10 \text{ m}} = 0,268 \text{ kN/mL}$
- Chapa Sandwich: $0,125 \text{ kN/m}^2 \times 2,5 \text{ m ancho de carga} = 0,3125 \text{ kN/mL}$
- Peso HEB 140 $0,337 \text{ kN/mL}$

ACCIONES PERMANENTES = **0,9175 kN/mL**



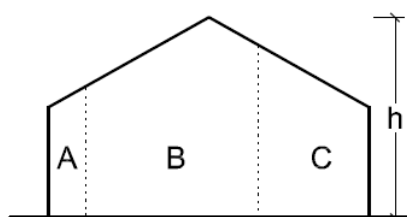
SOBRECARGA DE USO (MANTENIMIENTO).



En sucesivos cálculos, solo tendremos en cuenta la carga uniforme por ser bastante más desfavorable que la carga puntual.

VIENTO ENTRAMADO FRONTAL.

Para los entramados frontales calcularemos nuevamente la esbeltez de la pared, pero donde ahora, la h , será la altura total de la nave, es decir, la de la cumbrera; y nos fijaremos en las zonas A, B, C donde elegiremos el valor más desfavorable de las tres (no hará falta interpolar).



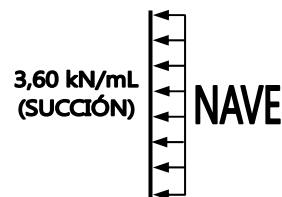
$$\frac{h}{d} = \frac{8}{20} = 0,4 \quad \mathbf{A = -1,2}$$

La zona más desfavorable es la $A = -1,2$, por tanto:

$$q_e = (0,42 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,633 \cdot (-1,2)) = -0,823 \text{ kN/m}^2$$

La carga uniformemente repartida sobre el pilar será:

$$0,823 \text{ kN/m}^2 \times 4,375 \text{ m} = 3,60 \text{ kN/mL (a Succión)}$$



SOBRECARGA DE NIEVE.

El valor de carga nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, puede tomarse como:

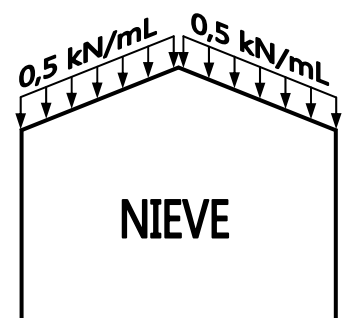
$$q_n = \mu \cdot s_k$$

donde:

μ : *factor de forma*, que tiene el valor de 1 porque se trata de una cubierta con inclinación menor de 30° .

s_k : el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, lo tomamos de la tabla 3.7 (pg. SE-AE 11 del CTE) donde establece que para Sevilla, $s_k = 0,2 \text{ kN/m}^2$

$$F_n = (1 \cdot 0,2 \text{ kN/m}^2) \cdot 2,5 \text{ m} = 0,5 \text{ kN/mL}$$



Una vez calculadas todas las acciones hacemos las comprobaciones para E.L.U. y E.L.S.

Comprobación E.L.U.

Teniendo en cuenta después de haber hecho un estudio mediante hoja de calculo que las hipótesis más desfavorables son aquellas en las que la acción uso está presente de una forma más grande se ha comprobado que la hipótesis más desfavorable es la segunda de las de tipo persistente. Así que se ha considerado que los demás cálculos serían por una parte un trabajo innecesario. Calculando nuestro dintel con esta hipótesis estaremos del lado de la seguridad.

$$1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot USO + 1,5 \cdot 0,5 \cdot NIEVE$$

$$q(z) = 1,35 \cdot 0,9175 + 1,5 \cdot 2,5 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 5,36 \text{ KN}$$

$$M_y = \frac{q_z \times L^2}{8} = \frac{5,36 \frac{\text{KN}}{\text{mL}} \times 5^2 \text{ m}^2}{8} = 16,75 \text{ KN} \times \text{m}$$

NOTA: Hemos tenido en cuenta las cargas en z, el axil producido en el dintel por la descomposición de la carga en la dirección y la hemos despreciado por no tener importancia.

Ensayamos una HEB 140:

- Resistencia de la sección a flexión:**

$$M_{c,Rd} \leq M_{el,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} = 245,4 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{275 \cdot 10^3}{1,05} = 64,27 \text{ KN} \times \text{m} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Comprobación de la sección:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 ; \text{ Sabemos que } N_{ED} = 0.$$

$$\frac{16,57 \text{ N} \times \text{m}}{245,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times \frac{275 \times 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1,05}} = 0,261 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Comprobación de la barra:**

Para toda la pieza:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{Ny} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{Nz} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (6.51)$$

Al ser $N_{ED} = 0$, la fórmula anterior se simplificaría quedando:

$$k_y \frac{c_{m,y} \times M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times W_y \times f_{yd}} \leq 1$$

$$k_y = 1, \quad k_z = 1; \quad \alpha_z = 0,6; \quad c_{m,z} = c_{m,y} = 0,95; \quad \chi_{LT} = 1.$$

Sustituimos:

$$1 \times \frac{0,95 \times 17,94 \text{ KN} \times m}{1 \times 245,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times \frac{27,5 \times 10^4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1,1}} = 0,260 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Comprobación E.L.S.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente en los E.L.U aquí se ha aplicado el mismo procedimiento y la hipótesis más desfavorable es la segunda de las de tipo característica, ya que es la combinación que más importancia le da a la sobrecarga de uso que es la más desfavorable de todas. Calculando nuestro dintel con esta hipótesis estaremos del lado de la seguridad.

Para los estados límite de servicio la hipótesis más desfavorable para el dintel es la que sigue:

$$PP + USO + 0,6 \cdot \text{VTO} + 0,5 \cdot \text{NIEVE} - PP$$

El vto en la cercha es 0.

Para el cálculo de la flecha utilizaremos la siguiente formula:

$$f = \frac{5Pl^4}{384EI}$$

Para **HEB 140.**

$$f = \frac{5 \times 3 \text{ Kn} / \text{mL} \times 3,75^4 \text{ m}^4}{384 \times 2,1 \cdot 10^8 \text{ Kn} / \text{m}^2 \times 1509 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4} = 0,00244 \text{ m} \leq \frac{3,75}{300} = 0,0125 \text{ m}$$

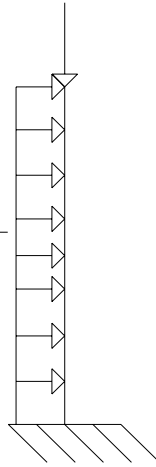
CUMPLE.

6.3 CALCULO DEL PILAR.

En este caso podemos omitir el cálculo de los E.L.S ya que está anclado a la cubierta y a los paneles, por lo que evita cualquier desplazamiento o movimiento.

AXIL PILAR=AXIL CUBIERTA+ AXIL PANEL

VTD FRONTAL =3,7 KN/ML



Comprobación E.L.U.

Axil = Axil cubierta.

Axil cubierta: $0,9175 \text{ kN/mL} \times 3,75\text{m} = 3,44 \text{ kN}$.

Axil total =3,44 kN.

Viento frontal = 3,6 kN/ml.

Ensayamos una HEB 140.

• Comprobación de la sección (Flexión compuesta):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

$$M_y = \frac{q_z \times L^2}{8} = \frac{3,6 \frac{\text{KN}}{\text{mL}} \times 7,37^2 \text{m}^2}{8} = 24,44 \text{KN} \times \text{m}$$

$$\frac{3,44}{42,96 \cdot \frac{27,5}{1,05}} + \frac{24,44 \cdot 10^2}{245,4 \cdot \frac{27,5}{1,05}} = 0,383 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

• Comprobación de la barra:

Eje Y (PILAR):

$$L_K = 0,7 \cdot 737 = 515,9 \text{cm}$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{l_k} \right)^2 \cdot E \cdot I = \left(\frac{\pi}{515,9} \right)^2 \cdot 21000 \frac{KN}{cm^2} \cdot 1509 cm^4 = 1.175,11 KN$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{42,96 cm^2 \cdot 27,5}{1.175,11 KN}} = 1,003 \rightarrow \text{TABLA 6.3} \rightarrow \chi = 0,60$$

$$N_{b,rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} = 0,60 \cdot 42,96 \cdot \frac{27,5}{1,1} = 644,4 KN \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Eje Z:

En el eje z no pandea el pilar porque los paneles impiden el pandeo, así que no es necesario su cálculo en este eje.

• Comprobación a flexo-compresión:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{my} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{mz} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{3,44}{0,60 \cdot 42,96 \cdot \frac{27,5}{1,1}} + 1,12 \cdot \frac{0,95 \cdot 24,44 \cdot 10^2}{1 \cdot 245,4 \cdot \frac{27,5}{1,1}} = 0,429 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

6.4 DINTEL DE LA PUERTA.

El dintel de la puerta está solamente sometido al peso de las paneles de hormigón que hay por encima. El dintel estará puesto a 5m del suelo.

Área de paneles por encima del dintel de la puerta = $(5 \times 2,37) + (5 \times 0,63) = 15 m^2$

Debemos de mayorar el peso de los paneles:

Peso panel x 1,35 = $(5 KN/m^2 \times 1,35 \times 15 m^2) / 5 = 20,25 KN/ml$.

Comprobación E.L.U.

$$M_y = \frac{q_z \times L^2}{8} = \frac{20,25 \frac{KN}{mL} \times 5^2 m^2}{8} = 63,28 KN \times m$$

Ensayamos una IPN 260:

- **Resistencia de la sección a flexión:**

$$M_{c,Rd} \leq M_{el,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} = 514 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{275 \cdot 10^3}{1,05} = 134,62 KN \times m \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- **Comprobación de la sección:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 ; \text{ Sabemos que } N_{ED} = 0.$$

$$\frac{63,28 KN \times m}{514 \times 10^{-6} m^3 \times \frac{275 \times 10^3 \frac{KN}{m^2}}{1,05}} = 0,47 \leq 1$$

CUMPLE

- **Comprobación de la barra:**

Para toda la pieza:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (6.51)$$

Al ser $N_{ED} = 0$, la fórmula anterior se simplificaría quedando:

$$k_y \cdot \frac{c_{m,y} \times M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times W_y \times f_{yd}} + \alpha_z \times k_z \cdot \frac{c_{m,z} \times M_{z,Ed}}{W_z \times f_{yd}} \leq 1$$

$$k_y = 1, \quad k_z = 1; \quad \alpha_z = 0,6; \quad c_{m,z} = c_{m,y} = 0,95; \quad \chi_{LT} = 1.$$

Sustituimos:

$$1 \times \frac{0,95 \times 63,28 \text{ KN} \times m}{1 \times 514 \times 10^{-6} m^3 \times \frac{27,5 \times 10^4 \frac{KN}{m^2}}{1,1}} = 0,468 < 1$$

CUMPLE

Comprobación E.L.S.

Solo se tendrá en cuenta el peso del panel que es:

Peso panel = 20,25 KN/ml.

$$f = \frac{5Pl^4}{384EI}$$

Para **IPN 260.**

$$f = \frac{5 \times 20,25 \text{ Kn} / mL \times 5^4 m^4}{384 \times 2,1 \cdot 10^8 \text{ Kn} / m^2 \times 5740 \cdot 10^{-8} m^4} = 0,0138 m \leq \frac{5}{300} = 0,0166 m$$

CUMPLE.

6.5 VIGA DE ATADO.

La viga de atado de paneles trabaja a flexión solo teniendo en cuenta la fuerza del viento.

Comprobación E.L.U. (Viento mayorado).

$$q_e = 0,823 \text{ kN/m}^2 \times 5 m = 4,115 \text{ kN/mL (a Succión)}$$

Viento x 1,5 = 4,115 KN/ml. x 1,5 = 6,173 KN/ml.

$$M_z = \frac{q_y \times L^2}{8} = \frac{6,173 \frac{KN}{mL} \times 4,375^2 m^2}{8} = 14,77 \text{ KN} \times m$$

Ensayamos una **HEB 140**:

- **Resistencia de la sección a flexión:**

$$M_{c,Rd} \leq M_{el,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} = 245,4 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{275 \cdot 10^3}{1,05} = 64,27 \text{ KN} \times m \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- **Comprobación de la sección:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 ; \text{ Sabemos que } N_{ED} = 0.$$

$$\frac{14,77 \text{ KN} \times m}{245,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times \frac{275 \times 10^3 \text{ KN}}{1,05}} = 0,229 \leq 1$$

CUMPLE

- **Comprobación de la barra:**

Para toda la pieza:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (6.51)$$

Al ser $N_{ED} = 0$, la fórmula anterior se simplificaría quedando:

$$k_y \frac{c_{m,y} \times M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times W_y \times f_{yd}} \leq 1$$

$$k_y = 1, \quad k_z = 1; \quad \alpha_z = 0,6; \quad c_{m,z} = c_{m,y} = 0,95; \quad \chi_{LT} = 1.$$

Sustituimos:

$$1 \times \frac{0,95 \times 14,77 \text{ KN} \times m}{1 \times 245,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times \frac{27,5 \times 10^4 \text{ KN}}{1,1}} = 0,229 < 1$$

CUMPLE

Comprobación E.L.S.

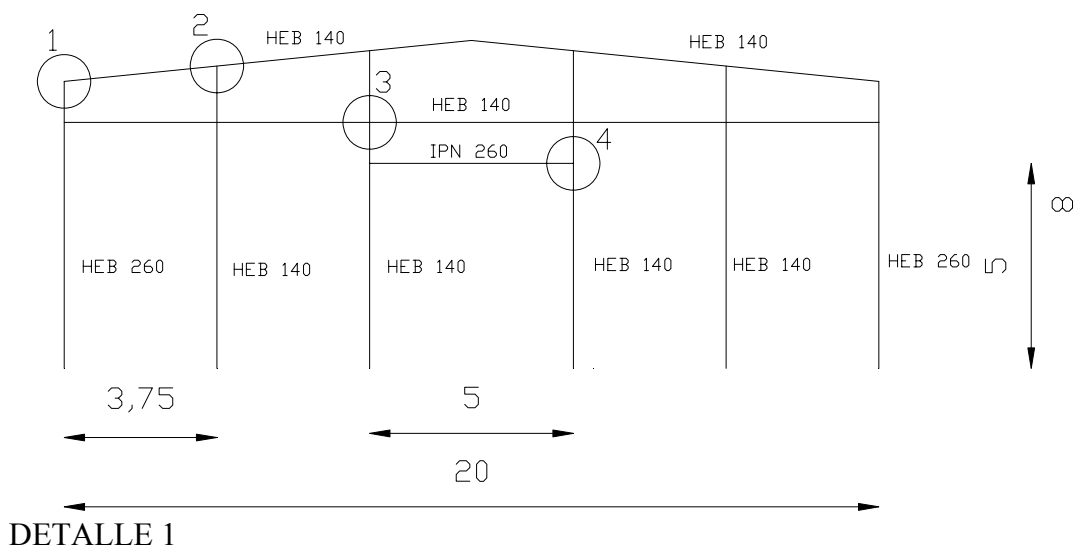
La carga que se utiliza para los E.L.S. será sin mayorar, luego utilizamos la carga simple del viento:

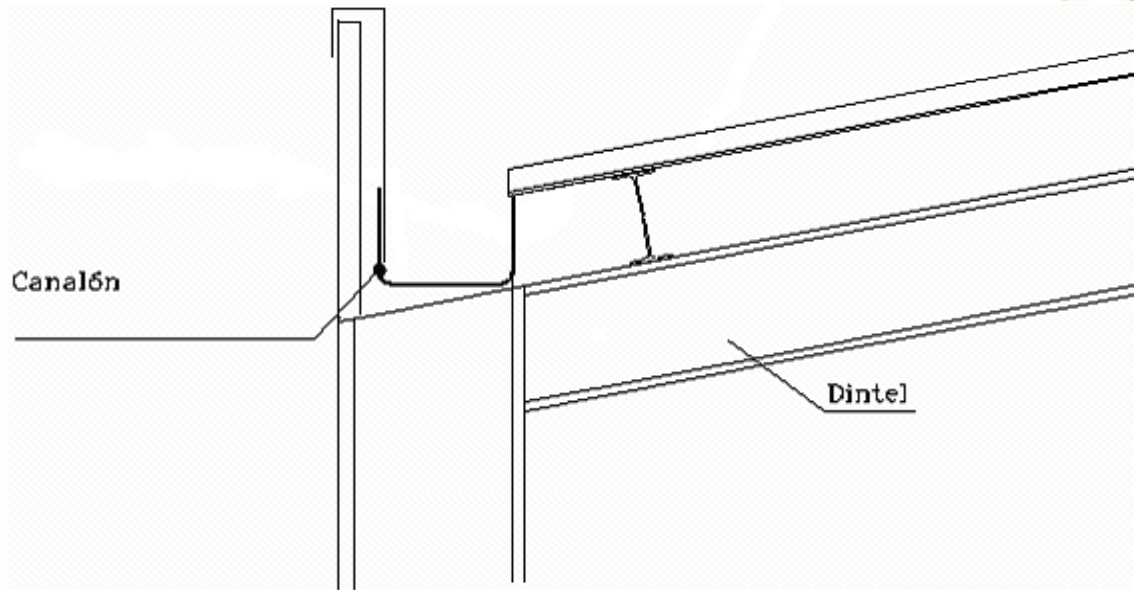
$$Q(z) = 4,115 \text{ KN/ml.}$$

$$f_{adm} = \frac{L}{300} = 0,0146m$$

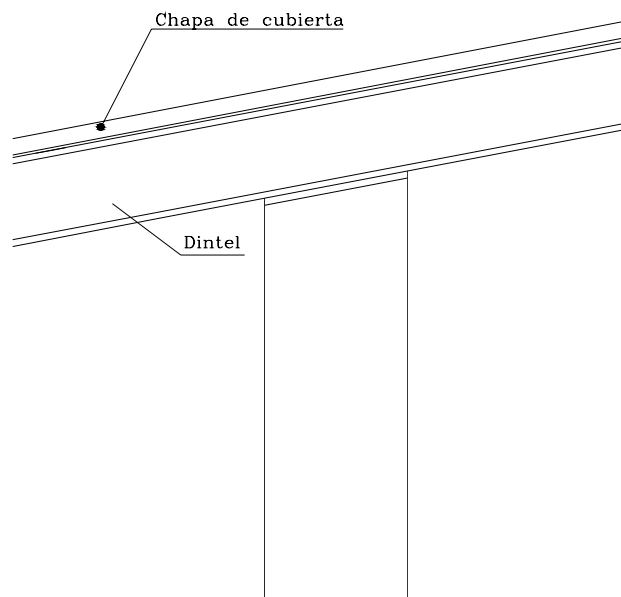
$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,115 \cdot 5^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 1509 \cdot 10^{-8}} = 0,0106 > 0,015 \quad \textbf{CUMPLE}$$

Después de todas las comprobaciones nuestro entramado quedaría de la siguiente manera:

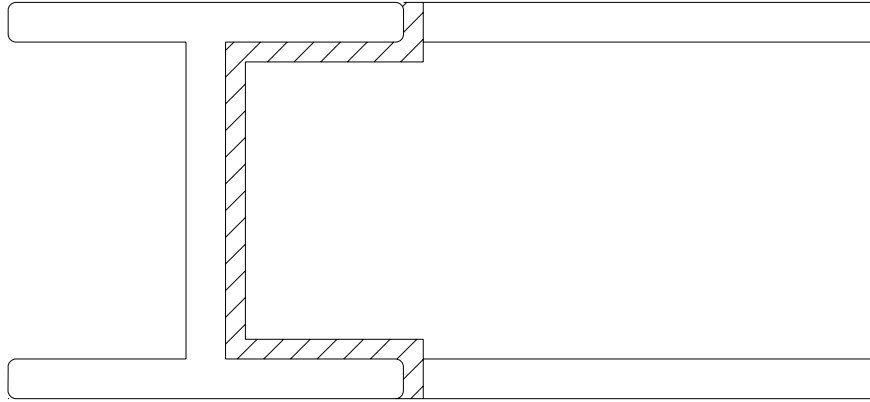




DETALLE 2.



DETALLE 3.





MEMORIA DE CÁLCULO



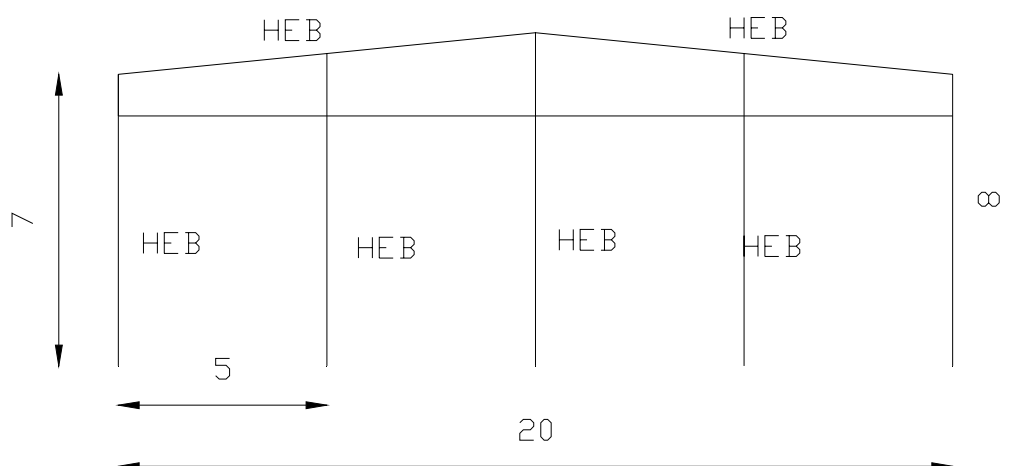


MEMORIA DE CÁLCULO



7. CALCULO DE ENTRAMADO FRONTAL.

Ahora vamos a calcular las dimensiones de los entramados de nuestra nave de acuerdo con el dibujo, se calculará el dintel, los pilares intermedios, la viga de atado y el dintel de la puerta:



Los detalles constructivos están al final de esta parte de la memoria

7.1. DINTEL.

Calculamos las acciones básicas sobre el dintel en el pórtico frontal, serán las mismas que en los intermedios pero con la mitad de ancho de carga:

Comprobación E.L.U.

$$\text{HIP. 1)} \quad 1,35 \cdot \text{PP} + 1,5 \cdot \text{USO} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{NIEVE}$$

$$q(z) = 1,35 \cdot 0,9175 + 1,5 \cdot 2,5 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 5,36 \text{ KN}$$

$$M_y = \frac{q_z \times L^2}{8} = \frac{5,36 \frac{\text{KN}}{\text{mL}} \times 5^2 \text{ m}^2}{8} = 16,75 \text{ KN} \times \text{m}$$

NOTA: Hemos tenido en cuenta las cargas en z, el axil producido en el dintel por la descomposición de la carga en la dirección y la hemos despreciado por no tener importancia.

Ensayamos una HEB 140:

- Resistencia de la sección a flexión:**

$$M_{c,Rd} \leq M_{el,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} = 245,4 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{275 \cdot 10^3}{1,05} = 64,27 \text{ KN} \times m \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Comprobación de la sección:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 ; \text{ Sabemos que } N_{ED} = 0.$$

$$\frac{16,75 \text{ KN} \times m}{245,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times \frac{275 \times 10^3 \text{ KN}}{1,05}} = 0,260 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Comprobación de la barra:**

Para toda la pieza:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (6.51)$$

Al ser $N_{ED} = 0$, la fórmula anterior se simplificaría quedando:

$$k_y \frac{c_{m,y} \times M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times W_y \times f_{yd}} \leq 1$$

$$k_y = 1, \quad k_z = 1; \quad \alpha_z = 0,6; \quad c_{m,z} = c_{m,y} = 0,95; \quad \chi_{LT} = 1.$$

Sustituimos:

$$1 \times \frac{0,95 \times 16,75 \text{ KN} \times m}{1 \times 245,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times \frac{27,5 \times 10^4 \text{ KN}}{1,1}} = 0,272 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Comprobación E.L.S.

Para los estados límite de servicio la hipótesis más desfavorable para el dintel es la que sigue:

Hip) $PP + USO + 0,6 \cdot VTO + 0,5 \cdot NIEVE - PP$

Para el cálculo de la flecha utilizaremos la siguiente formula:

$$f = \frac{5Pl^4}{384EI}$$

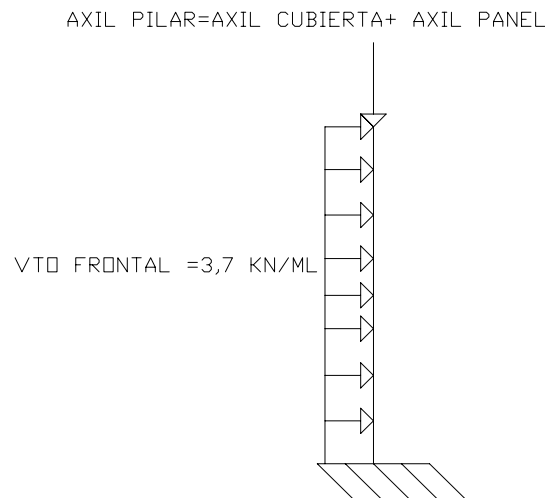
Para **HEB 140**.

$$f = \frac{5 \times 3 \text{ Kn / mL} \times 5^4 \text{ m}^4}{384 \times 2.1 \cdot 10^8 \text{ Kn / m}^2 \times 1509 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4} = 0,0077 \text{ m} \leq \frac{5}{300} = 0,0167 \text{ m}$$

CUMPLE.

7.2. CALCULO DEL PILAR INTERMEDIO.

En este caso podemos omitir el cálculo de los E.L.S ya que está anclado a la cubierta y a los paneles, por lo que evita cualquier desplazamiento o movimiento.



Comprobación E.L.U.

Axil = Axil cubierta.

Axil cubierta: $0,9175 \text{ kN/mL} \times 5\text{m} = 4,588 \text{ kN}$.

Axil total = 4,588 kN.

Viento frontal = 3,6 kN/ml.

Ensayamos una HEB 140.

- Comprobación de la sección (Flexión compuesta):**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

$$M_y = \frac{q_z \times L^2}{8} = \frac{3,6 \frac{KN}{m} \times 8^2 m^2}{8} = 28,8 KN \times m$$

$$\frac{4,588}{42,96 \cdot \frac{27,5}{1,05}} + \frac{28,8 \cdot 10^2}{245,4 \cdot \frac{27,5}{1,05}} = 0,452 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Comprobación de la barra:**

Eje Y (PILAR):

$$L_K = 0,7 \cdot 800 = 560 cm$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{l_k} \right)^2 \cdot E \cdot I = \left(\frac{\pi}{560} \right)^2 \cdot 21000 \frac{KN}{cm^2} \cdot 1509 cm^4 = 997,3 KN$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{42,96 cm^2 \cdot 27,5}{997,3 KN}} = 1,08 \rightarrow \text{TABLA 6.3} \rightarrow \chi = 0,57$$

$$N_{b,rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} = 0,57 \cdot 42,96 \cdot \frac{27,5}{1,1} = 612,18 KN \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Eje Z:

En el eje z no pandea el pilar porque los paneles impiden el pandeo, así que no es necesario su cálculo en este eje.

- Comprobación a flexo-compresión:**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{my} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{mz} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{4,588}{0,57 \cdot 42,96 \cdot \frac{27,5}{1,1}} + 1,12 \cdot \frac{0,95 \cdot 28,8 \cdot 10^2}{1 \cdot 245,4 \cdot \frac{27,5}{1,1}} = 0,507 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

7.3. VIGA DE ATADO.

La viga de atado de paneles trabaja a flexión solo teniendo en cuenta la fuerza del viento.

Comprobación E.L.U.(Viento mayorado).

$$q_e = 0,779 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m} = 3,895 \text{ kN/mL (a Succión)}$$

Viento $\times 1,5 = 3,895 \text{ KN/ml.} \times 1,5 = 5,84 \text{ KN/ml.}$

$$M_z = \frac{q_y \times L^2}{8} = \frac{5,84 \frac{\text{KN}}{\text{mL}} \times 5^2 \text{ m}^2}{8} = 18,25 \text{ KN} \times \text{m}$$

Ensayamos una **HEB 140**:

- Resistencia de la sección a flexión:**

$$M_{c,Rd} \leq M_{el,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} = 245,4 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{275 \cdot 10^3}{1,05} = 64,27 \text{ KN} \times \text{m} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Comprobación de la sección:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 ; \text{ Sabemos que } N_{ED} = 0.$$

$$\frac{18,25 \text{ N} \times \text{m}}{245,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times \frac{275 \times 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1,05}} = 0,284 \leq 1$$

CUMPLE

- Comprobación de la barra:**

Para toda la pieza:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (6.51)$$

Al ser $N_{ED} = 0$, la fórmula anterior se simplificaría quedando:

$$k_y \frac{c_{m,y} \times M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times W_y \times f_{yd}} \leq 1$$

$$k_y = 1, \quad k_z = 1; \quad \alpha_z = 0,6; \quad c_{m,z} = c_{m,y} = 0,95; \quad \chi_{LT} = 1.$$

Sustituimos:

$$1 \times \frac{0,95 \times 18,25 \text{ KN} \times m}{1 \times 245,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times \frac{27,5 \times 10^4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1,1}} = 0,283 < 1$$

CUMPLE

Comprobación E.L.S.

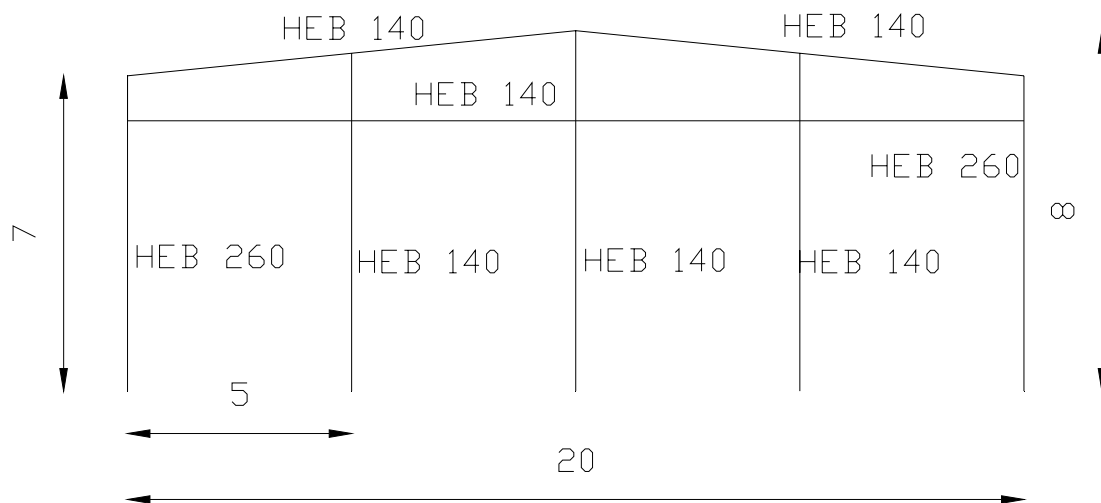
La carga que se utiliza para los E.L.S. será sin mayorar, luego utilizamos la carga simple del viento:

$$Q(z) = 5,84 \text{ Kn/mL}$$

$$f_{adm} = \frac{L}{300} = 0,0166 \text{ m}$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5,84 \cdot 4,75^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 1509 \cdot 10^{-8}} = 0,0122 < 0,015 \quad \textbf{CUMPLE}$$

Después de todas las comprobaciones nuestro entramado quedaría de la siguiente manera:

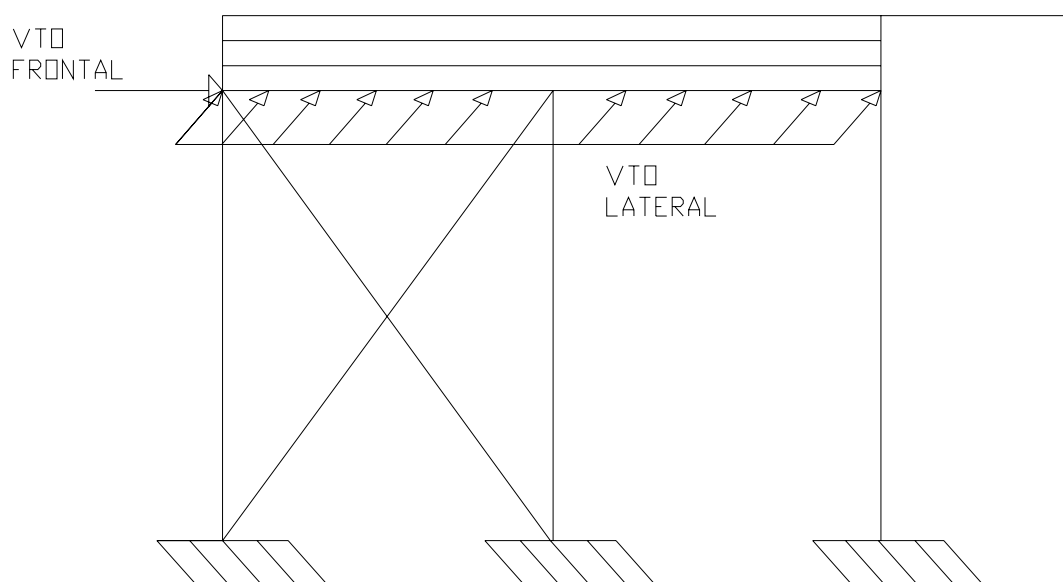


Los detalles constructivos serán idénticos a los del entramado posterior.

8. CÁLCULO DE ENTRAMADO LATERAL.

8.1. CÁLCULO DE VIGA DE ATADO.

Vamos a proceder al cálculo de la viga de atado de los entramados laterales. Las cargas que soporta son las del viento frontal en forma de axil como se indica en la figura y las laterales que provocan un momento flector. El peso que crean los paneles que tiene encima se tendrán en cuenta para la cimentación ya que no repercute sobre la viga de atado.



Ensayamos una HEB 140:

Viento frontal:

El viento frontal es de 3,6 KN/mL, pero al ser uno de los pilares de los extremos el ancho de carga será la mitad 1,8 KN/mL.

La longitud de carga será de 5 m que será la distancia desde la parte más alta de la nave hasta la mitad del pilar.

$$1,8 \times 5\text{m} = 9 \text{ KN} \rightarrow \text{axil viento frontal.}$$

Carga de viento lateral:

La carga de viento lateral por unidad de superficie es 0,454 Kn/m²

Ancho de carga de la viga de atado 5m

Carga por unidad de longitud:

$$\text{Viento lateral} = 0,549 \text{ KN/m}^2 \times 5 \text{ m} = \mathbf{2,745 \text{ KN/mL}}$$

E.L.U.(Estados límites últimos.)

Mayorando el axil y la carga continua del viento lateral nos quedan los siguientes esfuerzos.

$$9 \text{ KN} \times 1,5 = 13,50 \text{ KN} \rightarrow \text{axil del vto frontal.}$$

$$2,745 \text{ KN/mL} \times 1,5 = 4,12 \text{ KN/mL} \rightarrow \text{carga del vto lateral.}$$

$$M_y = \frac{Q \cdot L^2}{8} = \frac{4,12 \text{ KN} \cdot (5 \text{ m})^2}{8} = 12,88 \text{ KN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Momento máximo viga de atado.}$$

Comprobación de la sección.

Se ensaya **HEB 140**, cuyas características son:

Características del perfil. HEB 140.

$G = 33,7 \text{ kg/m.}$	$I_y = 1509 \text{ cm}^4.$	$I_z = 549,7 \text{ cm}^4.$
$h = 140 \text{ mm.}$	$W_{el,y} = 215,6 \text{ cm}^3.$	$W_{el,z} = 78,52 \text{ cm}^3.$
$b = 140 \text{ mm.}$	$W_{pl,y} = 245,4 \text{ cm}^3.$	$W_{pl,z} = 119,8 \text{ cm}^3.$
$A = 42,96 \text{ cm}^2.$	$i_y = 5,93 \text{ cm.}$	$i_z = 3,58 \text{ cm}$

Resistencia de la sección a flexión:

$$M_{c,Rd} \leq M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} = 245,4 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{275 \cdot 10^3}{1,05} = 64,27 \text{ KN} \cdot \text{m} \rightarrow \mathbf{CUMPLE.}$$

Resistencia de la sección a compresión:

$$N_{T,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} \Rightarrow 42,96 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{27,5 \cdot 10^4}{1,05} = 1125,14 \text{ KN} \rightarrow \mathbf{CUMPLE.}$$

Interacción de esfuerzos:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} \leq 1$$

$$\frac{13,50KN}{42,96 \cdot 10^{-4} m^2 * \frac{27,5 \cdot 10^4 \frac{KN}{m^2}}{1,05}} + \frac{12,88KN \cdot m}{245,4 \cdot 10^{-6} m^3 * \frac{27,5 \cdot 10^4 \frac{KN}{m^2}}{1,05}} = 0,212 \leq 1 \quad \rightarrow$$

CUMPLE

Comprobación de la barra.

Eje Y:

$$L_k = 0,7 \cdot 500 = 350cm$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{l_k} \right)^2 \cdot E \cdot I = \left(\frac{\pi}{350} \right)^2 \cdot 21000 \frac{KN}{cm^2} \cdot 1509cm^4 = 2553,13KN$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{42,96cm^2 \cdot 27,5}{2553,13KN}} = 0,68 \rightarrow \text{TABLA 6.3} \rightarrow \chi = 0,74$$

$$N_{b,rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} = 0,74 \cdot 42,96 \cdot \frac{27,5}{1,1} = 794,76KN \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Comprobación a flexo-compresión:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (6.51)$$

$$K_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{C,Rd}} \quad K_y = 1 + (0,68 - 0,2) \frac{9,25}{0,74 \cdot 1074} = 1,0055$$

$$N_{C,Rd} = A^* \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad N_{C,Rd} = 42,96 \cdot \frac{27,5}{1,1} = 1074$$

$$\frac{13,50}{0,55 \cdot 42,96 \cdot \frac{27,5}{1,1}} + 1,0055 \cdot \frac{0,95 \cdot 12,88 \cdot 10^2}{1 \cdot 245,4 \cdot \frac{27,5}{1,1}} = 0,223 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

E.L.S. (Estados límite de servicio)

La carga que se utiliza para los E.L.S. será sin mayorar, luego utilizamos la carga simple del viento.

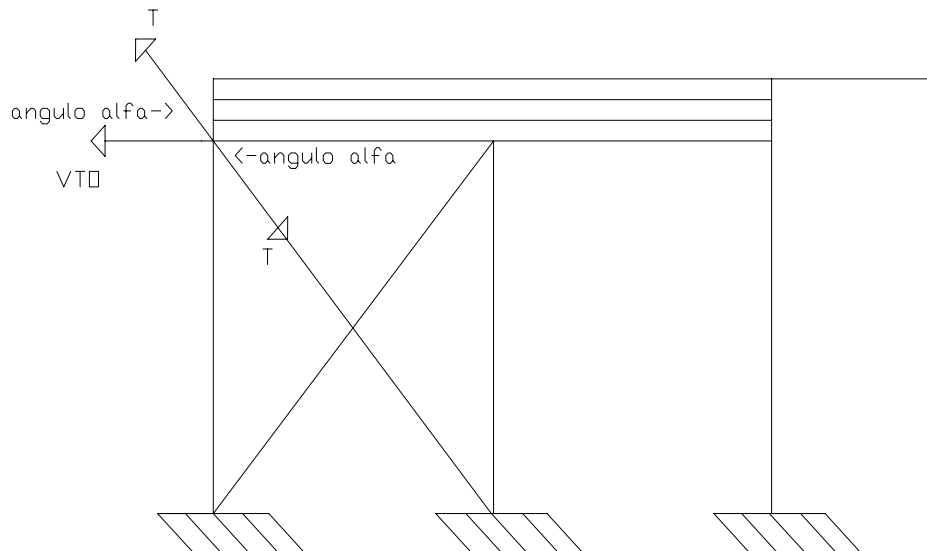
$$Q(z) = 2,743 \text{ KN/mL.}$$

$$f_{adm} = \frac{L}{300} = \frac{5}{300} = 0,0167$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,743 \cdot 5^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 1509 \cdot 10^{-8}} = 0,007 < 0,0167 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

8.2. CALCULO DE TIRANTES

Los tirantes de la cruz de San Andrés trabajan a tracción, estos tirantes lo más recomendable y adecuado es que sean de sección circular y de unos 20 mm de diámetro como mínimo, en el centro los dos tirantes van sin unir y se le suele poner un tensor a cada tirante para apretarlos en caso de que hiciera falta. Se pondrán igualmente en la cubierta arriostrando los pórticos el mismo tipo de tirantes.



La carga de viento tiene de valor, el calculado anteriormente: **9 KN**, y al mayorarlo: **13,50 KN**, así, se tiene que el valor del ángulo α es:

$$\alpha = \arctg \frac{6m}{5m} = 50,2^\circ$$



MEMORIA DE CÁLCULO



De donde se tiene que el valor de la tensión **T** a la que está sometida el tirante valdrá:

$$T = \text{Viento} \cdot \cos \alpha = 13,5 \text{ KN} \cdot 0,64 = 8,64 \text{ KN}$$

Fuerza de tracción $\rightarrow T = 8,64 \text{ KN}$

Calculo para E.L.U:

Se ensaya Redondo Ø20, cuya área es $3,141 \text{ cm}^2$.

Nuestra fuerza de tracción es de $\rightarrow T = 8,64 \text{ KN}$

Comprobación de sección:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{pl,Rd} = 3,140 \text{ cm}^2 \cdot \frac{27,5 \text{ KN} / \text{ cm}^2}{1,05} = 82,26 \text{ KN} \rightarrow \text{CUMPLE}$$



MEMORIA DE CÁLCULO



9. CÁLCULO DE PLACAS DE ANCLAJE.

9.1. CÁLCULO DE PLACAS DE ANCLAJE.

Los pilares de hormigón transmiten cargas al terreno de fundación a través de macizos de hormigón armado, o en masa. Como las tensiones de trabajo del hormigón de cimientos son muy inferiores a las del acero es necesario realizar el enlace entre pilares y zapatas utilizando placas de asiento, con rigidez suficiente para repartir las cargas de manera que la presión sobre el hormigón no rebase el valor límite que puede aceptar el material.

Las dimensiones de las placas de anclaje son función de las solicitaciones que transmite el pilar en su base y de la tensión admisible del hormigón en los cimientos.

Sobre la sección de arranque del pilar actúa un momento flector en la base “ M ” y un esfuerzo axial “ P ”.

9.2. PLACA DE ANCLAJE PARA PILARES DE PÓRTICO INTERMEDIO HEB 260

La placa de anclaje estaría diseñada para los pilares correspondientes a los pórticos intermedios.

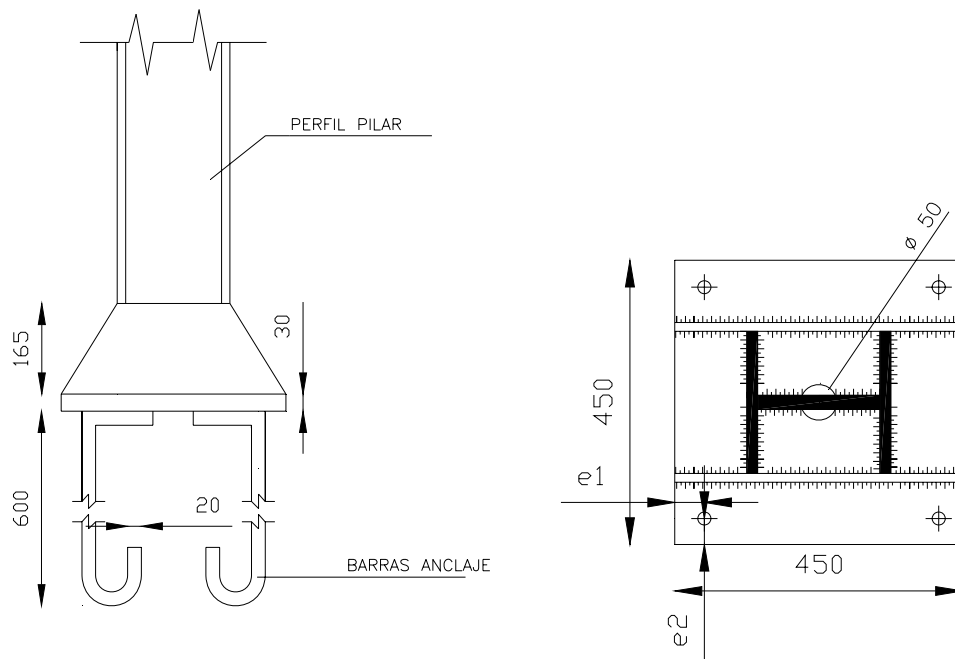
Para el cálculo de las placas de anclaje, las acciones deben estar sin ponderar, debido a ello, se tomarán las acciones que se consideraron para el dimensionamiento de los elementos del pórtico pero sin multiplicar por los correspondientes coeficientes que nos incluían tanto los ELU como los ELS.

Las acciones características que actúan sobre la placa son:

Acciones características a las que está sometido el pilar:

- $N = 112,79 \text{ kN}$ (para ELU) \rightarrow sin coeficientes $\rightarrow 86,76 \text{ kN}$
- $M = 98,4 \text{ kN m}$ (para ELU) \rightarrow sin coeficientes $\rightarrow 65,6 \text{ kN m}$

Dimensiones de la placa.



Distancias mínimas:

- En la dirección de la fuerza que se transmite;

$$e_1 \geq 1,2 d_0 = 1,2 \text{ cm}$$

- En la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite;

$$e_2 \geq 1,5 d_0 = 1,5 \text{ cm}$$

Teniendo en cuenta las distancias mínimas se opta por $\left\{ \begin{matrix} e_1 = 5 \text{ cm} \\ e_2 = 5 \text{ cm} \end{matrix} \right\}$

Valores de la tensión.

Hormigón: $\sigma_H = \frac{2,5}{1,5} \cdot 0,9 = 1,5 \frac{KN}{cm^2} \rightarrow$ máxima tensión de compresión del hormigón.

Acero: $\sigma_A = 27,5 \frac{KN}{cm^2}$ $\sigma_C = \frac{27,5 \frac{KN}{cm^2}}{1,1} = 25 \frac{KN}{cm^2}$

Tensión de adherencia:

$$\tau = \frac{1,2}{\gamma_c} * \sqrt{f_{CK}} = \frac{1,2}{1,5} * \sqrt{2,5} = 1,27 \frac{KN}{cm^2}$$

Comprobación de la compresión en el hormigón.

$$\sigma_b = \frac{4 \left[M(kNcm) + N(kN) \cdot \left(\frac{a(cm)}{2} - g(cm) \right) \right]}{a(cm) \cdot b(cm) \cdot (0,875 \cdot a(cm) - g(cm))} \leq \sigma_H$$

$$\sigma_b = \frac{4 \left[65,6 \cdot 10^2 + 86,76 \cdot \left(\frac{45}{2} - 5 \right) \right]}{45 \cdot 45 \cdot (0,875 \cdot 45 - 5)} = 0,46 kN / cm^2 < 1,5 kN / cm^2$$

Cálculo del esfuerzo a tracción de los anclajes “Z”.

$$Z = -N(kN) + \frac{M(kNm) + N(kN) \cdot \left(\frac{a(m)}{2} - g(m) \right)}{0,875 \cdot a(m) - g(m)}$$

$$Z = -86,76 + \frac{65,60 + 86,76 \cdot \left(\frac{0,45}{2} - 0,05 \right)}{0,875 \cdot 0,45 - 0,05} = 148,24 kN = 148.240 N$$

Cálculo de la sección de los anclajes

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 27,5 \frac{KN}{cm^2} \cdot A_s}{1,25} \cdot 4 = 148,24 KN$$

$$A_{total} = \frac{148,24 \cdot 1,25}{0,9 \cdot 27,5 \cdot 4} = 1,87 cm^2$$

$$A_{tornillo} = \frac{1,87 cm^2}{2} = 0,935 cm^2 \rightarrow 0,935 cm^2 = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \rightarrow \phi = 1,23 cm \rightarrow \phi \approx 2 cm$$

Cálculo de la longitud de los anclajes

$$Z(N) \leq 2n\pi \cdot r(mm) \cdot L(m) \cdot \tau_a(N/mm^2) \rightarrow L = \frac{Z}{2n\pi \cdot r \cdot \tau_a}$$

$$L = \frac{148,29}{2\pi \cdot 1 \cdot 1,27} = 50,04 cm \approx 60 cm$$

Cálculo del Espesor de la Placa “e”

$$M_{Voladizo} = \frac{(b(cm) - d(cm))^2}{8} \cdot \sigma_b (KN/cm^2)$$

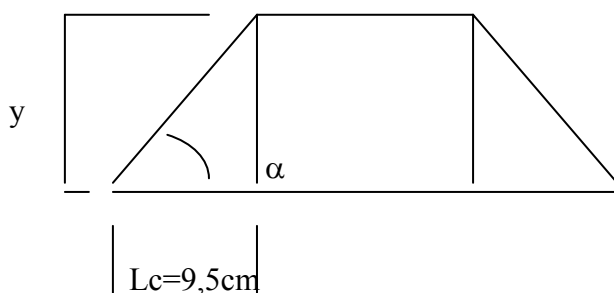
$$M_{Vano} = \frac{b(cm)(2d(cm) - b(cm))}{8} \sigma_b (KN/cm^2)$$

$$M_{Voladizo} = \frac{(45 - (26 + 1))^2}{8} \cdot 0,46 = 18,63 KN$$

$$M_{Vano} = \frac{45(2 \cdot 27 - 45)}{8} \cdot 0,46 = 23,29 KN$$

$$e = \sqrt{\frac{6M_{max}}{f_{yd}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 23,29}{27,5}} = 2,25 cm \rightarrow e = 3 mm$$

Cálculo del espesor de las cartelas.



El ángulo idóneo es $\alpha = 60^\circ$

$$L_c = 9,5\text{cm}$$

$$\text{Si } \alpha = 60^\circ \rightarrow y = 16,45\text{cm}$$

$$L_c \geq \sigma_b \cdot L_c / \sigma \cdot \sin^2 60 = 0,8 \text{ cm} \rightarrow 1 \text{ cm (es lo mínimo exigido)}$$

9.3. PLACA DE ANCLAJE PARA PILARES DE LOS ENTRAMADOS FRONTAL Y POSTERIOR. HEB 140

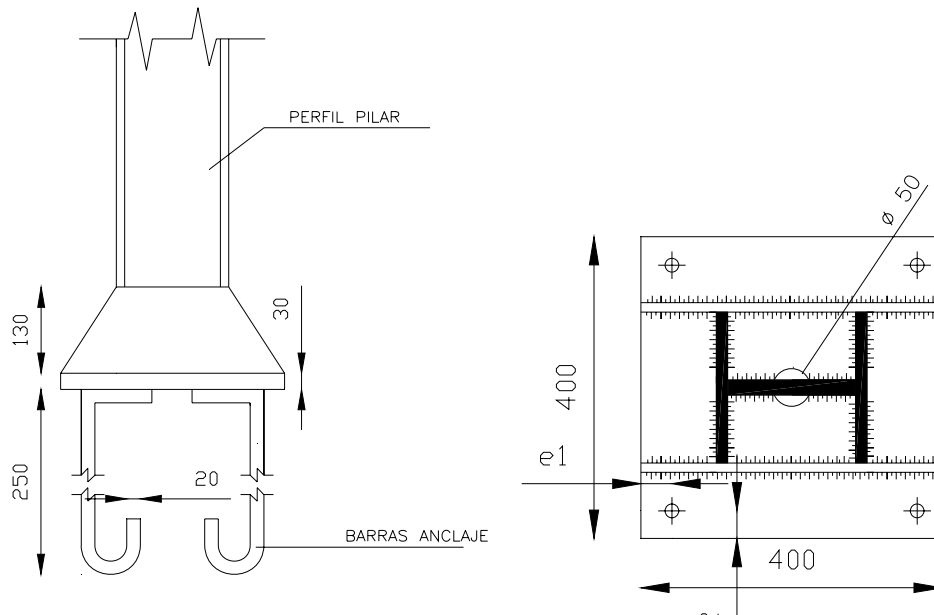
La placa de anclaje estaría diseñada para los pilares de los entramados. Para el cálculo de las placas de anclaje, las acciones deben estar sin ponderar, debido a ello, se tomarán las acciones que se consideraron para el dimensionamiento de los elementos del pórtico pero sin multiplicar por los correspondientes coeficientes que nos incluían tanto los ELU como los ELS. Hemos cogido las acciones sobre el pilar más desfavorable que es el central del pórtico frontal para calcular la placa de anclaje, con el objeto de unificar la estructura y no calcular una placa de anclaje diferente para cada pilar.

Las acciones características que actúan sobre la placa son:

Acciones características a las que está sometido el pilar:

- $N = 4,588 \text{ kN}$
- $M = 28,80 \text{ kN m}$

Dimensiones de la placa



Distancias mínimas:

- En la dirección de la fuerza que se transmite;

$$e_1 \geq 1,2 d_0 = 1,2 \text{ cm}$$
- En la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite;

$$e_2 \geq 1,5 d_0 = 1,5 \text{ cm}$$

Teniendo en cuenta las distancias mínimas se opta por $\left\{ \begin{matrix} e_1 = 5 \text{ cm} \\ e_2 = 5 \text{ cm} \end{matrix} \right\}$

Comprobación de la compresión en el hormigón

$$\sigma_b = \frac{4 \left[M(kNcm) + N(kN) \cdot \left(\frac{a(cm)}{2} - g(cm) \right) \right]}{a(cm) \cdot b(cm) \cdot (0.875 \cdot a(cm) - g(cm))} \leq 1,50 \frac{KN}{cm^2}$$

$$\sigma_b = \frac{4 \left[28,80 \cdot 10^2 + 4,588 \cdot \left(\frac{40}{2} - 5 \right) \right]}{40 \cdot 40 \cdot (0.875 \cdot 40 - 5)} = 0,25 kN / cm^2 \leq 1,50 \frac{KN}{cm^2}$$

Cálculo del esfuerzo a tracción de los anclajes “Z”

$$Z = -N(kN) + \frac{M(kNcm) + N(kN) \cdot \left(\frac{a(cm)}{2} - g(cm) \right)}{0.875 \cdot a(cm) - g(cm)}$$

$$Z = -4,588 + \frac{28,80 + 4,588 \cdot \left(\frac{0,4}{2} - 0,05 \right)}{0.875 \cdot 0,4 - 0,05} = 93,71 kN = 93.706 N$$

Cálculo de la sección de los anclajes.

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 27,5 \frac{KN}{cm^2} \cdot A_s}{1,25} \cdot 4 = 93,71 kN$$

$$A_{total} = \frac{93,71 \cdot 1,25}{0,9 \cdot 27,5 \cdot 4} = 1,18 cm^2$$

$$A_{tornillo} = \frac{1,18 cm^2}{2} = 0,59 cm^2 \rightarrow 0,59 cm^2 = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \rightarrow \phi = 1,2 cm \rightarrow \phi \approx 2 cm$$

Cálculo de la longitud de los anclajes

$$Z(N) \leq 2n\pi \cdot r(mm) \cdot L(m) \cdot \tau_a(N/mm^2) \rightarrow L = \frac{Z}{2n\pi \cdot r \cdot \tau_a}$$

$$L = \frac{93,71}{2\pi \cdot 1 \cdot 1,27} = 23,48cm \approx 25cm$$

Cálculo del Espesor de la Placa “e”

$$M_{Voladizo} = \frac{(b(cm) - d(cm))^2}{8} \cdot \sigma_b(KN/cm^2)$$

$$M_{Vano} = \frac{b(cm)(2d(cm) - b(cm))}{8} \sigma_b(KN/cm^2)$$

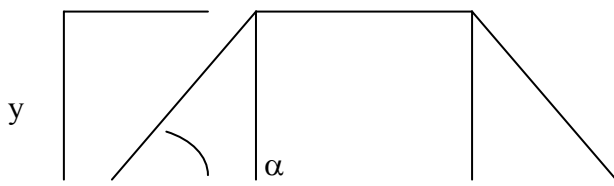
$$M_{Voladizo} = \frac{(40 - 12,8)^2}{8} \cdot 0,25 = 23,12KN$$

$$M_{Vano} = \frac{40(2 \cdot 12,8 - 40)}{8} \cdot 0,25 = -18KN$$

$$e = \sqrt{\frac{6M_{max}}{f_{yd}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 23,12}{27,5}} = 2,25cm \rightarrow e = 30mm$$

Cálculo de las Cartelas

Cálculo del espesor de las cartelas.



$$L_c = 7 \text{ cm}$$

El ángulo idóneo es $\alpha = 60^\circ$

$$L_c = 7 \text{ cm}$$

$$\text{Si } \alpha = 60^\circ \rightarrow y = 12,12 \text{ cm}$$

$$L_c \geq \sigma_b \cdot L_c / \sigma \cdot \sin^2 60 = 0,8 \text{ cm} \rightarrow 1 \text{ cm (es lo mínimo exigido)}$$

Formas de colocar una placa de anclaje.

1) La placa de anclaje se monta en el taller como en la figura anterior, una vez montada se sueldan unas pletinas alrededor de los pernos de manera que una vez quitada la base de la placa los pernos se queden formando una sola pieza gracias a las pletinas soldadas.

Seguidamente los pernos soldados a las pletinas es lo que se lleva a la obra, una vez allí lo ponemos en la zapata enganchando los pernos en la ferralla de la zapata de manera que quede sujeto y se le vierte el hormigón.

Una vez seca la zapata se trae el pilar con la placa soldada en el pie del mismo con el fin de soldarlo a los pernos con las pletinas que sobresalen de la zapata.

2) Otra manera de colocar la placa de anclaje que es más usual pero menos fiable es la siguiente. Se coloca la placa de anclaje toda entera, es decir, la base y los pernos todos junto, como en la figura, y se coloca en la zapata y con un nivel con mucho cuidado se pone recta la placa.

Una vez seco todo el hormigón se suelda el pilar a la zapata directamente.



MEMORIA DE CÁLCULO



10. CALCULO DE CIMENTACION.

10.1. CIMENTACIÓN.

La cimentación escogida para nuestra estructura será mediante zapatas que van arriostradas entre sí por zunchos, que a su vez sirven de soporte de los cerramientos. Las zapatas serán de medianería en los laterales con el fin de aprovechar la máxima superficie; y zapatas centradas para los pórticos frontales y posterior.

Para cada situación de dimensionado y estudio de Estado Límite se definirá un modelo geotécnico del terreno que incorpore junto con los distintos tipos de materiales y sus superficies de contacto los niveles piezométricos pertinentes.



MEMORIA DE CÁLCULO



Para el cálculo de las zapatas es supuesto que la carga que le transmite el pilar está centrada para pilares de los entramados frontal y posterior; y el esfuerzo cortante es insignificante.

Las acciones que actúa sobre la zapata son las solicitaciones que le transmite el pilar que se encuentra sobre la misma, y el peso del cerramiento de la nave sobre los zunchos.

Las tensiones se valoran con los datos característicos de las solicitaciones. El estudio geotécnico de la zona, que se ha dispuesto que admite cimentación por zapatas aisladas y zunchadas; tiene una capacidad portante de:

$$\sigma_{\text{adm}} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

El material usado será un hormigón HM-20 de limpieza, un hormigón HA-25, y un acero B-400S para las armaduras.

Se calcularán dos tipos de zapatas: para los pilares del entramado frontal (centradas), para los del entramado posterior (centradas).

Por otro lado, las zapas de esquina que pegan a las laterales se asimilaran a las del lateral en el que se encuentran, ya que aunque los esfuerzos en estas sea diferente a las calculadas, tenemos la certeza de que serán válidas, pues a pesar de que los pilares de los pórticos de cabeza y cola se asimilaron a los centrales, estos transmitirán, aproximadamente, la mitad de carga a la cimentación; además, estas zapatas se encuentran arriostradas en las dos direcciones por los zunchos, que les ayudarán a absorber los esfuerzos que se les solicita y evitarán el vuelco y el deslizamiento.

10.2. MÉTODO DE CÁLCULO.

Según el artículo 59 de la EHE, se clasifican las zapatas en rígidas y flexibles según sea el vuelo “V” menor o mayor de “2 · h”. Según esta clasificación, como posteriormente se demuestra, toda nuestra cimentación sería del tipo de zapatas rígidas.

Al ser pues, todas las zapatas que componen nuestra la cimentación proyectada son rígidas, siguiendo la EHE, comprobaremos en el cálculo: la resistencia del terreno y la estabilidad de la zapata frente al vuelco y deslizamiento (despreciable); y efectuaremos el cálculo estructura basándonos en el método de la bielas y tirantes.

10.3. COEFICIENTES DE SEGURIDAD.

De la tabla 12.1.b. de la EHE, obtenemos los siguientes coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos

TIPO DE ACCIÓN	NIVEL DE CONTROL DE EJECUCIÓN		
	<i>Intenso</i>	<i>Normal</i>	<i>Reducido</i>
<i>Permanente</i>	$Y_G = 1.35$	$Y_G = 1.50$	$Y_G = 1.60$
<i>Pretensado</i>	$Y_P = 1.00$	$Y_P = 1.00$	-----
<i>Permanente de valor no constante</i>	$Y_G = 1.50$	$Y_G = 1.60$	$Y_G = 1.80$
<i>Variable</i>	$Y_Q = 1.50$	$Y_Q = 1.60$	$Y_Q = 1.80$

De la tabla 15.3 de la EHE, obtenemos los siguientes coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límites Últimos.

Situación del Proyecto	Hormigón: Y_c	Acero Pasivo y Activo: Y_s
Persistente o transitoria	1.5	1.15
Accidental	1.3	1.0

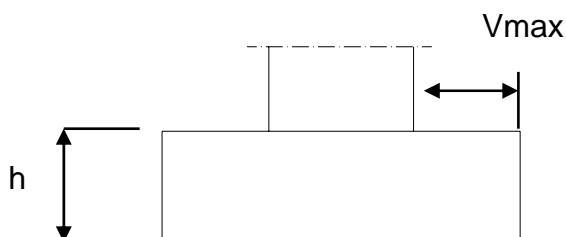
10.4. ZAPATA CENTRADA EN LOS LATERALES DE LA NAVE.

- Dimensiones de la zapata.

Predimensionamos la zapata:
$$\begin{cases} a = 2,00m. \\ b = 2,00m. \\ h = 1,00m. \end{cases}$$

- Comprobamos el tipo de zapata:

Según EHE, en su artículo 59.2, las zapatas rígidas son aquellas en las cuales el vuelo “V” en la dirección principal de mayor vuelo es menor de 2h.



$$V_{max} = 200/2 \text{ cm} - 20/2 \text{ cm} = 80 \text{ cm}$$

$$2h = 200 \text{ cm.}$$

$$80 \text{ cm} < 200 \text{ cm}$$

Con esta comprobación determinamos que **la zapata es rígida**.

Datos para el cálculo de la zapata:

Las solicitaciones que transmite el pilar se tomarán con sus valores característicos. No se ha tenido en cuenta el peso del cerramiento, ni el peso del zuncho, ya que el zuncho descansa directamente sobre el suelo, y por tanto no transmite su peso a las zapatas.

Características a las que esta sometido el pilar:

$N = 86,76 \text{ kN}$. Axil del pilar más cargado sin coeficientes.

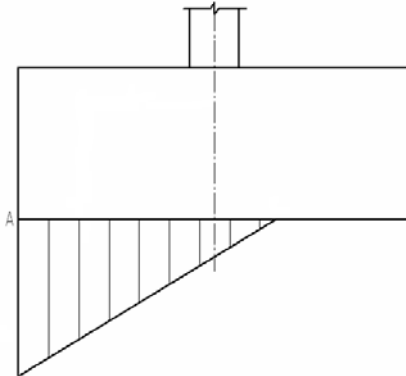
$M = 65,60$. Momento máximo en la base del empotramiento sin coeficientes.

- Coeficiente de minoración del hormigón: $\gamma_c = 1.50$.
- Resistencia característica del hormigón: $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$.
- Resistencia de cálculo del hormigón: $f_{cd} = 25/1.5 = 16.67 \text{ N/mm}^2$.
- Resistencia característica del acero B400S: $f_{yk} = 410 \text{ N/mm}^2$.
- Resistencia de cálculo del acero B400S: $f_{yd} = 410/1.15 = 3565 \text{ kg/cm}^2$.
- Tensión admisible del terreno: $\sigma_t = 0,25 \text{ N/mm}^2$.

Para determinar el peso de la zapata, hemos tenido en cuenta las dimensiones y la densidad del hormigón armado de 2500 Kg/m^3 .

- Cálculo geométrico

$$P = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2,0 \text{ m} \cdot 2,0 \text{ m} \cdot 1,00 \text{ m} = 10.000 \text{ kg} = 100 \text{ kN}.$$

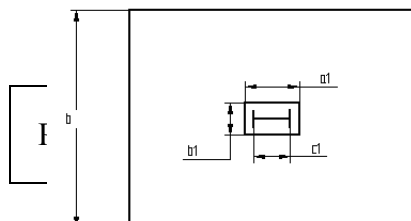
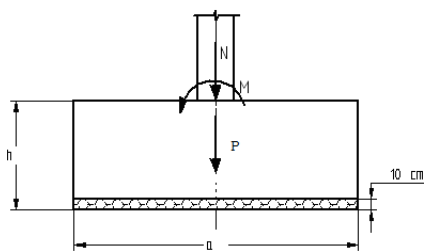


$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{100 + 65,60}{2,25} \pm \frac{86,76}{I/y}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{100 + 65,60}{4,00} \pm \frac{86,76}{b^3/6} = \begin{cases} 106,47 \text{ kN/m}^2 \\ -23,67 \text{ kN/m}^2 \end{cases}$$

$$\sigma_{\max} = 0,106 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{adm} \Rightarrow \text{cumple}$$

→ Comprobación al vuelco



$$C_{sv} = \frac{M_{est}}{M_{desest}} = \frac{(N + P)b/s}{65,60}$$

$$C_{sv} = \frac{(86,76 + 100)2/2}{65,6} = 2,85$$

$$C_{sv} \geq 1,5 \Rightarrow \text{cumple}$$

→ Comprobación a deslizamiento

Puesto que no consideramos relevante la acción del cortante en el dimensionamiento al ser despreciable la acción que este ejercerá sobre todo el terreno que rodea la zapata, no será necesario comprobar a deslizamiento.

- Cálculo estructural

Como se comprobó anteriormente la zapata es rígida, por lo que utilizaremos, siguiendo la EHE el método de las bielas y tirantes.

Para el cálculo de la estructura en este método no se considera el peso propio y se mayoran las cargas.

$$\text{Cargas mayoradas} \begin{cases} N = 112,79kN \\ M = 98,4kNm \end{cases}$$

1.- Cálculo de η .

$$\eta = \frac{M_d}{N_d \cdot a} = \frac{98,40}{112,79 \cdot 2,00} = 0,436$$

2.- Cálculo de R_d .

$$R_{1d} = \frac{N_d}{2} \cdot (1 + 3\eta) = \frac{112,79}{2} \cdot (1 + 3 \cdot 0,436) = 130,16kN$$

3.- Cálculo de x_1 .

$$x_1 = a \cdot \frac{1+4\eta}{4+12\eta} = 2,00 \cdot \frac{1+4 \cdot 0,436}{4+12 \cdot 0,436} = 0,594m$$

4.- Cálculo de T_d

$$T_d = \frac{R_{ld}}{0.85 \cdot h} \cdot (x_1 - 0.25a_0) = \frac{130,16}{0.85 \cdot 1} \cdot (0,594 - 0.25 \cdot 0,45) = 73,73kN$$

La armadura necesaria sería:

$$A_{s1} = \frac{T_d}{f_{yd}} = \frac{7.373kg}{3565kg / cm^2} = 2,068cm^2$$

→ Comprobación de cuantía mínima:

$$\rho_{B-400S} = 0.002 \rightarrow A_S = \rho_{B-400S} \cdot A_C = \rho_{B-400S} \cdot (b \cdot h) = 0.002 \cdot (200 \cdot 100) = 40 \text{ cm}^2$$

Finalmente la armadura la dimensionamos por cuantía mínima por ser la más desfavorable:

$$A_S = 40 \text{ cm}^2 \rightarrow 13\phi 20$$

Con lo cual dispondremos una armadura de 13 Φ 20 en las dos direcciones de la zapata.

- Disposición de la armadura

Con un recubrimiento de 7 cm con los laterales de la zapata especificado por la EHE para zapatas hormigonadas lateralmente contra el terreno, la separación entre ejes de las barras queda ($n = n^\circ$ de barras):

$$S = \frac{b - (2 \cdot \text{recub.}) - \phi}{n - 1} = 14,89 \text{ cm}$$

Según la EHE $10 \text{ cm} < S < 30 \text{ cm}$, por lo que la separación es correcta y el número y diámetro de las barras también.

- Anclaje de la barras

$$l_b = m \cdot \phi^2 \leq \frac{f_{yk}}{20} \cdot \phi \quad (m = 12 \text{ tabla 66.5.2.a})$$

$$l_b = 12 \cdot 2^2 = 48 > \frac{400}{20} 2 = 40$$

$$l_b = 48 \text{ cm}$$

- Cálculo a cortante y punzonamiento

Según la EHE no hay que realizar ninguna comprobación para este tipo de zapatas en cuanto al cortante y punzonamiento.

10.5. ZAPATA PARA LOS PILARES DEL ENTRAMADO FRONTAL.

- Dimensiones de la zapata.

$$\text{Predimensionamos la zapata: } \begin{cases} a = 1,50 \text{ m.} \\ b = 1,50 \text{ m.} \\ h = 1,00 \text{ m.} \end{cases}$$

- Comprobamos el tipo de zapata:

Según EHE, en su artículo 59.2, las zapatas rígidas son aquellas en las cuales el vuelo "V" en la dirección principal de mayor vuelo es menor de $2h$.



$$V_{\max} = 150/2 \text{ cm} - 20/2 \text{ cm} = 65 \text{ cm}$$

$$2h = 200 \text{ cm.}$$

$$65 \text{ cm} < 200 \text{ cm}$$

Con esta comprobación determinamos que **la zapata es rígida**.

- **Datos para el cálculo de la zapata:**

Las solicitaciones que transmite el pilar se tomarán con sus valores característicos. No se ha tenido en cuenta el peso del cerramiento, ni el peso del zuncho, ya que el zuncho descansa directamente sobre el suelo, y por tanto no transmite su peso a las zapatas.

Características a las que está sometido el pilar:

$N = 4,588 \text{ kN}$. Axil del pilar más cargado sin coeficientes.

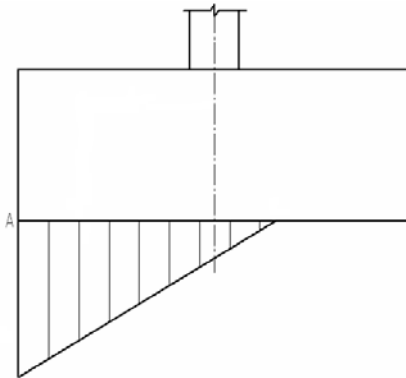
$M = 28,80$. Momento máximo en la base del empotramiento sin coeficientes.

- Coeficiente de minoración del hormigón: $\gamma_c = 1.50$.
- Resistencia característica del hormigón: $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$.
- Resistencia de cálculo del hormigón: $f_{cd} = 25/1.5 = 16.67 \text{ N/mm}^2$.
- Resistencia característica del acero B400S: $f_{yk} = 410 \text{ N/mm}^2$.
- Resistencia de cálculo del acero B400S: $f_{yd} = 410/1.15 = 356.5 \text{ kg/cm}^2$.
- Tensión admisible del terreno: $\sigma_t = 0,25 \text{ N/mm}^2$.

Para determinar el peso de la zapata, hemos tenido en cuenta las dimensiones y la densidad del hormigón armado de 2500 Kg/m^3 .

- **Cálculo geométrico**

$$P = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 5.625 \text{ kg} = 56,25 \text{ kN.}$$



σ_{\max}

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{56,25 + 28,80}{2,25} \pm \frac{4,588}{I/y}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{56,25 + 28,80}{2,25} \pm \frac{4,588}{b^3/6} = \begin{cases} 50,03 \text{ kN/m}^2 \\ 25,577 \text{ kN/m}^2 \end{cases}$$

$$\sigma_{\max} = 0,050 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{adm} \Rightarrow \text{cumple}$$

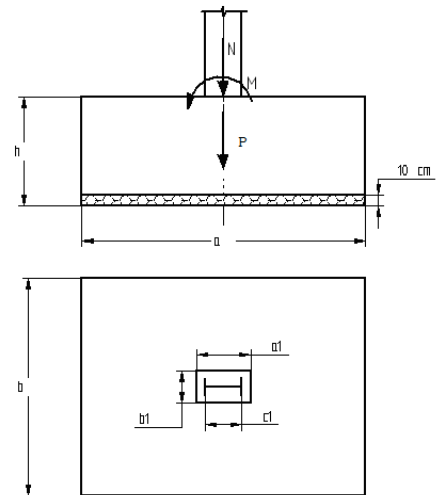
→ Comprobación al vuelco

$$C_{sv} = \frac{M_{est}}{M_{desest}} = \frac{(N + P)b/s}{28,80}$$

$$C_{sv} = \frac{(4,588 + 56,25)1,5/2}{28,8} = 1,58$$

$$C_{sv} \geq 1,5 \Rightarrow \text{cumple}$$

→ Comprobación a deslizamiento



Puesto que no consideramos relevante la acción del cortante en el dimensionamiento al ser despreciable la acción que este ejercerá sobre todo el terreno que rodea la zapata, no será necesario comprobar a deslizamiento.

- Cálculo estructural

Como se comprobó anteriormente la zapata es rígida, por lo que utilizaremos, siguiendo la EHE el método de las bielas y tirantas.

Para el cálculo de la estructura en el este método no se considera el peso propio y se mayoran las cargas.

$$\text{Cargas mayoradas} \begin{cases} N = 6,882kN \\ M = 43,20kNm \end{cases}$$

1.- Cálculo de η .

$$\eta = \frac{M_d}{N_d \cdot a} = \frac{43,20}{6,882 \cdot 1,5} = 4,18$$

2.- Cálculo de R_d .

$$R_{ld} = \frac{N_d}{2} \cdot (1 + 3\eta) = \frac{6,882}{2} \cdot (1 + 3 \cdot 4,18) = 46,59kN$$

3.- Cálculo de x_1 .

$$x_1 = a \cdot \frac{1 + 4\eta}{4 + 12\eta} = 1,5 \cdot \frac{1 + 4 \cdot 4,18}{4 + 12 \cdot 4,18} = 0,491m$$

4.- Cálculo de T_d

$$T_d = \frac{R_{ld}}{0,85 \cdot h} \cdot (x_1 - 0,25a_0) = \frac{46,59}{0,85 \cdot 1} \cdot (0,491 - 0,25 \cdot 0,4) = 21,43kN$$

La armadura necesaria sería:

$$A_{s1} = \frac{T_d}{f_{yd}} = \frac{21,43kg}{3565kg/cm^2} = 0,60cm^2$$

→ Comprobación de cuantía mínima:

$$\rho_{B-400S} = 0,002 \rightarrow A_s = \rho_{B-400S} \cdot A_c = \rho_{B-400S} \cdot (b \cdot h) = 0,002 \cdot (150 \cdot 100) = 30 cm^2$$

Finalmente la armadura la dimensionamos por cuantía mínima por ser la más desfavorable:

$$A_s = 30 cm^2 \rightarrow 13\phi 20$$

Con lo cual dispondremos una armadura de 13 ϕ 20 en las dos direcciones de la zapata.

- Disposición de la armadura

Con un recubrimiento de 7 cm con los laterales de la zapata especificado por la EHE para zapatas hormigonadas lateralmente contra el terreno, la separación entre ejes de las barras queda ($n = n^\circ$ de barras):

$$S = \frac{b - (2 \cdot \text{recub.}) - \phi}{n - 1} = 14,89 \text{ cm}$$

Según la EHE $10 \text{ cm} < S < 30 \text{ cm}$, por lo que la separación es correcta y el número y diámetro de las barras también.

- Anclaje de la barras

$$l_b = m \cdot \phi^2 \leq \frac{f_{yk}}{20} \cdot \phi \quad (m = 12 \text{ tabla 66.5.2.a})$$

$$l_b = 12 \cdot 2^2 = 48 > \frac{400}{20} 2 = 40$$

$$l_b = 48 \text{ cm}$$

- Cálculo a cortante y punzonamiento

Según la EHE no hay que realizar ninguna comprobación para este tipo de zapatas en cuanto al cortante y punzonamiento.

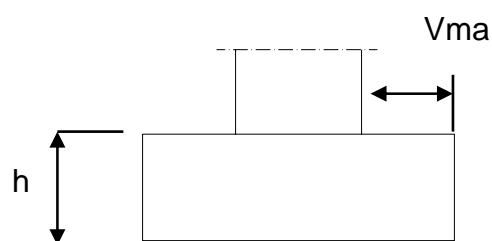
10.6. ZAPATA PARA LOS PILARES DEL ENTRAMADO POSTERIOR.

- Dimensiones de la zapata.

Predimensionamos la zapata: $\begin{cases} a = 1,50m. \\ b = 1,50m. \\ h = 1,00m. \end{cases}$

- Comprobamos el tipo de zapata:

Según EHE, en su artículo 59.2, las zapatas rígidas son aquellas en las cuales el vuelo “V” en la dirección principal de mayor vuelo es menor de 2h.



$$V_{\max} = 150/2 \text{ cm} - 40/2 \text{ cm} = 55 \text{ cm}$$

$$2h = 200 \text{ cm.}$$

$$55 \text{ cm} < 200 \text{ cm}$$

Con esta comprobación determinamos que **la zapata es rígida**.

- Datos para el cálculo de la zapata:

Las solicitaciones que transmite el pilar se tomarán con sus valores característicos. No se ha tenido en cuenta el peso del cerramiento, ni el peso del zuncho, ya que el zuncho descansa directamente sobre el suelo, y por tanto no transmite su peso a las zapatas.

Características a las que esta sometido el pilar:

$N = 3,44 \text{ kN}$. Axil del pilar más cargado sin coeficientes.

$M = 24,44 \text{ kN m}$. Momento máximo en la base del empotramiento sin coeficientes.

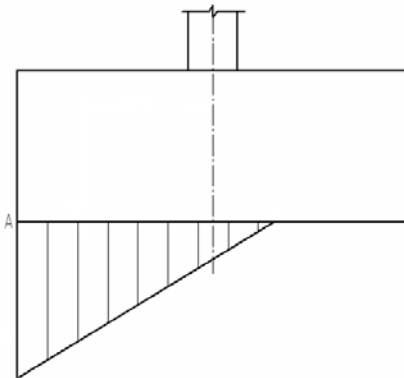
- Coeficiente de minoración del hormigón: $\gamma_c = 1.50$.

- Resistencia característica del hormigón: $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$.
- Resistencia de cálculo del hormigón: $f_{cd} = 25/1.5 = 16.67 \text{ N/mm}^2$.
- Resistencia característica del acero B400S: $f_{yk} = 410 \text{ N/mm}^2$.
- Resistencia de cálculo del acero B400S: $f_{yd} = 410/1.15 = 3565 \text{ kg/cm}^2$.
- Tensión admisible del terreno: $\sigma_t = 0,25 \text{ N/mm}^2$.

Para determinar el peso de la zapata, hemos tenido en cuenta las dimensiones y la densidad del hormigón armado de 2500 Kg/m^3 .

- Cálculo geométrico

$$P = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,50 \text{ m} \cdot 1,50 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 5.625 \text{ kg} = 56,25 \text{ kN}.$$



$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{56,25 + 3,44}{1,5 \cdot 1,5} \pm \frac{24,44}{I/y}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{56,25 + 3,44}{2,25} \pm \frac{24,44}{ba^2/6} = \begin{cases} 91,70 \text{ kN/m}^2 \\ -38,64 \text{ kN/m}^2 \end{cases}$$

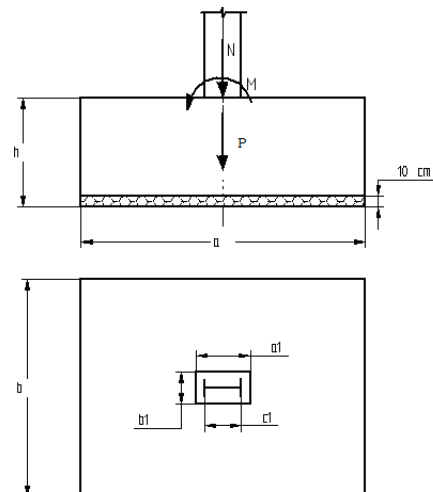
$$\sigma_{\max} = 0,0917 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{adm} \Rightarrow \text{cumple}$$

→ Comprobación al vuelco

$$C_{sv} = \frac{M_{est}}{M_{desest}} = \frac{(N + P)b/s}{24,44}$$

$$C_{sv} = \frac{(56,25 + 3,44)1,5/2}{24,44} = 1,83$$

$$C_{sv} \geq 1,5 \Rightarrow \text{cumple}$$



→ Comprobación a deslizamiento

Puesto que no consideramos relevante la acción del cortante en el dimensionamiento al ser despreciable la acción que este ejercerá sobre todo el terreno que rodea la zapata, no será necesario comprobar a deslizamiento.

- Cálculo estructural

Como se comprobó anteriormente la zapata es rígida, por lo que utilizaremos, siguiendo la EHE el método de las bielas y tirantas.

Para el cálculo de la estructura en el este método no se considera el peso propio y se mayoran las cargas.

$$\text{Cargas mayoradas} \begin{cases} N = 5,16kN \\ M = 36,6kNm \end{cases}$$

1.- Cálculo de η .

$$\eta = \frac{M_d}{N_d \cdot a} = \frac{36,6}{5,16 \cdot 1,5} = 4,73$$

2.- Cálculo de R_d .

$$R_{ld} = \frac{N_d}{2} \cdot (1 + 3\eta) = \frac{5,16}{2} \cdot (1 + 3 \cdot 4,73) = 39,19kN$$

3.- Cálculo de x_1 .

$$x_1 = a \cdot \frac{1 + 4\eta}{4 + 12\eta} = 2 \cdot \frac{1 + 4 \cdot 4,73}{4 + 12 \cdot 4,73} = 0,65m$$

4.- Cálculo de T_d

$$T_d = \frac{R_{ld}}{0,85 \cdot h} \cdot (x_1 - 0,25a_0) = \frac{39,19}{0,85 \cdot 1} \cdot (0,65 - 0,25 \cdot 0,4) = 25,36kN$$

La armadura necesaria sería:

$$A_{s1} = \frac{T_d}{f_{yd}} = \frac{2536kg}{3565kg/cm^2} = 0,71cm^2$$

→ Comprobación de cuantía mínima:

$$\rho_{B-400S} = 0.002 \rightarrow A_S = \rho_{B-400S} \cdot A_C = \rho_{B-400S} \cdot (a \cdot h) = 0.002 \cdot (150 \cdot 100) = 30 \text{ cm}^2$$

$$A_S = 30 \text{ cm}^2 \rightarrow 10\phi 20$$

- Disposición de la armadura

Con un recubrimiento de 7 cm con los laterales de la zapata especificado por la EHE para zapatas hormigonadas lateralmente contra el terreno, la separación entre ejes de las barras queda ($n = n^\circ$ de barras):

$$S = \frac{b - (2 \cdot \text{recub.}) - \phi}{n - 1} = 14,89 \text{ cm}$$

Según la EHE $10 \text{ cm} < S < 30 \text{ cm}$, por lo que la separación es correcta y el número y diámetro de las barras también.

- Anclaje de la barras

$$l_b = m \cdot \phi^2 \leq \frac{f_{yk}}{20} \cdot \phi \quad (m = 12 \text{ tabla 66.5.2.a})$$

$$l_b = 12 \cdot 2^2 = 48 > \frac{400}{20} 2 = 40$$

$$l_b = 48 \text{ cm}$$

- Cálculo a cortante y punzonamiento

Según la EHE no hay que realizar ninguna comprobación para este tipo de zapatas en cuanto al cortante y punzonamiento.

10.7. ZUNCHOS.

Método de cálculo.

El cálculo de las piezas de atado o zunchos se ha realizado siguiendo las especificaciones descritas por la Norma EHE y el desarrollo de J. Calavera en su obra “Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón Armado”.

Se considera una viga cargada con el 10% del mayor axil que transmiten los pilares al suelo. También se comprobará la flexión producida por el peso del cerramiento sobre el zuncho.

Simplificación de la estructura.

El zuncho se considerará como una viga continua y empotrada en sus extremos. En nuestro caso calcularemos el zuncho que une las zapatas laterales de los pórticos centrales, ya que este es el caso más desfavorable, y se generalizará para los zunchos que unen las zapatas de los pórticos de cabeza y cola.

Coefficientes de seguridad.

De la tabla 12.1.b. de la EHE, obtenemos los siguientes coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos.

TIPO ACCIÓN	DE	NIVEL DE CONTROL DE EJECUCIÓN		
		<i>Intenso</i>	<i>Normal</i>	<i>Reducido</i>
<i>Permanente</i>		$Y_G = 1.35$	$Y_G = 1.50$	$Y_G = 1.60$

<i>Pretensado</i>	$Y_P = 1.00$	$Y_P = 1.00$	-----
<i>Permanente de valor no constante</i>	$Y_G = 1.50$	$Y_G = 1.60$	$Y_G = 1.80$
<i>Variable</i>	$Y_Q = 1.50$	$Y_Q = 1.60$	$Y_Q = 1.80$

De la tabla 15.3 de la EHE, obtenemos los siguientes coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límites Últimos.

Situación del Proyecto	Hormigón: Y_c	Acero Pasivo y Activo: Y_s
Persistente o transitoria	1.5	1.15
Accidental	1.3	1.0

Predimensionado del zuncho

Inicialmente proyectaremos el zuncho con unas medidas de 40x40cm, en posteriores cálculos se comprobará si son suficientes. Igualmente, la armadura de los zunchos estará compuesta por 4Φ20 dispuestos como se puede observar en el correspondiente plano de cimentación, dicha armadura se calculará y se comprobará.

Por otro lado, con estas dimensiones también cumplimos con la dimensión mínima que se estable para el zuncho de: $\text{lado}_{\min} \geq \frac{\text{luz}}{20}$; $\text{lado}_{\min} \geq \frac{500}{20} \geq 25\text{cm}$

Acciones

Como hemos indicado anteriormente, sobre el zuncho actúa un axil igual a la 1/10 de la carga que se transmite a la zapata.

$$N_d = \frac{112,79\text{kN}}{10} = 11,28\text{kN}$$



MEMORIA DE CÁLCULO



Además sobre el zuncho descansan las placas de hormigón prefabricado que constituyen el cerramiento de la nave, por lo tanto, actúa una carga continua:

$$Q = 25 \text{ kN} / \text{m}^3 \cdot 0,12 \text{ m} \cdot 7 \text{ m} = 21 \text{ kN} / \text{m}$$
$$M = \frac{Ql^2}{12} = 10,94 \text{ kNm} \rightarrow M_d = 1,5M = 16,41 \text{ kNm}$$

Armadura longitudinal del zuncho.

Las acciones que consideramos, como se indicó anteriormente son: un axil centrado de 11,28 kN y un momento de 16,41 kNm.

Podemos reducir estas dos acciones con las que tendremos que dimensionar el zuncho flexo-compresión un dimensionamiento a flexión simple, actuando un momento igual a $N_d e$.

Para ello:

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d} = 1,45 \text{ m}$$

Si queremos considerar la excentricidad respecto a la armadura de tracción, y teniendo esta un recubrimiento $d' = 7 \text{ cm}$.

$$e = e_0 + \frac{d - d'}{2} = 1,45 + \frac{0,4 - 0,07}{2} = 1,615$$

De forma que el momento resultante sería:

$$M_d = N_d \cdot e = 11,28 \cdot 1,615 = 18,22 \text{ kNm}$$

$$\mu_d = \frac{M_d}{U_c \cdot h} = \frac{18,22}{2200 \cdot 0,4} = 0,0207.$$
$$U_c = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} b d = \frac{25}{1,5} 400 \cdot 330 = 2200000 \text{ N} = 2200 \text{ kN}$$

Puesto que $\mu_d < \mu_{lim} = 0,252$ no hará falta armadura de compresión, el hormigón por si solo es capaz de resistir la sollicitación a compresión que tiene.

Para el calculo de armadura procederemos entonces a calcular los adimensionales de momento y axil y a introducirlos en unos diagramas de interacción adimensional.

$$\mu_d = \frac{M_d}{U_c \cdot d} = \frac{18,22}{2200 \cdot 0,4} = 0,0207 \quad \rightarrow \omega = 0.1 \text{ armadura simétrica de 8 redondos}$$

$$\nu_d = \frac{N_d}{U_c} = \frac{11,28}{2200} = 0,0051$$

$$U_s = \omega U_c = 0,1 \cdot 2200 = 220kN \Rightarrow 4\phi 20$$

- Armadura mínima

La cuantía mínima para vigas con un acero B400S es:

$$A_s = 3,3 \frac{o}{oo} (b \cdot a) = 0,0033 \cdot 40 \cdot 40 = 5,8cm^2 \Rightarrow 8\phi 10 (6,20cm^2)$$

Por tanto en este caso la armadura mínima es menos restrictiva que la calculada anteriormente a través de los dimensionales.

- Disposición de la armadura longitudinal

Con un recubrimiento de 4 cm con los laterales del zuncho, la separación entre ejes de las barras queda ($n = n^\circ$ de barras):

$$S_{dirección pórtico} = \frac{b - (2 \cdot recub.) - \phi}{n - 1} = 13,9 \text{ cm}$$

Según la EHE $10 \text{ cm} < S < 30 \text{ cm}$, por lo que la separación es correcta y el número y diámetro de las barras también.

Armadura a cortante del zuncho

El valor a cortante a considerar en el zuncho es:

$$V = \frac{Pl}{2} = \frac{21 \cdot 3,5}{2} = 36,75kN \rightarrow V_d = 1,5V = 55,13kN$$

Comprobación de rotura del alma a compresión oblicua.

$$V_{u1} = 0,3 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,3 \cdot \frac{25000kN/m^2}{1,5} \cdot 0,4m \cdot 0,4m = 800kN$$

$$V_{u1} > V_d$$

Comprobación de rotura al alma por tracción.

$$V_d \leq V_{u2} \Rightarrow V_{u2} = V_{su} + V_{cu}$$

$$V_{cu} = f_{cv} b d = 0,68 \cdot 400 \cdot 360 = 97.920N = 97,92kN$$

$$f_{cv} = 0,12 \xi (100 e_1 \cdot f_{ck})^{1/3} = 0,12 \cdot 1,78 (100 \cdot 0,013 \cdot 25)^{1/3} = 0,68N/mm^2$$

$$\xi = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/360} = 1,745$$

$$e_1 = \frac{A_s}{b_0 d} = \frac{17,09}{40 \cdot 36} = 0,012$$

El hormigón por si sólo resistiría todo el cortante ya que $V_{cu} > V_d$ por tanto bastará con usar la cuantía mínima de armadura de cortante.

$$A_\alpha \cdot f_{yd} \geq 0,02 f_{cd} b_0 \rightarrow A_\alpha = \frac{0,02 \cdot \frac{25}{1,5} 400}{400/1,15} = 0,39mm^2/mm$$

$$S_t \cdot A_\alpha = n_{ramas} \cdot \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} \rightarrow S_t = \frac{2\pi 8^2}{4 \cdot 0,39} = 257,8mm$$

La armadura a cortante estará compuesta por estribos $\Phi 8$ cada 25 cm.

DOBLADO DE LAS BARRAS



MEMORIA DE CÁLCULO



Según el artículo 66 de la EHE en la tabla 66.3 el diámetro mínimo de los mandriles al doblar las armaduras de las zapatas será, ya que el armado que es de $\phi = 20$, de 7ϕ .

Según el artículo 66 de la EHE los estribos de diámetro inferior a 12 mm podrán doblarse siempre que no se origine en dichos elementos un principio de figuración, para lo cual el diámetro empleado no deberá ser inferior a 3 veces el diámetro de la barra ni a 3 cm. Con lo cual el diámetro de doblado será de 3,6 cm como mínimo.



MEMORIA DE CÁLCULO



ANEXO I: AHORRO ENERGÉTICO



MEMORIA DE CÁLCULO



1. SECCION HE 1

1.1. LIMITACION DE DEMANDA ENERGETICA

- **Ámbito de aplicación:**

Se excluyen del campo de aplicación: “Las instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales”, este es el apartado donde se incluyen el presente proyecto de estudio por lo que no procede tal aplicación.

2. SECCION HE 2

2.1. RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TERMICAS

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio. Esta parte es objeto de estudio por parte del redactor del proyecto de actividad.

3. SECCION HE 3

3.1. EFICIENCIA ENERGETICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

- **Ámbito de aplicación:**

Se excluyen del ámbito de aplicación: “Las instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales”, este es el apartado donde se incluyen el presente proyecto de estudio por lo que no procede tal aplicación.

4. SECCION HE 4

4.1. CONTRIBUCION SOLAR MINIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

- **Ámbito de aplicación:**

Esta Sección es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

El primer paso es calcular la demanda de agua caliente necesaria en nuestra instalación para saber cual es el kit solar que nos satisface nuestras necesidades.

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

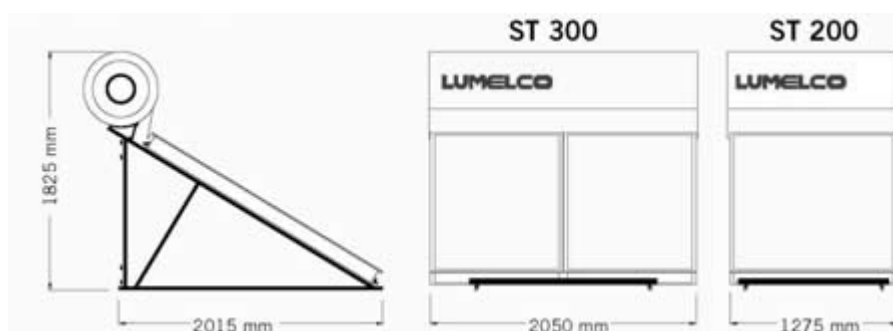
De acuerdo con la tala 3.1 nuestra demanda será la clasificada en fábricas y talleres que es la que más se asemeja a nuestra actividad.

La demanda será 15 litros ACS/día, que para una estimación de 8 personas como media hace un total de 120 litros ACS/día.

MEMORIA DE CÁLCULO



Modelo	Nº personas	Consumo (l/día)	Cobertura %
ST-200	4	160	83,85
	5	200	71,67
	6	240	62,12
ST-300	7	280	89,94
	8	320	76,43
	9	360	65,67



		ST-200	ST-300
Absorbedor	Recubrimiento	Selectivo de titanio	
Captador	Modelo	ST-2500 Selective	ST-2000 Selective
	Nº de paneles	1	2
	Dimensiones (mm)	2.050x1.275x90	2.050x1.010x90
	Superficie bruta (m²)	2,6	2 x 2,1
	Peso (kg)	51	2x43
tanque acumulador	Volumen (litros)	200	300
	Dimensiones (oxL) (mm)	570x1320	570x2050
	peso (kg)	70	114
Equipo completo	Peso vacío (kg)	148	230
	Peso lleno (kg)	338	520

Nuestro equipo solar compacto de circulación natural utilizado será el ST-200 que es el que cumple con nuestras necesidades.



MEMORIA DE CÁLCULO



Se llaman sistemas de circulación natural porque la circulación en el circuito primario se efectúa por convección natural, debido a las diferencias de densidad entre el fluido de trabajo caliente y frío.

Su funcionamiento es muy sencillo: el sol calienta el colector, y el fluido térmico que se encuentra en él, asciende hasta el intercambiador con doble envolvente donde transfiere su calor al agua que se encuentra dentro del depósito, y vuelve a bajar enfriado al colector. La transferencia de calor se produce en el circuito primario, circuito cerrado donde se encuentra el anticongelante mezclado con agua. En el circuito secundario es donde se encuentra el agua de consumo que entra fría en el tanque acumulador y sale caliente. Como el tanque acumulador dispone de un doble envolvente, el fluido térmico y el agua de consumo nunca se mezclan.

El circuito cerrado incorpora un innovador diseño del intercambiador de camisa que garantiza el funcionamiento del sistema incluso con temperaturas inferiores a 0°C y protege los colectores contra la corrosión.

Aparte de nuestro kit solar que nos proporciona agua caliente sanitaria también se le acompañará con una resistencia eléctrica para que en caso de fallo o falta de temperatura de calentamiento siga proporcionado ACS.

5. SECCION HE 5

5.1. CONTRIBUCION FOTOVOLTAICA MINIMA DE ENERGIA ELECTRICA

- **Ámbito de aplicación**

Solo será de aplicación para naves industriales de más de 10000 m² por lo que el presente proyecto queda exento de la obligación de aplicar esta sección.



ANEXO II: SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS



MEMORIA DE CÁLCULO



1. INTRODUCCION.

El cálculo de la protección de incendios del edificio objeto de estudio se calculará teniendo en cuenta el Real Decreto 2267/2004 y el CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION debido a que el edificio tendrá un uso comercial. Al final de este anejo hay un cuadro resumen de todas las medidas que habrá que tomar para que el edificio cumpla con las dos normativas siendo el C.T.E la más restrictiva.

2. REAL DECRETO 2267/2004:

2.1. ANEXO I

Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios.

ESTABLECIMIENTO.

Se entiende por establecimiento el conjunto de edificios, edificio, zona de este, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, según lo establecido en el artículo 2 del reglamento de seguridad contra incendios en edificios industriales, destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.

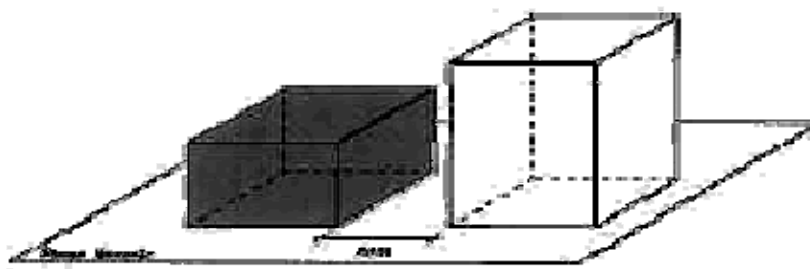
Los establecimientos industriales se caracterizarán por:

- Su configuración y ubicación con relación a su entorno.
- Su nivel de riesgo intrínseco.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES POR SU CONFIGURACIÓN Y UBICACIÓN CON RELACIÓN A SU ENTORNO.

Nuestro edificio se encuentra en una parcela en el polígono El Cáñamo con dimensiones de 60x40 m y en el interior de esta estará nuestra nave con dimensiones de 40x20 m, la nave se encuentra a 5 m del edificio más cercano y tendrá acceso por la parte frontal y trasera, que será la calle del polígono y carretera s/nombre.

TIPO C: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.



CARACTERIZACIÓN DE LOS EDIFICIOS INDUSTRIALES POR SU NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO.

La nave industrial está constituida por una configuración de tipo C y la constituimos como un solo sector de incendio. Por lo que la superficie de nuestro sector de incendios es de 800m²

Calculo de riesgo intrínseco de cada sector.

Se establecen dos expresiones para el cálculo del riesgo intrínseco, una para las áreas cuyas actividades sea el almacenamiento y otra para las demás.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2\text{) o (Mcal / m}^2\text{)}$$

Para almacenamiento;

Para las demás;

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2\text{) o (Mcal / m}^2\text{)}$$

Donde...

- Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².
- C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
- A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².
- q_{vi} = carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m³ o Mcal/m³.
- h_i = altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.
- s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m².

Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 % de la superficie del sector o área de incendio.

1.- Pasamos a calcular el valor de la expresión para la zona de almacenamiento:

Datos:

$$q_{vi} = 800 \text{ MJ/m}^3; C_i = 1,3; s_i = 66 \text{ m}^2; A = 800 \text{ m}^2; h_i = 4 \text{ m}; R_a = 1,5$$

$$Q_{s1} = \frac{800 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \cdot 1,3 \cdot 4 \text{ m} \cdot 66 \text{ m}^2}{800 \text{ m}^2} \cdot 1,5 = 514,8 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$$

2.- Pasamos a calcular la expresión para el resto de zonas:

$$\text{Exposición y ventas: } q_{v1} = 500 \text{ MJ/m}^3; C_1 = 1,3; s_1 = 500 \text{ m}^2; A = 800 \text{ m}^2; R_a = 1,5$$

$$\text{Arreglos: } q_{v2} = 500 \text{ MJ/m}^3; C_2 = 1,3; s_2 = 38 \text{ m}^2; A = 800 \text{ m}^2; R_a = 1,5$$

$$\text{Embalaje: } q_{v3} = 600 \text{ MJ/m}^3; C_3 = 1,3; s_3 = 36 \text{ m}^2; A = 800 \text{ m}^2; R_a = 1,5$$

$$Q_{s2} = \frac{(500 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \cdot 1,3 \cdot 500 \text{ m}^2) \cdot (500 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \cdot 1,3 \cdot 38 \text{ m}^2) \cdot (600 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \cdot 1,3 \cdot 36 \text{ m}^2)}{800 \text{ m}^2} \cdot 1,5 = 708,33 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$$

Cálculo del riesgo intrínseco en el conjunto global nave.

El nivel de riesgo intrínseco de un edificio o un conjunto de sectores y/o áreas de incendio de un establecimiento industrial, a los efectos de la aplicación de este reglamento, se evaluará calculando la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, Q_e , de dicho edificio industrial.

$$Q_e = \frac{\sum_1^i Q_{si} A_i}{\sum_1^i A_i} \text{ (MJ / m}^2\text{) o (Mcal / m}^2\text{)}$$

donde:

- Q_e = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial, en MJ/m^2 o Mcal/m^2 .

- Q_{si} = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores o áreas de incendio, (i), que componen el edificio industrial, en MJ/m² o Mcal/m².
- A_i = superficie construida de cada uno de los sectores o áreas de incendio, (i), que componen el edificio industrial, en m².

$$Q_e = \frac{\left(514,8 \frac{MJ}{m^2} \cdot 800m^2\right) + \left(708,33 \frac{MJ}{m^2} \cdot 800m^2\right)}{800m^2} = 611,57 \frac{MJ}{m^2}$$

Con este valor podemos calcular el nivel de riesgo intrínseco global del edificio, usando la siguiente tabla:

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Observando la tabla se puede ver que el **nivel de riesgo intrínseco** es **BAJO** de **NIVEL 2** ya que 611,57 se encuentra en el intervalo; $425 < Q_s \leq 850$

2.2 ANEXO II

Requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco.

SECTORIZACIÓN DE LOS EDIFICIOS INDUSTRIALES.

A continuación se va a comprobar que cada uno de los sectores de incendio definidos en el apartado anterior no superan la máxima superficie construida admisible, dependiendo de su nivel de riesgo intrínseco. Para ello usaremos la tabla del reglamento:

MÁXIMA SUPERFICIE CONSTRUIDA ADMISIBLE DE CADA SECTOR DE INCENDIO

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m ²)	TIPO B (m ²)	TIPO C (m ²)
BAJO 1 2	(1)-(2)-(3) 2000 1000	(2) (3) (5) 6000 4000	(3) (4) SIN LÍMITE 6000
MEDIO 3 4 5	(2)-(3) 500 400 300	(2) (3) 3500 3000 2500	(3) (4) 5000 4000 3500
ALTO 6 7 8	NO ADMITIDO	(3) 2000 1500 NO ADMITIDO	(3)(4) 3000 2500 2000

La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio es:
Teniendo en cuenta que el riesgo intrínseco de esta es bajo de nivel 2, y la configuración es de tipo C; se obtiene que la máxima superficie construida admisible 6000m², por lo que nuestro edificio cumple la sectorización exigida.

MATERIALES.

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE-EN 13501-1



MEMORIA DE CÁLCULO



para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el marcado *CE*.

a) Materiales de revestimiento.

Los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial son:

Suelos:

En las dependencias para el personal y zona *de oficinas el material empleado para el solado es BALDOSA DE GRES ANTIDESLIZANTE. En las demás zonas será pavimento continuo antideslizante, resistente al rozamiento, lavable y antiácido.*

Paredes y techos:

- En dependencias para el personal y oficinas el acabado será enlucido de yeso blanco.
- En baños y aseos el acabado será alicatado con plaqueta.
- Los materiales empleados en el revestimiento tanto de suelos como de paredes y techos tienen que ser de clase M2 o más favorables para cumplir con la normativa. Dado que los materiales empleados cumplen esta condición, se consideran aptos. Esta clasificación indica la capacidad relativa de los elementos materiales para favorecer el inicio o desarrollo de un incendio, según las normas UNE. La clase MO significa que el material no es combustible; la clase M1 indica un material combustible pero no inflamable; las clases M2, M3 y M4 significan productos con un grado de inflamabilidad creciente.

En nuestro caso como nuestro edificio se encuentra a 5 m del edificio más cercano no hace falta aplicar ningún revestimiento especial.

b) Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes.

La nave del presente proyecto se corresponde con el tipo descrito en el apartado 4.2.2 del anexo II del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales:

Naves industriales en planta baja.

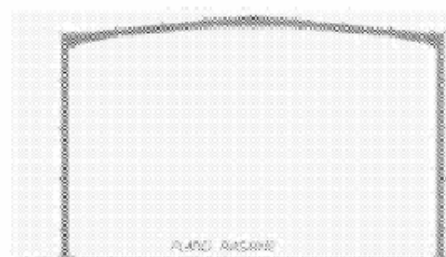
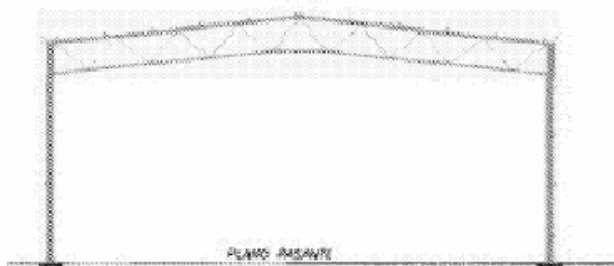


TABLA 2.2
ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PORTANTES

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)	R 60 (EF - 60)	R 30 (EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 (EF - 180)	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)

Teniendo en cuenta que la configuración de la nave es de tipo C y su nivel de riesgo intrínseco es BAJO (nivel 2), los elementos constructivos portantes tendrán una estabilidad al fuego igual a **R 30 (EF-30)**.

Para conseguir ésta estabilidad al fuego se aplicará una pintura intumescente para perfiles metálicos y cercha.

La tabla 2.3 será también de aplicación a las estructuras principales de cubiertas ligeras y sus soportes en edificios en planta baja.

TABLA 2.3

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (EF-15)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (EF-30)	R 15 (EF-15)
Riesgo alto	R 60 (EF-60)	R 30 (EF-30)

Teniendo en cuenta que la configuración de la nave es de tipo C y su nivel de riesgo intrínseco es bajo (nivel 2), no se exige protección a las estructuras principales de cubiertas ligeras y sus soportes en edificios de planta baja.

c) Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento.

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento (o delimitador) se definen por los tiempos durante los que dicho elemento debe mantener las siguientes condiciones, durante el ensayo normalizado conforme a la norma que corresponda de las incluidas en la *Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión*:

- a. Capacidad portante R.
- b. Integridad al paso de llamas y gases calientes E.
- c. Aislamiento térmico I.

Estos tres supuestos se consideran equivalentes en los especificados en la norma UNE

1. 23093.

- a. Estabilidad mecánica (o capacidad portante).
- b. Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- c. No emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego.
- d. Aislamiento térmico suficiente para impedir que la cara no expuesta al fuego supere las temperaturas que establece la norma correspondiente.

La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la tabla 2.2, para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio.



MEMORIA DE CÁLCULO



Es decir deberá tener una estabilidad al fuego igual a mayor de R 30 (EF-30).
Para conseguir ésta estabilidad al fuego se ejecutará paneles prefabricados de hormigón de 12 mm de espesor.

3. EVACUACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.

Espacio exterior: es el espacio al aire libre que permite que los ocupantes de un local o edificio puedan llegar, a través de él, a una vía pública o posibilitar el acceso al edificio a los medios de ayuda exterior.

Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará su ocupación, P , deducida de las siguientes expresiones:

$$P = 1,10 p, \text{ cuando } p < 100.$$

$$P = 110 + 1,05 (p - 100), \text{ cuando } 100 < p < 200.$$

$$P = 215 + 1,03 (p - 200), \text{ cuando } 200 < p < 500.$$

$$P = 524 + 1,01 (p - 500), \text{ cuando } 500 < p.$$

Donde p representa el número de personas que ocupa el sector de incendio, de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad. Los valores obtenidos para P , según las anteriores expresiones, se redondearán al entero inmediatamente superior.

En la zona de almacenamiento:

$$P = 1,10 \cdot 5 = 5,5 \text{ redondeamos al entero superior} = 6$$

En la zona de exposición:

$$P = 1,10 \cdot 6 = 6,6 \text{ redondeamos al entero superior} = 7$$

La evacuación de los establecimientos industriales que estén ubicados en edificios de tipo C debe satisfacer las condiciones siguientes:

1. Elementos de la evacuación: origen de evacuación, recorridos de evacuación, altura de evacuación, rampas, ascensores, escaleras mecánicas, rampas y pasillos móviles y salidas se definen de acuerdo con el documento básico BD SI del CTE
2. Número y disposición de las salidas: además de tener en cuenta lo dispuesto en el documento básico BD SI del CTE, se ampliará lo siguiente:

- Los establecimientos industriales clasificados, como de riesgo intrínseco alto deberán disponer de dos salidas alternativas.
- Los de riesgo intrínseco medio deberán disponer de dos salidas cuando su número de empleados sea superior a 50 personas.
- Las distancias máximas de los recorridos de evacuación de los sectores de incendio de los establecimientos industriales no superarán los valores indicados en el siguiente cuadro y prevalecerán sobre las establecidas en el documento básico BD SI del CTE :

<i>Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas</i>		
Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo(*)	35m(**)	50 m
Medio	25 m(***)	50 m
Alto	-----	25 m

(*) Para actividades de producción o almacenamiento clasificadas como riesgo bajo nivel 1, en las que se justifique que los materiales implicados sean exclusivamente de clase A y los productos de construcción, incluidos los revestimientos, sean igualmente de clase A, podrá aumentarse la **distancia** máxima de recorridos de evacuación hasta 100 m.

(**) La distancia se podrá aumentar a 50 m si la ocupación es inferior a 25 personas.

(***) La distancia se podrá aumentar a 35 m si la ocupación es inferior a 25 personas.

3. En las zonas de los sectores cuya actividad impide la presencia de personal (por ejemplo, almacenes de operativa automática), los requisitos de evacuación serán de aplicación a las zonas de mantenimiento. Esta particularidad deberá ser justificada.

4. Disposición de escaleras y aparatos elevadores: de acuerdo con documento básico BD SI del CTE , en función de su nivel de riesgo intrínseco, superen la altura de evacuación siguiente:

Riesgo alto:	10 m.
Riesgo medio:	15 m.
Riesgo bajo:	20 m.

Las escaleras para evacuación ascendente serán siempre protegidas.

5. Dimensionado de salidas, pasillos y escaleras: de acuerdo con el documento básico BD SI del CTE

6. Características de las puertas: de acuerdo con el documento básico BD SI del CTE

7. Características de los pasillos: de acuerdo con el documento básico BD SI del CTE

8. Características de las escaleras: de acuerdo con documento básico BD SI del CTE

9. Características de los pasillos y de las escaleras protegidos y de los vestíbulos previos: de acuerdo con el documento básico BD SI del CTE

10. Señalización e iluminación: de acuerdo con el documento básico BD SI del CTE; además, deberán cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.

Nº y disposición de salidas.

La nave tiene un total de 3 salidas alternativas. La distancia máxima será de 15 m en una dirección y de 25 en otra.

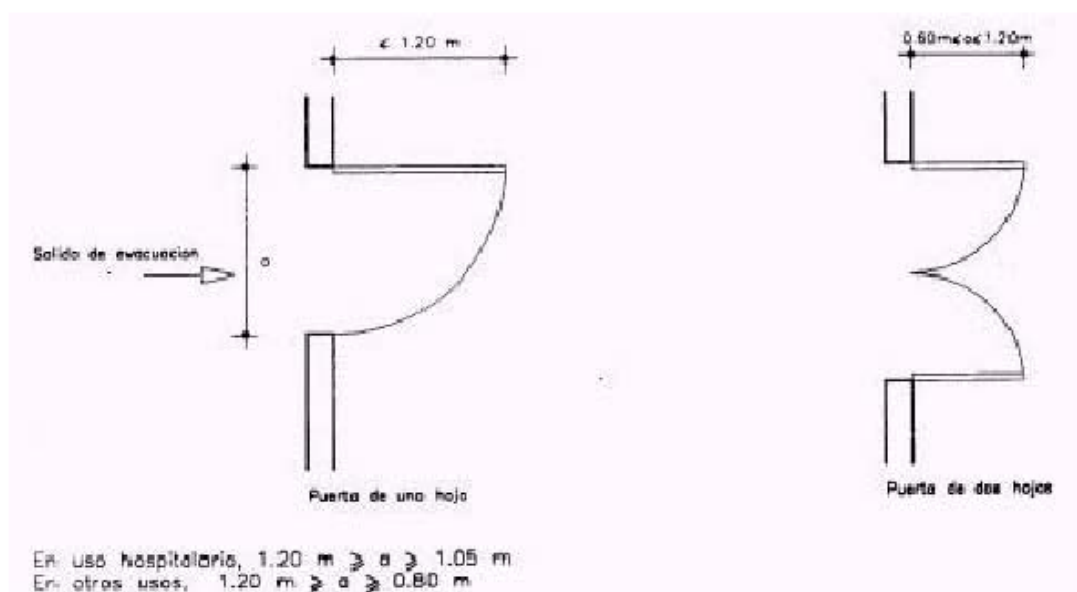
Dimensionado de salidas y pasillos.

Los pasillos que sean recorridos de evacuación carecerán de obstáculos, aunque en ellos podrán existir elementos salientes localizados en las paredes, tales como soportes, cercos, bajantes o elementos fijos de equipamiento, siempre que salvo en el

caso de extintores, se respete la anchura libre mínima establecida en esta norma básica y que no se reduzca más de 10 cm la anchura calculada.

La anchura libre en puertas, pasos y huecos previstos como salida de evacuación será igual o mayor que 0,80 m. La anchura de la hoja será igual o menor que 1,20 m y en puertas de hojas, igual o mayor que 0,60 m.

Anchuras mínimas y máximas.



Estas condiciones son satisfechas por todas las puertas de nuestro edificio industrial.

4. VENTILACIÓN Y ELIMINACIÓN DE HUMOS Y GASES DE LA COMBUSTIÓN EN LOS EDIFICIOS INDUSTRIALES.

La eliminación de los humos y gases de la combustión, y, con ellos, del calor generado, de los espacios ocupados por sectores de incendio de establecimientos industriales debe realizarse de acuerdo con la tipología del edificio en relación con las características que determinan el movimiento del humo.

Dispondrán de sistema de evacuación de humos:

a) Los sectores con actividades de producción:

- De riesgo intrínseco medio y superficie construida $> 2000 \text{ m}^2$.
- De riesgo intrínseco alto y superficie construida $> 1000 \text{ m}^2$.

b) Los sectores con actividades de almacenamiento:

- De riesgo intrínseco medio y superficie construida $> 1000 \text{ m}^2$.
- De riesgo intrínseco alto y superficie construida $> 800 \text{ m}^2$.

Se cumplirá:

- La ventilación será natural a no ser que la ubicación del sector lo impida; en tal caso, podrá ser forzada.
- Los huecos se dispondrán uniformemente repartidos en la parte alta del sector, ya sea en zonas altas de fachada o cubierta.
- Los huecos deberán ser practicables de manera manual o automática.
- Deberá disponerse, además, de huecos para entrada de aire en la parte baja del sector, en la misma proporción de superficie requerida para los de salida de humos, y se podrán computar los huecos de las puertas de acceso al sector.
-

El diseño y ejecución de los sistemas de control de humos y calor se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-23 585. En casos debidamente justificados se podrá utilizar otra normativa internacional de reconocido prestigio.

Como en el edificio industrial los sectores son con actividades de almacenamiento, riesgo intrínseco bajo y superficie construida ($800\text{m}^2 < 1000\text{m}^2$), ***no será necesario dotar de un sistema de evacuación de humos al edificio industrial.***

Se instalarán dos ventiladores estáticos, cuyas características se especifican en el anejo de salubridad, ya que la ubicación del sector impide la ventilación natural.

5. ALMACENAMIENTOS.

El sistema de almacenamiento se realizará mediante carretilla y de forma manual. No será necesario en principio ubicar estanterías metálicas se realizará mediante apilamiento en caso de proceder a poner estanterías deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Los materiales de bastidores, largueros, paneles metálicos, cerchas, vigas, pisos metálicos y otros elementos y accesorios metálicos que componen el sistema deben ser de acero de la clase A1 (M0).
- Los revestimientos pintados con espesores inferiores a 100 μ deben ser de la clase Bs3d0 (M1). Este revestimiento debe ser un material no inflamable, debidamente acreditado por un laboratorio autorizado mediante ensayos realizados según norma.
- Los revestimientos zincados con espesores inferiores a 100 μ deben ser de la clase Bs3d0 (M1).
- Para la estructura principal de sistemas de almacenaje con estanterías metálicas sobre rasante o bajo rasante sin sótano se podrán adoptar los valores siguientes:

Nivel de riesgo intrínseco	Sistema de almacenaje independiente o autoportante operado manualmente					
	Tipo A		Tipo B		Tipo C	
	Rociadores automáticos de agua		Rociadores automáticos de agua		Rociadores automáticos de agua	
	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ
Riesgo bajo	R30(EF-30)	R15(EF-15)	R15(EF-15)	No se exige	No se exige	No se exige
Riesgo medio	R60(EF-60)	R30(EF-30)	R30(EF-30)	R15(EF-15)	R15(EF-15)	No se exige
Riesgo alto			R60 (EF-60)	R30(EF-30)	R30(EF-30)	R15(EF-15)

Como nuestro edificio industrial es de riesgo bajo y tipo C, *no se exige la disposición de rociadores automáticos de agua* como muestra la tabla anterior.

- **5.** La evacuación en los establecimientos industriales con sistemas de almacenaje independientes o autoportantes operados manualmente será la misma que la especificada en el apartado 6 y subapartados siguientes de este anexo.
- Los sistemas de almacenaje en estanterías metálicas operadas manualmente deben cumplir los requisitos siguientes:
 - En el caso de disponer de sistema de rociadores automáticos, respetar las holguras para el buen funcionamiento del sistema de extinción.
 - Las dimensiones de las estanterías no tendrán más limitación que la correspondiente al sistema de almacenaje diseñado.
 - Los pasos longitudinales y los recorridos de evacuación deberán tener una anchura libre igual o mayor que un m.
 - Los pasos transversales entre estanterías deberán estar distanciados entre sí en longitudes máximas de 10 m para almacenaje manual y 20 m para almacenaje mecanizado, longitudes que podrán duplicarse si la ocupación en la zona de almacén es inferior a 25 personas. El ancho de los pasos será igual al especificado en el párrafo c).

6. INSTALACIONES TÉCNICAS DE SERVICIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.

No son objeto de nuestro estudio ya que estamos realizando un proyecto de obra civil. Toda instalación realizada será en base a la normativa en vigor.

7. RIESGO DE FUEGO FORESTAL.

Se aplicará la norma de riesgo forestal debido a la posible aparición de arbustos colindantes que puedan suponer riesgo de incendio.



MEMORIA DE CÁLCULO



“Los establecimientos industriales de riesgo medio y alto ubicados cerca de una masa forestal han de mantener una franja perimetral de 25 m de anchura permanentemente libre de vegetación baja y arbustiva con la masa forestal esclarecida y las ramas bajas podadas.”

En nuestro caso no procede.

ANEXO III.

Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales.

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el *Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre*, y en la *Orden de 16 de abril de 1998*, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquel.

1. SISTEMAS AUTOMATICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.

Según establece el *Real Decreto 2267/2004 no se prevé la instalación de un sistema automático de detección de incendios* debido al tipo de edificio industrial, tipo C, al ser riesgo intrínseco bajo y que la superficie total construida 800m^2 inferior a 1000m^2 que es el límite establecido.

2.SISTEMAS MANUALES DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.

Según establece el *Real Decreto 2267/2004 se prevé la instalación de un sistema manual de detección de incendios, ya que $800\text{m}^2 = 800\text{m}^2$* . La instalación de un sistema manual de alarma de incendio, se situará, en todo caso, *un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio y junto a cada BIE. La distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 m.*



MEMORIA DE CÁLCULO



Al haber 3 salidas de evacuación de dispondrán de 3 sistemas manuales de detección de incendios.

3.SISTEMAS DE EXTINTORES DE INCENDIOS.

Según el *Real Decreto 2267/2004*, se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales. Los fuegos tipo A se definen como fuegos de materiales sólidos, y generalmente de naturaleza orgánica donde la combustión se realiza normalmente con formación de brasas. Sin embargo, los de tipo B son los generados por combustibles líquidos. Para fuegos de clase A-B, el agente extintor más adecuado es la espuma, que es una emulsión de un producto espumógeno en agua. Básicamente apaga por sofocación, al aislar el combustible del ambiente que lo rodea, ejerciendo también una acción refrigerante, debido al agua que contiene.

Por no descartar ningún tipo de fuego en nuestro edificio industrial *se utilizaran extintores para fuegos A-B.*

Si se clasifica el extintor según la forma de impulsión, se han elegido extintores cuyo gas impulsor es el CO₂ y la sustancia extintora es la espuma. Los extintores de CO₂ son los más empleados, se usan para presurizar extintores de polvo seco, agua y espumas.

TABLA 3.1
DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES EN SECTORES DE INCENDIO CON CARGA DE FUEGO APORTADA POR COMBUSTIBLES DE CLASE A

GRADO DE RIESGO INTRÍNSECO DEL SECTOR DE INCENDIO	EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	ÁREA MÁXIMA PROTEGIDA DEL SECTOR DE INCENDIO
BAJO	21 A	Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
MEDIO	21 A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
ALTO	34 A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)

Se instalarán se instalarán 6 **extintores** de incendio portátiles de eficacia **21A 113B**, portener un nivel de riesgo intrínseco bajo y una superficie total de 800 m². Habrá un extintor aparte de CO₂ en las proximidades del cuadro eléctrico. En total habrá 7 extintores.

TABLA 3.2
DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES EN SECTORES DE INCENDIO CON CARGA DE FUEGO APORTADA POR COMBUSTIBLES DE CLASE B

VOLUMEN MÁXIMO, V (1), DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL SECTOR DE INCENDIO (1) (2)				
	$V \leq 20$	$20 < V \leq 50$	$50 < V \leq 100$	$100 < V \leq 200$
EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	113 B	113 B	144 B	233 B

El emplazamiento de los extintores portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime



MEMORIA DE CÁLCULO



mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, **no supere 15 m.**

4.SISTEMAS DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIES).

Se instalarán sistemas de bocas de incendio equipadas en los sectores de incendio de los establecimientos industriales si:

- a) Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 300 m² o superior.
- b) Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 500 m² o superior.
- c) Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 200 m² o superior.
- d) Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1000 m² o superior.
- e) Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m² o superior.

Como nuestro edificio es del tipo c y de nivel de riesgo intrínseco bajo, **no necesitamos BIES**

5.SISTEMA DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA.

No es objeto de este proyecto el alumbrado de emergencia, pero si es necesario la colocación del mismo y obligatorio por otra parte.

6.SEÑALIZACIÓN.

Se procede a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por *Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril.*



MEMORIA DE CÁLCULO



- Junto a cada elemento de extinción de incendios (extintores, BIES, pulsadores de alarma,...) se colocarán señales luminiscentes de 297x210 mm por una cara en pvc rígido de 2mm de espesor.
- Igualmente se dispondrán de señales luminiscentes para indicación de la evacuación (salidas, salidas de emergencia, no salida....) de 297x148mm por una cara en pvc rígido de 2mm de espesor.



MEMORIA DE CÁLCULO



3.PROTECCION CONTRA INCENDIOS SEGÚN EL C.T.E.

I. INTRODUCCIÓN.

El objetivo del requisito básico “Seguridad en caso de incendio” consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio, se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

El Documento Básico DB-SI especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad en caso de incendio, excepto en el caso de edificios, establecimientos y zonas de uso industrial a los que les sea de aplicación el “Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales”, en los cuales las exigencias básicas se cumplen mediante dicha aplicación.

1) Exigencia básica SI 1 – Propagación interior.

Se limitará el riesgo de propagación del incendio por el interior del edificio.

2) Exigencia básica SI 2 – Propagación exterior.

Se limitará el riesgo de propagación del incendio por el exterior, tanto en el edificio considerado como a otros edificios.



MEMORIA DE CÁLCULO



3) Exigencia básica SI 3- Evacuación de ocupantes.

El edificio dispondrá de los medios de evacuación adecuados para que los ocupantes puedan abandonarlo o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad.

4) Exigencia básica SI 4 – Instalaciones de protección contra incendios.

El edificio dispondrá de los equipos e instalaciones adecuados para hacer posible la detección, el control y la extinción del incendio, así como la transmisión de la alarma a los ocupantes.

5) Exigencia básica SI 5 – Intervención de bomberos.

Se facilitará la intervención de los equipos de rescate y de extinción de incendios.

6) Exigencia básica SI 6 – Resistencia al fuego de la estructura.

La estructura portante mantendrá su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las anteriores exigencias básicas.

II. AMBITO DE APLICACIÓN.

El ámbito de aplicación de este DB es el que se establece con carácter general para el conjunto del CTE en su artículo 2 (Parte I) excluyendo los edificios, establecimientos y zonas de uso industrial a los que les sea de aplicación el “Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales”.

El contenido de este DB se refiere únicamente a las exigencias básicas relacionadas con el requisito básico “Seguridad en caso de incendio”. También deben



MEMORIA DE CÁLCULO



cumplirse las exigencias básicas de los demás requisitos básicos, lo que se posibilita mediante la aplicación del DB correspondiente a cada uno de ellos.

Este CTE no incluye exigencias dirigidas a limitar el riesgo de inicio de incendio relacionado con las instalaciones o los almacenamientos regulados por reglamentación específica, debido a que corresponde a dicha reglamentación establecer dichas exigencias.

SECCIÓN SI 1. PROPAGACIÓN INTERIOR.

1. Compartimentación en sectores de incendio.

Los edificios se deben compartimentar en sectores de incendio según las condiciones que se establecen en la tabla 1.1 de esta Sección. Las superficies máximas indicadas en dicha tabla para los sectores de incendio pueden duplicarse cuando estén protegidos con una instalación automática de extinción que no sea exigible conforme a este DB.

A efectos del cómputo de la superficie de un sector de incendio, se considera que los locales de riesgo especial y las escaleras y pasillos protegidos contenidos en dicho sector no forman parte del mismo.

La resistencia al fuego de los elementos separadores de los sectores de incendio debe satisfacer las condiciones que se establecen en la tabla 1.2 de esta Sección. Como alternativa, cuando, conforme a lo establecido en la Sección SI 6, se haya adoptado el tiempo equivalente de exposición al fuego para los elementos estructurales, podrá adoptarse ese mismo tiempo para la resistencia al fuego que deben aportar los elementos separadores de los sectores de incendio.

Las escaleras y los ascensores que sirvan a sectores de incendio diferentes estarán delimitados por elementos constructivos cuya resistencia al fuego será, como



MEMORIA DE CÁLCULO



mínimo, la requerida a los elementos separadores de sectores de incendio, conforme a lo que se establece en el punto 3 anterior. En el caso de los ascensores, cuando sus accesos no estén situados en el recinto de una escalera protegida dispondrán de puertas E 30 o bien de un vestíbulo de independencia en cada acceso, excepto cuando se trate de un acceso a un local de riesgo especial o a una zona de uso Aparcamiento, en cuyo caso deberá disponer siempre de vestíbulo de independencia.

Según las condiciones de la tabla 1.1 del DB SI del CTE nos obliga en nuestro caso a:

- Todo establecimiento debe constituir sector de incendio diferenciado del resto del edificio excepto, en edificios cuyo uso principal sea Residencial Vivienda, los establecimientos cuya superficie construida no exceda de 500 m² y cuyo uso sea Docente, Administrativo o Residencial Público.
- Toda zona cuyo uso previsto sea diferente y subsidiario del principal del edificio o del establecimiento en el que esté integrada debe constituir un sector de incendio diferente cuando supere los siguientes límites:
 - o Zona de uso Residencial Vivienda, en todo caso.
 - o Zona de alojamiento o de uso Administrativo, Comercial o Docente cuya superficie construida exceda de 500 m².
 - o Zona de uso Pública Concurrencia cuya ocupación prevista exceda de 500 personas.
 - o No se establece límite de superficie para los sectores de riesgo mínimo.

Tabla 1.2 Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio ⁽¹⁾⁽²⁾

Elemento	Sector bajo rasante	Resistencia al fuego		
		Sector sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
		h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Paredes y techos ⁽³⁾ que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su uso previsto: ⁽⁴⁾				
- Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso	(no se admite)	EI 120	EI 120	EI 120
- Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
- Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	EI 120 ⁽⁵⁾	EI 90	EI 120	EI 180
- Aparcamiento ⁽⁶⁾	EI 120 ⁽⁷⁾	EI 120	EI 120	EI 120
Puertas de paso entre sectores de incendio	EI ₂ t-C5 siendo t la mitad del tiempo de resistencia al fuego requerido a la pared en la que se encuentre, o bien la cuarta parte cuando el paso se realice a través de un <i>vestíbulo de independencia</i> y de dos puertas.			

En nuestro caso **no cumple** lo exigido, con lo calculado mediante el Real Decreto 2267/2004 ya que tenemos un sólo sector de incendios, por tanto dividiremos nuestra nave en dos sectores diferenciados, para cumplir con el CTE, quedando:

- Zona de almacenamiento: 300 m².
- Zona de exposición: 500 m².

Para dichos valores no sale densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² para cada sector:

Sector 1: Zona de exposición de muebles.

$$Q_s = \frac{800 \frac{MJ}{m^3} \cdot 1,3 \cdot 1,5m \cdot 200m^2}{800m^2} \cdot 1,5 = 585 \frac{MJ}{m^2}$$

Sector 2: Zona de almacenamiento de muebles.

$$Q_s = \frac{800 \frac{MJ}{m^3} \cdot 1,3 \cdot 3m \cdot 120m^2}{800m^2} \cdot 1,5 = 702 \frac{MJ}{m^2}$$

Por lo que el riesgo intrínseco en el conjunto global de la nave, nos sale;

$$Q_e = \frac{\left(585 \frac{MJ}{m^2} \cdot 200m^2\right) + \left(702 \frac{MJ}{m^2} \cdot 120m^2\right)}{800m^2} = 251,55 \frac{MJ}{m^2}$$

Por lo que nos quedaría un **nivel de riesgo intrínseco BAJO de NIVEL 1**

En la tabla de 1.2 nos indica la resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas.

En nuestro caso deberá ser EI 90.

2. Locales y zonas de riesgo especial.

Los locales y zonas de riesgo especial en los edificios se clasifican conforme los grados de riesgo alto, medio y bajo según los criterios que se establecen en la tabla 2.1.

Nuestro edificio es de Riesgo bajo ya que $Q_s=251,55 \text{ MJ/m}^2$.Los locales así clasificados deben cumplir las condiciones que se establecen en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en edificios ⁽¹⁾

Característica	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Resistencia al fuego de la estructura portante ⁽²⁾	R 90	R 120	R 180
Resistencia al fuego de las paredes y techos ⁽³⁾ que separan la zona del resto del edificio ⁽²⁾⁽⁴⁾	EI 90	EI 120	EI 180
Vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio	-	Sí	Sí
Puertas de comunicación con el resto del edificio ⁽⁶⁾	EI2 45-C5	2 x EI2 30-C5	2 x EI2 30-C5
Máximo recorrido de evacuación hasta alguna salida del local ⁽⁵⁾	≤ 25 m ⁽⁷⁾	≤ 25 m ⁽⁷⁾	≤ 25 m ⁽⁷⁾

La resistencia al fuego de la estructura portante deberá ser R 90, la resistencia al fuego de las paredes y techos que separan la zona del resto del edificio EI 90, puertas de comunicación con el resto del edificio EI2 45-C5 y el máximo recorrido de evacuación hasta alguna salida del local deberá ser menos o igual a 25 m.

La resistencia al fuego de la estructura se conseguirá con Mortero ignífugo proyectado EI 90, compuesto de cemento en combinación con perlita o vermiculita, la puertas de comunicación serán de aislamiento (EI2 45-C5) proporcionadas por una



MEMORIA DE CÁLCULO



fábrica especializada y el máximo recorrido de evacuación será igual o menor de 25 m. Las paredes serán de tabique de $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo perforado, enfoscado por la cara exterior y enlucido por la interior con una resistencia al fuego de RF-180.

3. Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios.

- 1) La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables debe tener continuidad en los espacios ocultos, tales como patinillos, cámaras, falsos techos, suelos elevados, etc., salvo cuando éstos estén compartimentados respecto de los primeros al menos con la misma resistencia al fuego, pudiendo reducirse esta a la mitad en los registros para mantenimiento.
- 2) Independientemente de lo anterior, se limita a tres plantas y a 10 m el desarrollo vertical de las cámaras no estancas.
- 3) La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc.

En nuestro caso *cumple* con lo preceptuado.

4. Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario.

- 1) Los elementos constructivos deben cumplir las condiciones de reacción al fuego que se establecen en la tabla 4.1.
- 2) Las condiciones de reacción al fuego de los componentes de las instalaciones eléctricas (cables, tubos, bandejas, regletas, armarios, etc.) se regulan en su reglamentación específica.

Tabla 4.1 Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos

Situación del elemento	Revestimientos ⁽¹⁾	
	De techos y paredes ^{(2) (3)}	De suelos ⁽²⁾
Zonas ocupables ⁽⁴⁾	C-s2,d0	E _{FL}
Aparcamientos	A2-s1,d0	A2 _{FL} -s1
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0	C _{FL} -s1
Recintos de riesgo especial ⁽⁵⁾	B-s1,d0	B _{FL} -s1
Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos, suelos elevados, etc.	B-s3,d0	B _{FL} -s2 ⁽⁴⁾

El techo de la zona de exposición de muebles será de falsos techos de escayola de 600x600 mm de 24 mm de ancho con una resistencia al fuego de 2 horas estable al fuego y ½ para llamas. Dichas características las debe asegurar el fabricante mediante correspondiente certificado.



MEMORIA DE CÁLCULO



SECCIÓN SI 2. PROPAGACIÓN EXTERIOR.

1. Medianería y fachadas.

1. Las medianerías o muros colindantes con otro edificio deben ser al menos EI 120.
2. Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior horizontal del incendio a través de las fachadas, ya sea entre dos edificios, o bien en un mismo edificio, entre dos sectores de incendio del mismo, entre una zona de riesgo especial y otras zonas o hacia una escalera o pasillo protegido desde otras zonas, los puntos de ambas fachadas que no sean al menos de EI 60 deben estar separados la distancia d que se indica en la tabla.

Las medianerías y muros colindantes serán paneles prefabricados de hormigón de 12 cm de espesor que tienen una resistencia al fuego mayor o igual de 180 minutos.

3. Con el fin de limitar el riesgo de propagación vertical del incendio por fachada entre dos sectores de incendio o entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas más altas del edificio, dicha fachada debe ser al menos EI 60 en una franja de 1 m de altura.

En nuestro caso como nuestro edificio es de tipo C y el edificio más cercano se encuentra a 5 m, no haría falta.

2. Cubiertas.

1. Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior del incendio por la cubierta, ya sea entre dos edificios colindantes, ya sea en un mismo edificio, ésta tendrá una resistencia al fuego REI 60, como mínimo, en una franja de 0,50 m de anchura medida desde el edificio colindante, así como en una franja de 1,00 m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentados.

2. En el encuentro entre una cubierta y una fachada que pertenezcan a sectores de incendio o a edificios diferentes, la altura h sobre la cubierta a la que deberá estar cualquier zona de fachada cuya resistencia al fuego no sea al menos EI 60 será la que se indica tabla adjunta.

En nuestro caso no haría falta ningún sistema de protección contra incendios en cubierta.

SECCIÓN SI 3. EVACUACION DE OCUPANTES.

1. Calculo de la ocupación.

1. Para calcular la ocupación deben tomarse los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 en función de la superficie útil de cada zona, salvo cuando sea previsible una ocupación mayor o bien cuando sea exigible una ocupación menor en aplicación de alguna disposición legal de obligado cumplimiento, como puede ser en el caso de establecimientos hoteleros, docentes, hospitales, etc.
2. A efectos de terminar la ocupación, se debe tener en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las diferentes zonas de un edificio, considerando el régimen de actividad y de uso previsto para el mismo.

En edificios comerciales \rightarrow Ocupación (m^2 /persona) = 2.

En nuestro caso tendremos una ocupación aproximada a 80 personas.



MEMORIA DE CÁLCULO



2. Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación.

En la tabla 3.1 se indica el número de salidas que debe hacer en cada caso, como mínimo, así como la longitud de los recorridos de evacuación hasta ellas.

Debe cumplir, para plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta:

La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación.

- 35 m en uso Residencial Vivienda o Residencia Pública.
- 30 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario; y en plantas de escuela infantil o de enseñanza.

La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 25 m, excepto en los casos que se indican a continuación:

- 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario.
- 35 m en uso Aparcamiento.

En nuestro caso cumple con lo preceptuado, ya que tenemos 3 salidas alternativas y ninguna a más de 25 m de cualquier punto del establecimiento.

4. Dimensionado de los medios de evacuación.

Cuando en un recinto, en una planta o en el edificio deba existir más de una salida, la distribución de los ocupantes entre ellas a efectos de cálculo debe hacerse suponiendo inutilizada una de ellas, bajo la hipótesis más desfavorable.

Tabla 4.1 Dimensionado de los elementos de la evacuación

Tipo de elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \geq P / 200$ ⁽⁷⁾ $\geq 0,80$ m ⁽²⁾ La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,20 m.
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00$ m ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾
Pasos entre filas de asientos fijos en salas para público tales como cines, teatros, auditorios, etc. ⁽⁶⁾	En filas con salida a pasillo únicamente por uno de sus extremos, $A \geq 30$ cm cuando tengan 7 asientos y 2,5 cm más por cada asiento adicional, hasta un máximo admisible de 12 asientos. En filas con salida a pasillo por sus dos extremos, $A \geq 30$ cm en filas de 14 asientos como máximo y 1,25 cm más por cada asiento adicional. Para 30 asientos o más: $A \geq 50$ cm. ⁽⁷⁾ Cada 25 filas, como máximo, se dispondrá un paso entre filas cuya anchura sea 1,20 m, como mínimo.
Escaleras no protegidas ⁽⁸⁾	
para evacuación descendente	$A \geq P / 160$ ⁽⁹⁾
para evacuación ascendente	$A \geq P / (160-10h)$ ⁽⁹⁾
Escaleras protegidas	$E \leq 3 S + 160 A_s$ ⁽⁹⁾
En zonas al aire libre:	
Pasos, pasillos y rampas	$A \geq P / 600 \geq 1,00$ m ⁽¹⁰⁾
Escaleras	$A \geq P / 480 \geq 1,00$ m ⁽¹⁰⁾

El dimensionado de los elementos de evacuación debe realizarse conforme a lo que se indica en la tabla 4.1.

Puertas y pasos $\rightarrow A \Rightarrow P/200 \Rightarrow 0,80$ m. $\rightarrow 20/200=0,1$ m \rightarrow **Cumple**

En nuestro caso cumple con lo preceptuado, ya que es las puertas de evacuación son de 0,80 m.

Pasillos $\rightarrow A \Rightarrow P/200 \Rightarrow 1,00$ m. $20/200=0,1$ m \rightarrow **Cumple**

En nuestro caso cumple con lo preceptuado, ya que es los pasillos son como mínimo de 1,00 m de anchura.

5. Protección de escaleras.

Al no existir escaleras no se procede a su protección.

6. Puertas situadas en recorridos de evacuación.

Las puertas previstas como salida de planta o de edificio y las previstas para la evacuación de más de 50 personas serán abatibles con eje de giro vertical y su sistema de cierre, o bien no actuará mientras haya actividad en las zonas a evacuar, o bien consistirá



MEMORIA DE CÁLCULO



en un dispositivo de fácil y rápida apertura desde el lado del cual provenga dicha evacuación, sin tener que utilizar una llave y sin tener que actuar sobre más de un mecanismo.

En nuestro caso cumple con lo preceptuado, ya que tenemos 3 salidas con anchura mínima de 0,80 m y la evacuación estimada por cada puerta es de 20 personas.

7. Señalización de los medios de evacuación.

Se utilizarán las señales de salida, de uso habitual o de emergencia, definidas en la norma UNE 23034:1988.

8. Control del humo de incendio.

En los casos que se indican a continuación se debe instalar un sistema de control del humo de incendio capaz de garantizar dicho control durante la evacuación de los ocupantes, de forma que ésta se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad:

- a) Aparcamientos que no tengan la consideración de aparcamiento abierto.
- b) Establecimiento de uso Comercial o Pública Concurrencia cuya ocupación exceda de 1000 personas.
- c) Atrios, cuando su ocupación en el conjunto de las zonas y plantas que constituyan un mismo sector de incendio, exceda de 500 personas, o bien cuando esté previsto para ser utilizado para la evacuación de más de 500 personas.

En nuestro caso no es necesario porque nuestra ocupación se ha estimado entorno a 80 personas.

SECCIÓN SI 4. DETECCIÓN, CONTROL Y EXTINCIÓN DEL INCENDIO.

1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios.

Los edificios deben disponer de los equipos e instalaciones de protección contra incendios que se indican en la tabla 1.1. El diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, componentes y equipos, deben cumplir lo establecido en el “Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios”, en sus disposiciones complementarias y en cualquier otra reglamentación específica que le sea de aplicación.

Comercial

Extintores portátiles	En toda agrupación de <i>locales</i> de <i>riesgo especial</i> medio y alto cuya superficie construida total excede de 1.000 m ² , extintores móviles de 50 kg de polvo, distribuidos a razón de un extintor por cada 1 000 m ² de superficie que supere dicho
	límite o fracción.
Bocas de incendio	Si la superficie construida excede de 500 m ² . ⁽⁸⁾
Columna seca ⁽⁶⁾	Si la <i>altura de evacuación</i> excede de 24 m.
Sistema de alarma	Si la superficie construida excede de 1.000 m ² .
Sistema de detección de incendio ⁽¹⁰⁾	Si la superficie construida excede de 2.000 m ² . ⁽⁹⁾
Instalación automática de extinción	Si la superficie total construida excede de 1.500 m ² , en las áreas públicas de ventas en las que la <i>densidad de carga de fuego</i> ponderada y corregida aportada por los productos comercializados sea mayor que 500 MJ/m ² (aproximadamente 120 Mcal/m ²) y en los recintos de riesgo especial medio y alto conforme al capítulo 2 de la Sección 1 de este DB.
Hidrantas exteriores	Uno si la superficie total construida está comprendida entre 1 000 y 10 000 m ² . Uno más por cada 10 000 m ² adicionales o fracción. ⁽⁴⁾

Según la tabla para edificios comerciales habrá que dotar el edificio con BIES si la superficie construida excede de 500 m².

En nuestro caso *no cumple* con lo preceptuado, ya que no se han dispuesto de BIE, ya que con el Real Decreto 2267/2004, no era necesario, por tanto se instalarán 2 BIES para estar en conformidad con el CTE.

Se instalarán bocas de incendio equipadas en la nave. Además de los requisitos establecidos en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, para su disposición y características se cumplirán las siguientes condiciones hidráulicas:

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 25 mm	2	60 min
MEDIO	DN 45 mm*	2	60 min
ALTO	DN 45 mm*	3	90 min

Al ser el nivel de riesgo bajo el *tipo de BIE elegido será DN 25 mm con una simultaneidad de 2 y un tiempo de autonomía de 60 min.*

Por tanto **se instalarán 2 BIES repartidas por toda la nave.**

Aspectos a tener en cuenta para la instalación de las BIES.

- La separación máxima entre dos BIES no será superior a 50 metros y la distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más próxima no excederá de 25 metros.
- El centro de la BIE quedará como máximo a una altura de 1,5 metros en relación a la tierra.
- La presión residual de la punta de la lanza será como mínimo de 3,5 kg/cm² y máxima 5kg/cm².
- La presión estática de prueba será de 10 kg/cm² durante dos horas.
- El caudal mínimo para la BIE de 45 será de 3,3 litros/segundo, siempre que funcione simultáneamente las dos BIES hidráulicamente más desfavorable.
- La válvula para la BIE de 54 será de tipo asiento.
- El soporte de la manguera se podrá girar alrededor de un eje vertical y podrá ser del tipo devanadera o plegadora, se tendrá que desenrollar toda para su uso.
- La tubería de alimentación de cada una de las BIES será de acero galvanizado de 1 ½".
- La tubería general, también de acero galvanizado, dado que se deberá poder mantener durante 60 minutos el caudal necesario para abastecer a dos BIES

funcionando simultáneamente, siendo los caudales mínimos a prever de 3,3 l/s para cada una de las BIEs y para una velocidad del agua de 1 m/s.

2. Dimensionado de la instalación.

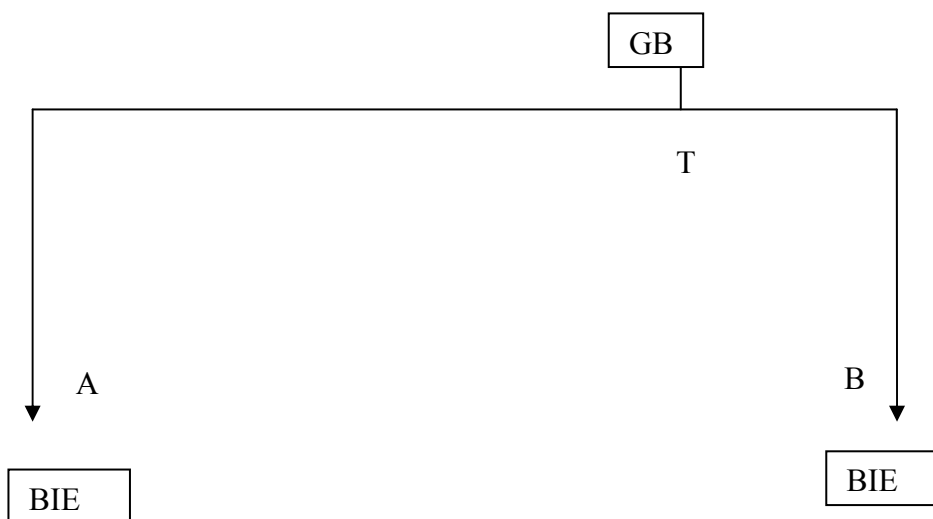
Nuestra instalación constará de 2 BIE, un depósito acumulador y un grupo compacto de bomba impulsora (principal + jockey).

Para dimensionar el cálculo utilizaremos la fórmula de Hazen – Williams, para ello tendremos que calcular las pérdidas de cargas por la tubería y por los accesorios.

Dimensionaremos la instalación probando un diámetro de la tubería de acero de 1^{1/4}” (32mm) para los ramales hasta las BIEs y de 2” para el ramal desde el grupo de bombeo hasta la derivación en T.

La norma nos obliga a dimensionar dos BIE funcionando a la vez durante 1 hora.

El esquema de la instalación es el siguiente:



Por tanto los datos para el cálculo son:

TRAMOS	LONGITUD (m)	Ø tubería(mm)	ACCESORIOS	válvulas
A-T	43,5	32	3 codos 90°	1
B-T	23,5	32	3 codos 90°	1
T-GB	10	40	1 T, 1codo 90°	1

La pérdida de carga en tubos se determinará usando la fórmula de Hazen - Williams:

$$p = \frac{6,05 \times 10^5}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \times L \times Q^{1,85}$$

Donde:

- p :pérdida de carga en el tubo (bar);
- Q: caudal (l/min);
- d: diámetro interior del tubo (mm);
- C: es una constante (20 para el acero)
- L :es la longitud equivalente de tubo y accesorios, en metros

Se obtienen las siguientes pérdidas de carga:

TRAMOS	Pérdidas (accesorios)	Pérdidas (alturas)	TOTALES	
A-T	0,0130	-0,29	0,3070	
B-T	0,0130	-0,29	0,0478	
T-GB	0,0065	0,39	0,4932	
			0,8481	bar

Por tanto obtenemos una perdidas de cargas totales de 0,8481 bar, con esto ya podemos escoger una bomba tal que nos garantice unos 4 bar de presión en las BIE. Si cogemos una bomba de 50 m.c.a (4,902 bar) obtenemos:

- Presión de salida de la bomba: 4,902 bar
- Pérdidas totales de la instalación: 0,8481 bar
- Presión más desfavorable: 4,902- 0,8481= 4,0539 bar

Procedemos al cálculo de la reserva de agua:

El caudal por norma para cada BIE de 25mm es 100 l/min, por tanto necesitaremos un caudal de 200l/min, y por tanto obtendremos una reserva de:

Reserva de agua: $200 \times 60 / 1000 \times 1,1 = 13,2 \text{m}^3$

Resumen de la instalación:



MEMORIA DE CÁLCULO



- Tubería de acero de 1 ¼": 69m
- Tubería de acero de 2" : 10m
- Codos a 90°: 7 unidades
- Válvulas: 3 unidades
- Grupo de bombeo compacto de 5m.c.a y 13m³/h

SECCIÓN SI 5. INTERVENCION DE LOS BOMBEROS.

1. Condiciones de aproximación y entorno.

Los viales de aproximación a los espacios de maniobra a los que se refiere el apartado 1.2, deben cumplir las condiciones siguientes:

- a) anchura mínima libre 3,5m.
- b) altura mínima libre o gálibo 4,5 m.
- c) capacidad portante del vial 20 KN/m².

En nuestro caso cumple con lo preceptuado.

2. Accesibilidad por fachada.

Las fachadas a las que se hace referencia en el apartado 1.2 deben disponer de huecos que permitan el acceso desde el exterior al personal del servicio de extinción de incendios. Dichos huecos deben cumplir las condiciones siguientes:

- a) Facilitar el acceso a cada una de las plantas del edificio, de forma que la altura del alféizar respecto del nivel de la planta a la que accede no sea mayor que 1,20 m.
- b) Sus dimensiones horizontal y vertical deben ser, al menos, 0,80 y 1,20 m respectivamente. La distancia máxima entre los ejes verticales de dos huecos consecutivos no debe exceder de 25 m, medida sobre la fachada.



MEMORIA DE CÁLCULO



c) No se deben instalar en fachadas elementos que impidan o dificulten la accesibilidad al interior del edificio a través de dichos huecos, a excepción de los elementos de seguridad situados en los huecos de las plantas cuya altura de evacuación no exceda de 9 metros.

En nuestro caso cumple con lo preceptuado.

SECCIÓN SI 6. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA.

1. Resistencia al fuego de la estructura.

Se admite 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 de dicho elemento. En general, basta hacer la comprobación en el instante mayor de temperatura que, con el modelo de curva normalizada tiempo-temperatura, se produce al final del mismo.

En el caso de sectores de riesgo mínimo y en aquellos sectores de incendio en los que, por su tamaño y por la distribución de la carga de fuego, no sea previsible la existencia de fuegos totalmente desarrollados, la comprobación de la resistencia al fuego puede hacerse elemento a elemento mediante el estudio por medio de fuegos localizados, según se indica en el Eurocódigo situando sucesivamente la carga de fuego en la posición previsible más desfavorable.

En este Documento Básico no se considera la capacidad portante de la estructura tras el incendio.

2. Elementos estructurales principales.

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si:

- a) Alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura.
- b) Soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego indicado en el anejo B.

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.

Tabla 3.2 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios ⁽¹⁾

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

⁽¹⁾ No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

La resistencia al fuego suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del sector de incendio situado bajo dicho suelo

En nuestro caso nuestra estructura deberá tener una resistencia al fuego de R 90.

CUADRO RESUMEN DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS.

CONCEPTO	MEDIDAS
Tipo edificio	Tipo C
Sectores de incendio	2 Sectores de incendio: - Zona almacenamiento. 300 m2. - Zona exposición. 500 m2.
Nivel de Riesgo	Bajo
Resistencia al fuego de los elementos constructivos portantes. (según CTE)	R 90 (EF-90) Para conseguir ésta estabilidad al fuego se aplicará Mortero ignífugo proyectado EI 90, compuesto de cemento en combinación con perlita o vermiculita para perfiles metálicos y cercha.
Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento.	R 180 (EF-180). Panel prefabricado de hormigón de 16 mm de espesor.
Evacuación	3 salidas alternativas.
Ventilación	2 ventiladores estáticos en cubierta.
Rociadores automáticos	No procede
Sistemas manuales de detección	Uno en cada salida de evacuación
Extintores	6 extintores 21A 113B y 1 de CO2 para cuadro eléctrico.
BIES (Bocas incendio equipadas)	2 (Una en cada acceso al edificio)
Luces emergencia	No objeto de estudio. (Son necesarias).
Señalización	Señales luminiscentes junto a cada sistema de extinción y cada salida de evacuación.



MEMORIA DE CÁLCULO



ANEXO III: SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN



MEMORIA DE CÁLCULO



1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Objeto.

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplirlas exigencias básicas de seguridad de utilización. Las secciones de este DB se corresponden con las exigencias básicas SU 1 a SU 8. La correcta aplicación de cada Sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Seguridad de utilización". No es objeto de este Documento Básico la regulación de las condiciones de accesibilidad no relacionadas con la seguridad de utilización que deben cumplir los edificios. Dichas condiciones se regulan en la normativa de accesibilidad que sea de aplicación. Tanto el objetivo del requisito básico "Seguridad de utilización",

1.2. Ámbito de aplicación.

El ámbito de aplicación de este DB es el que se establece con carácter general para el conjunto del CTE en el artículo 2 de la Parte 1. Su contenido se refiere únicamente a las exigencias básicas relacionadas con el requisito básico "Seguridad de utilización". También deben cumplirse las exigencias básicas de los demás requisitos básicos, lo que se posibilita mediante la aplicación del DB correspondiente a cada uno de ellos.

La protección frente a riesgos relacionados con instalaciones y equipos se consigue mediante el cumplimiento de sus reglamentos específicos.

1.3. Criterios generales de aplicación.

Pueden utilizarse otras soluciones diferentes a las contenidas en este DB, en cuyo caso deberá seguirse el procedimiento establecido en el artículo 5 del CTE, y deberá documentarse en el proyecto el cumplimiento de las exigencias básicas.

Las citas a normas equivalentes a normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, en el marco de la aplicación de la Directiva 89/106/CEE sobre productos de construcción o de otras Directivas, se deberán relacionar con la versión de dicha referencia.

2. SECCIÓN SU 1

2.1. SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE CAIDAS.

2.1.1. Resbalicidad de los suelos :

Clasificación de los suelos según su resbaladicidad , el suelo del presente objeto seria:

Tabla 1.1 Clasificación de los suelos según su resbaladicidad	
Resistencia al deslizamiento R_d	Clase
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

Resistencia al deslizamiento **Rd Clase 0.**

La tabla 1.2 indica la clase que deben tener los suelos, como mínimo, en función de su localización. Dicha clase se mantendrá durante la vida útil del pavimento.

Tabla 1.2 Clase exigible a los suelos en función de su localización	
Localización y características del suelo	Clase
Zonas interiores secas	
- superficies con pendiente menor que el 6%	1
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	2
Zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior ⁽¹⁾ , terrazas cubiertas, vestuarios, duchas, baños, aseos, cocinas, etc.	
- superficies con pendiente menor que el 6%	2
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	3
Zonas interiores donde, además de agua, pueda haber agentes (grasas, lubricantes, etc.) que reduzcan la resistencia al deslizamiento, tales como cocinas industriales, mataderos, aparcamientos, zonas de uso industrial, etc.	3
Zonas exteriores. Piscinas ⁽²⁾	3

Es decir la **clase de suelo seria la 3.**



MEMORIA DE CÁLCULO



En la zona de exposición se ejecutará solado con baldosas de gres antideslizante y en la zona de almacenamiento se ejecutará acabado de hormigón que tendrá un grado de aspereza la cual la tendrá en cuenta el especialista.

2.1.2. Discontinuidades en el pavimento:

Excepto en zonas de uso restringido y con el fin de limitar el riesgo de caídas como consecuencia de trapiés o de tropiezos, el suelo debe cumplir las condiciones siguientes:

- a) no presentará imperfecciones o irregularidades que supongan una diferencia de nivel de más de 6 mm;
- b) los desniveles que no excedan de 50 mm se resolverán con una pendiente que no exceda el 25%, no hay pendientes en la nave.
- c) en zonas interiores para circulación de personas, el suelo no presentará perforaciones o huecos por los que pueda introducirse una esfera de 15 mm de diámetro.

2.1.3. Desniveles:

No existen.

2.1.4. Escaleras y rampas:

No existen.

2.1.5. Limpieza de los acristalamientos exteriores

Son fácilmente desmontables por lo que su limpieza y mantenimiento no requiere ningún método de utilización en concreto.

3. SECCIÓN SU 2

SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE IMPACTO O DE ATRAPAMIENTO

1. Impacto

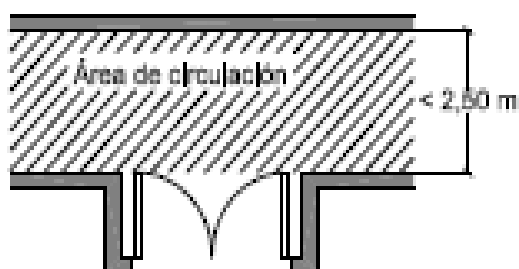
1.1 Impacto con elementos fijos

Página 157 de 221	NAVE DE ALMACENAMIENTO Y EXPOSICIÓN DE MUEBLES	AUTOR: ÁLVARO BARRIOS FAYULA.
-------------------	---	----------------------------------

La altura libre de paso en zonas de circulación será, como mínimo, 2100 mm en zonas de uso restringido y 2200 mm en el resto de las zonas, donde tenemos 5000mm de paso para la circulación de vehículos. En los umbrales de las puertas la altura libre será 2000mm, como mínimo, particularidad que cumplen las dos puertas proyectadas en el sector de oficinas.

1.2 Impacto con elementos practicables

Excepto en zonas de uso restringido, las puertas de paso situadas en el lateral de los pasillos cuya anchura sea menor que 2,50 m se dispondrán de forma que el barrido de la hoja no invada el pasillo



1 Disposición de puertas laterales a vías de circulación

1.3 Impacto con elementos frágiles

No existen.

1.4 Impacto con elementos insuficientemente perceptibles

No existen.

1.5 Atrapamiento.

Con el fin de limitar el riesgo de atrapamiento producido por una puerta corredera de accionamiento manual, incluidos sus mecanismos de apertura y cierre, la

distancia a hasta el objeto fijo más próximo será 200 mm, como mínimo, el portón será instalado cumpliendo esta normativa de seguridad.

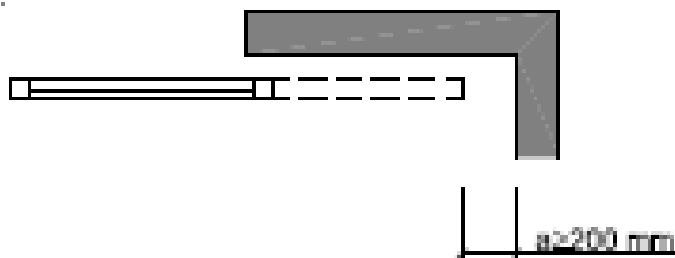


Figura 2.1 Holgura para evitar atrapamientos

Los elementos de apertura y cierre automáticos dispondrán de dispositivos de protección adecuados al tipo de accionamiento y cumplirán con las especificaciones técnicas propias.

4. SECCIÓN SU 3

SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE APRISIONAMIENTO EN RECINTOS

1 Aprisionamiento:

No existe la posibilidad de aprisionamientos. Las puertas carecen de bloqueo interior.

5. SECCIÓN SU 4

SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR ILUMINACIÓN INADECUADA



MEMORIA DE CÁLCULO



La seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada es objeto del proyecto de actividad, lo tendrá en cuenta el redactor de dicho proyecto.

6. SECCIÓN SU 5

SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR SITUACIONES DE ALTA OCUPACIÓN

No aplicable.

7. SECCIÓN SU 6

SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE AHOGAMIENTO

No aplicable.

8. SECCIÓN SU 7

SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO

1 **Ámbito de aplicación**

Esta Sección es aplicable a las zonas de uso Aparcamiento y vías de circulación de vehículos existentes en los edificios, con excepción de los aparcamientos de las viviendas unifamiliar por lo **que es aplicable al presente proyecto.**

2 **Características constructivas**

Las zonas de uso Aparcamiento dispondrán de un espacio de acceso y espera en su incorporación al exterior, con una profundidad adecuada a la longitud del tipo de vehículo y de 4,5 m como mínimo y una pendiente del 5% como máximo. *La nave*



MEMORIA DE CÁLCULO



cumple este apartado por carecer de cualquier tipo de pendiente y el espacio es suficiente.

El acceso a los aparcamientos permitirá la entrada y salida frontal de los vehículos sin que haya que realizar maniobras de marcha atrás. *Se tiene radio de giro suficiente para no forzar maniobras.*

Existirá al menos un acceso peatonal independiente. Para que un acceso peatonal contiguo al vial para vehículos se pueda considerar como independiente deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a) su anchura será de 800 mm, como mínimo;
- b) estará protegido, bien mediante barreras de protección de 800 mm de altura, como mínimo, o bien mediante pavimento a un nivel más elevado, en cuyo caso el desnivel cumplirá lo especificado en el apartado 3.1 de la Sección SU 1, *no serán necesarios estas barreras de protección ya que la actividad de reportaje de productos y la otra actividad que será de venta, ambas no serán simultáneas por lo que el riesgo para los peatones es nulo y por lo tanto innecesaria esta medida.*

Las pinturas o marcas utilizadas para la señalización horizontal o marcas viales serán de Clase 3 en función de su resbaladicidad, determinada de acuerdo con lo especificado en el apartado 1 dla Sección SU 1.

3 Protección de recorridos peatonales

No será necesaria esta medida por lo anteriormente citado en el apartado anterior.

4 Señalización

Página 161 de 221	NAVE DE ALMACENAMIENTO Y EXPOSICIÓN DE MUEBLES	AUTOR: ÁLVARO BARRIOS FAYULA.
-------------------	---	----------------------------------



MEMORIA DE CÁLCULO



Debe señalizarse, conforme a lo establecido en el código de la circulación:

- a) el sentido de la circulación y las salidas;
- b) la velocidad máxima de circulación de 20 km/h;
- c) las zonas de tránsito y paso de peatones, en las vías o rampas de circulación y acceso;

Los aparcamientos a los que pueda acceder transporte pesado tendrán señalizado además los gálibos y las alturas limitadas.

Las zonas destinadas a almacenamiento y a carga o descarga deben estar señalizadas y delimitadas mediante marcas viales o pinturas en el pavimento.

Se procede a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril.

Junto a cada elemento de extinción de incendios (extintores, BIES, pulsadores de alarma,...) se colocarán señales luminiscentes de 297x210 mm por una cara en pvc rígido de 2mm de espesor.

Igualmente se dispondrán de señales luminiscentes para indicación de la evacuación (salidas, salidas de emergencia, no salida....) de 297x148mm por una cara en PVC rígido de 2mm de espesor.

A_e : superficie de captura equivalente del edificio aislado en m^2 , que es la delimitada por una línea trazada a una distancia $3H$ de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo H la altura del edificio en el punto del perímetro considerado.

$$A_e = 2 \cdot (3 \cdot 6,7m) + 16m \cdot 40m = 890m^2$$

C_1 : coeficiente relacionado con el entorno, según la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Coeficiente C_1	
Situación del edificio	C_1
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

$$N_e = 0,5 \cdot 890 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 6,32 \cdot 10^{-4}$$

El riesgo admisible, N_a , puede determinarse mediante la expresión:

$$N_a = \frac{5,5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3}$$

siendo:

C_2 coeficiente en función del tipo de construcción, conforme a la tabla 1.2;

C_3 coeficiente en función del contenido del edificio, conforme a la tabla 1.3;

C_4 coeficiente en función del uso del edificio, conforme a la tabla 1.4;

C_5 coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio, conforme a la tabla 1.5.

Tabla 1.2 Coeficiente C_2

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3

Tabla 1.3 Coeficiente C_3

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

Tabla 1.4 Coeficiente C_4

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

Tabla 1.5 Coeficiente C_5

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

$$Ne = \frac{5.5}{0.5 \times 1 \times 0.5 \times 1} 10^{-3} = 2,2 \cdot 10^{-2}$$

Por lo que N_a es mucho menor que N_e **no es necesario** el estudio de este fenómeno.

CUADRO RESUMEN.

CONCEPTO	MEDIDAS
Resbalicidad	$R_d=0$. No hacen faltas medidas.
Atrapamiento	No hacen faltas medidas.
Señalización de extintores	Carteles luminescentes de PVC, 297x210 mm.
Señalización de la circulación	Carteles luminescentes para las vías de evacuación de PVC 297x148 mm.
Seguridad frente al rayo.	No es necesario.



MEMORIA DE CÁLCULO



ANEXO IV: SALUBRIDAD



MEMORIA DE CÁLCULO



OBJETO.

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de salubridad. Las secciones de este DB se corresponden con las exigencias básicas HS 1 a HS 5. La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico “Higiene, salud y protección del medio ambiente”.

AMBITO DE APLICACIÓN.

El ámbito de aplicación en este anejo se especifica, para cada sección de las que se compone el mismo, en sus respectivos apartados.

El contenido de este anejo se refiere únicamente a las exigencias básicas relacionadas con el requisito básico "Higiene, salud y protección del medio ambiente". También deben cumplirse las exigencias básicas de los demás requisitos básicos, lo que se posibilita mediante la aplicación del anejo correspondiente a cada uno de ellos.

CRITERIOS GENERALES DE APLICACIÓN.

Pueden utilizarse otras soluciones diferentes a las contenidas en este anejo, en cuyo caso deberá seguirse el procedimiento establecido en el artículo 5 del CTE, y deberá documentarse en el proyecto el cumplimiento de las exigencias básicas.

Las citas a disposiciones reglamentarias contenidas en este anejo se refieren a sus versiones vigentes en cada momento en que se aplique el Código. Las citas a normas UNE, UNE EN o UNE EN ISO se deben relacionar con la versión que se indica en cada caso, aún cuando exista una versión posterior, excepto cuando se trate de normas equivalentes a normas en cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Comunidad Europea, en el marco de la aplicación de la Directiva 89/106/CEE sobre productos de construcción, en cuyo caso la cita se deberá relacionar con la versión de dicha referencia.



MEMORIA DE CÁLCULO



CONDICIONES PARTICULARES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL DB HS.

La aplicación de los procedimientos de este DB se llevará a cabo de acuerdo con las condiciones particulares que en el mismo se establecen y con las condiciones generales para el cumplimiento del CTE, las condiciones del proyecto, las condiciones en la ejecución de las obras y las condiciones del edificio que figuran en los artículos 5, 6, 7 y 8 respectivamente de la parte I del CTE.

SECCIÓN HS 1. PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD.

1. GENERALIDADES.

1.1 Ámbito de aplicación.

Esta sección se aplica a los muros y los suelos que están en contacto con el terreno y a los cerramientos que están en contacto con el aire exterior (fachadas y cubiertas) de todos los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE. Los suelos elevados se consideran suelos que están en contacto con el terreno. Las medianerías que vayan a quedar descubiertas porque no se ha edificado en los solares colindantes o porque la superficie de las mismas excede a las de las colindantes se consideran fachadas. Los suelos de las terrazas y los de los balcones se consideran cubiertas.

La comprobación de la limitación de humedades de condensación superficiales e intersticiales debe realizarse según lo establecido en la Sección HE-1 Limitación de la demanda energética del DB HE Ahorro de energía.

1.2 Procedimiento de verificación.

Página 168 de 221	NAVE DE ALMACENAMIENTO Y EXPOSICIÓN DE MUEBLES	AUTOR: ÁLVARO BARRIOS FAYULA.
-------------------	---	----------------------------------



MEMORIA DE CÁLCULO



Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia que se expone a continuación.

Cumplimiento de las siguientes condiciones de diseño del apartado 2 relativas a los elementos constructivos:

a) muros:

- i) sus características deben corresponder con las especificadas en el apartado 2.1.2 según el *grado de impermeabilidad* exigido en el apartado 2.1.1;
- ii) las características de los puntos singulares del mismo deben corresponder con las especificadas en el apartado 2.1.3;

b) suelos:

- i) sus características deben corresponder con las especificadas en el apartado 2.2.2 según el *grado de impermeabilidad* exigido en el apartado 2.2.1;
- ii) las características de los puntos singulares de los mismos deben corresponder con las especificadas en el apartado 2.2.3;

c) fachadas:

- i) las características de las fachadas deben corresponder con las especificadas en el apartado 2.3.2 según el *grado de impermeabilidad* exigido en el apartado 2.3.1;
- ii) las características de los puntos singulares de las mismas deben corresponder con las especificadas en el apartado 2.3.3;

d) cubiertas:

- i) las características de las cubiertas deben corresponder con las especificadas en el apartado 2.4.2;
- ii) las características de los *componentes* de las mismas deben corresponder con las especificadas en el apartado 2.4.3;
- iii) las características de los puntos singulares de las mismas deben corresponder con las especificadas en el apartado 2.4.4.

Cumplimiento de las condiciones de dimensionado del apartado 3 relativas a los tubos de drenaje, a las canaletas de recogida del agua filtrada en los *muros parcialmente estancos* y a las bombas de achique.

Cumplimiento de las condiciones relativas a los productos de construcción del apartado 4.

Cumplimiento de las condiciones de construcción del apartado 5.

2. DISEÑO.

2.1 Muro.

No se procede a su estudio al no existir muro en el edificio.

2.2 Suelos.

2.2.1 Grado de impermeabilidad.

El *grado de impermeabilidad* mínimo exigido a los suelos que están en contacto con el terreno frente a la penetración del agua de éste y de las escorrentías se obtiene en la tabla 2.3 en función de la presencia de agua que estimamos *BAJA* y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

Tabla 2.3 <i>Grado de impermeabilidad</i> mínimo exigido a los suelos		
Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno	
	$K_s > 10^{-5}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	4
Media	4	3
Baja	2	1

Tendremos un grado de permeabilidad 1 y $K_s \leq 10^{-5}$ cm/s.

2.2.2. Condiciones de las soluciones constructivas.

Las condiciones exigidas a cada *solución constructiva*, en función del tipo de muro, del tipo de suelo, del tipo de intervención en el terreno y del *grado de impermeabilidad*, se obtienen en la tabla 2.4. Las casillas sombreadas se refieren a soluciones que no se consideran aceptables y las casillas en blanco a soluciones a las que no se les exige ninguna condición para los grados de impermeabilidad correspondientes.

		Muro pantalla								
		Suelo elevado			Solera			Placa		
		Sub-base	Inyecciones	Sin intervención	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención
Grado de impermeabilidad	≤1	V1			D1			C2+C3+D1		
	≤2	V1			C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1
	≤3	S3+V1	S3+V1	S3+V1	C1+C2+C3 +D1+P2+S2 +S3	C1+C2+C3 +D1+P2+S2 +S3	C1+C2+C3 +D1+D4+P2 +S2+S3	C1+C2+C3 +D1+D2+D 4+P2+S2+S 3	C1+C2+C3 +D1+D2+P2 +S2+S3	C1+C2+C3 +D1+D2+D 3+D4+P2+S 2+S3
	≤4	S3+V1	D4+S3+V1	D3+D4+S3+ V1	C2+C3+D1 +S2+S3	C2+C3+D1 +S2+S3	C1+C3+I1+ D2+D3+P1+ S2+S3	C2+C3+S2+ S3	C2+C3+D1 +D2+S2+S3	C1+C2+C3 +I1+D1+D2 +D3+D4+P1 +S2+S3
	≤5	S3+V1	D3+D4+S3+ V1		C2+C3+D1 +P2+S2+S3	C2+C3+D1 +P2+S2+S3	C1+C2+C3 +I1+D1+D2 +D3+D4+P1 +P2+S2+S3	C2+C3+P2+ S2+S3	C2+C3+D1 +D2+P2+S2 +S3	C1+C2+C3 +I1+D1+D2 +D3+D4+P1 +P2+S2+S3

Para **grado de impermeabilidad 1**, muro pantalla y solera sin intervenciones, corresponde un tratamiento de constitución del suelo **C2+C3+D1** como se puede ver en la tabla el cual pasamos a definir:

C2+C3+D1: Debe disponerse una capa drenante y una capa filtrante sobre el terreno situado bajo el suelo. En el caso de que se utilice como capa drenante un encachado de piedra de 20 cm de espesor, debe disponerse una lámina de polietileno por encima del encachado y solera de 20 cm de espesor, con mallazo electrosoldado.

2.2.3 Condiciones de los puntos singulares.

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

2.2.3.1 Encuentros del suelo con los muros.

El encuentro del suelo será con el panel prefabricado de hormigón, que a su vez, se encuentra con la acera exterior que rodea el edificio industrial. La impermeabilización de estos encuentros, será subsanada con la colocación de lámina de polietileno antipunzonamiento, que solucionará la impermeabilidad necesaria de estas uniones.

2.2.3.2 Encuentros entre suelos y particiones interiores.

Debido a que en el presente proyecto no se debe impermeabilizar el suelo, no habrá condiciones especiales de tratamiento entre el suelo y los muros de particiones interiores.

2.3 Fachadas.

2.3.1 Grado de impermeabilidad.

El *grado de impermeabilidad* mínimo exigido a las fachadas frente a la penetración de las precipitaciones se obtiene en la tabla 2.5 en función de la *zona pluviométrica de promedios* y del grado de exposición al viento correspondientes al lugar de ubicación del edificio. Estos parámetros se determinan de la siguiente forma:

- la *zona pluviométrica de promedios* se obtiene de la figura 2.4;
- el grado de exposición al viento se obtiene en la tabla 2.6 en función de la altura de coronación del edificio sobre el terreno, de la *zona eólica* correspondiente al punto de ubicación, obtenida de la figura 2.5, y de la clase del entorno en el que está situado el edificio que será E0 cuando se trate de un terreno tipo I, II o III y E1 en los demás casos, según la clasificación establecida en el DB SE:

Terreno tipo I: Borde del mar o de un lago con una zona despejada de agua (en la dirección del viento) de una extensión mínima de 5 km.

Terreno tipo II: Terreno llano sin obstáculos de envergadura.

Terreno tipo III: Zona rural con algunos obstáculos aislados tales como árboles o construcciones de pequeñas dimensiones.

Terreno tipo IV: Zona urbana, industrial o forestal.

Terreno tipo V: Centros de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura.

Tabla 2.5 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas

		<i>Zona pluviométrica de promedios</i>				
		I	II	III	IV	V
Grado de exposición al viento	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
	V3	5	4	3	2	1

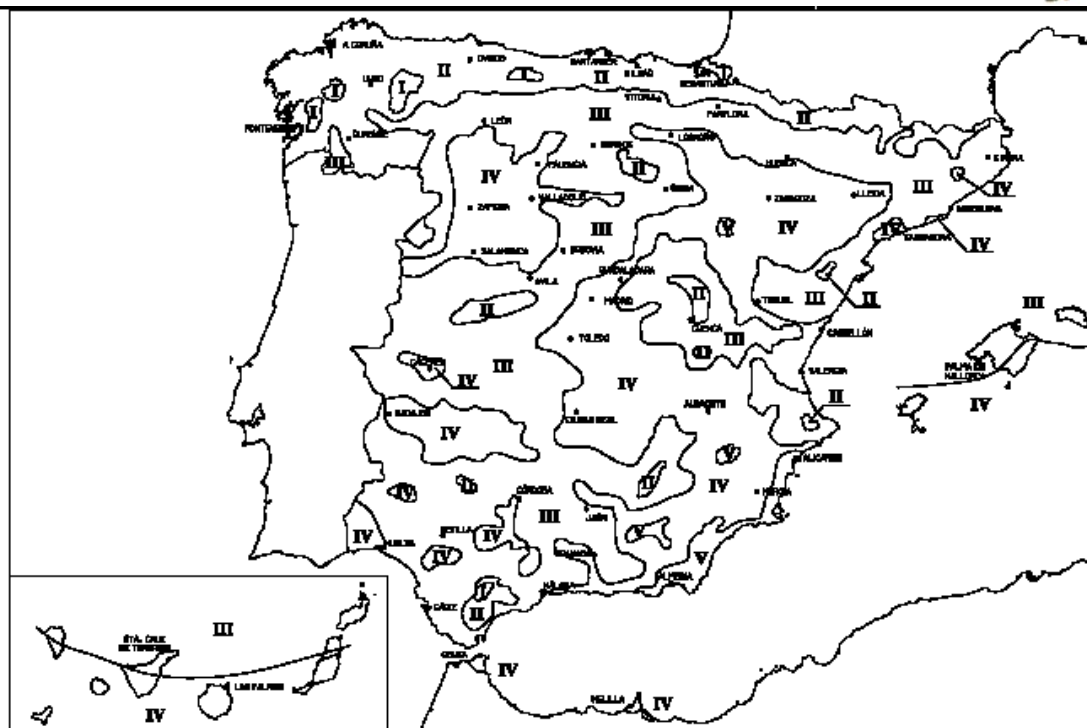


Figura 2.4 Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual

Tabla 2.6 Grado de exposición al viento

		Clase del entorno del edificio					
		E1			E0		
		Zona eólica			Zona eólica		
		A	B	C	A	B	C
Altura del edificio en m	≤15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	16 - 40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
	41 - 100 ⁽¹⁾	V2	V2	V2	V1	V1	V1

⁽¹⁾ Para edificios de más de 100 m de altura y para aquellos que están próximos a un desnivel muy pronunciado, el grado de exposición al viento debe ser estudiada según lo dispuesto en el DB-SE-AE.

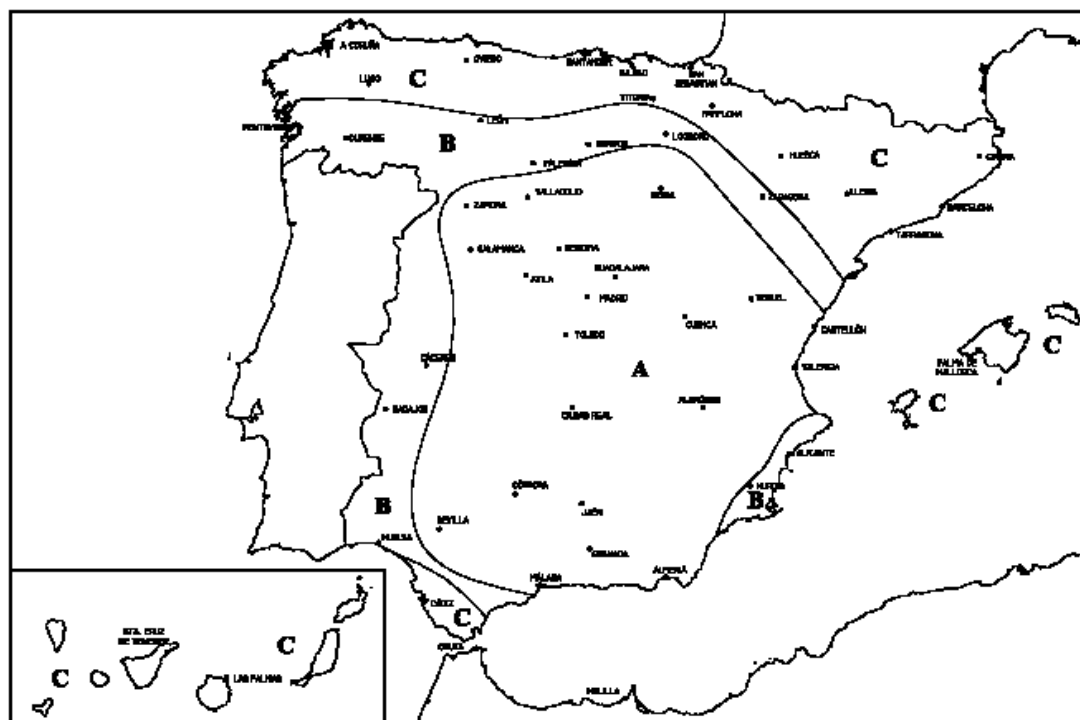


Figura 2.5 Zonas eólicas

Para un tipo de edificación en entorno IV, zona pluviométrica III, grado de exposición del viento V3 y zona eólica A para un edificio de 8 m de altura se establece según las figuras anteriores un grado de impermeabilidad 3.

2.3.2. Condiciones de las soluciones constructivas.

Las condiciones exigidas a cada *solución constructiva* en función de la existencia o no de revestimiento exterior y del *grado de impermeabilidad* se obtienen en la tabla 2.7. En algunos casos estas condiciones son únicas y en otros se presentan conjuntos optativos de condiciones.

Tabla 2.7 Condiciones de las soluciones de fachada

		Con revestimiento exterior	Sin revestimiento exterior
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 ⁽¹⁾	C1 ⁽¹⁾ +J1+N1
	≤2		B1+C1+J1+N1 C2+H1+J1+N1 C2+J2+N2 C1 ⁽¹⁾ +H1+J2+N2
	≤3	R1+B1+C1 R1+C2	B2+C1+J1+N1 B1+C2+H1+J1+N1 B1+C2+J2+N2 B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1 R1+B1+C2 R2+C1 ⁽¹⁾	B2+C2+H1+J1+N1 B2+C2+J2+N2 B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1 B3+C1 R1+B2+C2 R2+B1+C1	B3+C1

⁽¹⁾ Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

Para un grado 3 de impermeabilidad y fachada sin revestimiento exterior, se obtienen varias soluciones constructivas de fachada. Bajo la opinión del proyectista, se escoge la combinación **B2 + C1 + J1 + N1**, cuyas aplicaciones se pasan a detallar.

B2 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia alta a la filtración, por lo que se dota a la fachada un *aislante no hidrófilo* dispuesto por el exterior de la *hoja principal*.

C1 Debe utilizarse al menos una *hoja principal* de espesor medio. Se consideran como tal los paneles prefabricados de hormigón de 12 cm.

J1 Las juntas deben ser al menos de resistencia media a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero sin interrupción.

N1 Debe utilizarse al menos un revestimiento de resistencia media a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con un espesor mínimo de 10 mm.

Todas estas condiciones, son satisfechas por las placas de hormigón pretensadas, que serán las que conformen la fachada del edificio industrial bajo estudio.

Se ejecutará panel prefabricado de hormigón de 12 cm de espesor.

2.3.3 Condiciones de los puntos singulares.

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, así como las de continuidad o discontinuidad relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

2.3.3.1 Juntas de dilatación.

La fachada proyectada con placas de hormigón cumple escrupulosamente la normativa respecto a juntas de dilatación en fachadas, ya que la dimensión de las placas de hormigón prefabricado será como máximo de 2 m de ancho, distancia suficiente para evitar su agrietamiento.

2.3.3.2 Arranque de la fachada desde la cimentación.

Debe disponerse una barrera impermeable de polietileno que cubra todo el espesor de la fachada a más de 15cm por encima del nivel del suelo exterior para evitar el ascenso de agua por capilaridad.

El remate de la barrera impermeable en el exterior de la fachada debe realizarse disponiendo un sellado apropiado.

2.3.3.3 Encuentros de la fachada con los forjados.

No se procede a su estudio al no existir forjados en nuestro edificio.

2.3.3.4 Encuentros de la fachada con los pilares.

En el presente proyecto la fachada será ininterrumpida y toda ella del mismo espesor, 16 cm, por ello no procede el estudio de este apartado.

2.3.3.5 Encuentros de la *cámara de aire ventilada* con los forjados y los dinteles.

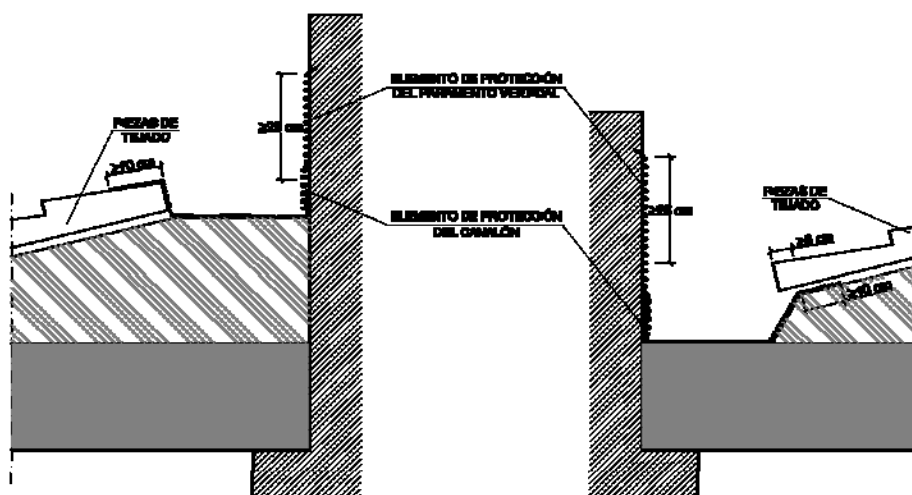
No se procede a su estudio al no existir cámara de aire.

2.3.3.6 Encuentro de la fachada con la carpintería

Como la carpintería esta retranqueada respecto del paramento exterior de la fachada, debe rematarse el alféizar con un vierteaguas con una pendiente de 10°, para evacuar hacia el exterior el agua de lluvia que llegue a él y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo y disponerse un goterón en el dintel para evitar que el agua de lluvia discurra por la parte inferior del dintel hacia la carpintería o adoptarse soluciones que produzcan los mismos efectos.

2.3.3.7 Antepechos y remates superiores de las fachadas

Se adoptaran las medidas oportunas para evacuar el agua de lluvia que llegue a su parte superior y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo o debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.



2.3.3.8 Anclajes a la fachada

Cuando los anclajes de elementos tales como barandillas o mástiles se realicen en un plano horizontal de la fachada, la junta entre el anclaje y la fachada debe realizarse de tal forma que se impida la entrada de agua a través de ella mediante el sellado, un elemento de goma, una pieza metálica u otro elemento que produzca el mismo efecto.

2.3.3.9 Aleros y cornisas

En el presente proyecto no se estima aleros o cornisa alguna, por lo que no se procede el estudio de este punto.

2.4 Cubiertas.

2.4.1 Grado de impermeabilidad

Para las cubiertas el *grado de impermeabilidad* exigido es único e independiente de factores climáticos. Cualquier *solución constructiva* alcanza este *grado de impermeabilidad* siempre que se cumplan las condiciones indicadas a continuación.

2.4.2 Condiciones de las *soluciones constructivas*.

Las cubiertas deben disponer de los elementos siguientes:

Un sistema de formación de pendientes cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y su soporte resistente no tenga la pendiente adecuada al tipo de protección y de impermeabilización que se vaya a utilizar;

Una *barrera contra el vapor* inmediatamente por debajo del *aislante térmico* cuando, según el cálculo descrito en la sección HE1 del DB “Ahorro de energía”, se prevea que vayan a producirse condensaciones en dicho elemento.

Una *capa separadora* bajo el *aislante térmico*, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles;

Un *aislante térmico*, según se determine en la sección HE1 del DB “Ahorro de energía”;

Una *capa separadora* bajo la capa de impermeabilización, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles o la adherencia entre la impermeabilización y el elemento que sirve de soporte en sistemas no adheridos;

Una capa de impermeabilización cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y el sistema de formación de pendientes no tenga la pendiente exigida en la tabla 2.10 o el solapo de las piezas de la protección sea insuficiente;

Una *capa separadora* entre la capa de protección y la capa de impermeabilización, cuando

- i) deba evitarse la adherencia entre ambas capas;
- ii) la impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático;
- iii) se utilice como capa de protección solado flotante colocado sobre soportes, grava, una capa de rodadura de hormigón, una capa de rodadura de aglomerado asfáltico dispuesta sobre una capa de mortero o tierra vegetal; en este último caso además debe disponerse inmediatamente por encima de la *capa separadora*, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante; en el caso de utilizarse grava la *capa separadora* debe ser antipunzonante;

Una *capa separadora* entre la capa de protección y el *aislante térmico*, cuando:

- i) se utilice tierra vegetal como capa de protección; además debe disponerse inmediatamente por encima de esta *capa separadora*, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante;
- ii) la cubierta sea transitable para peatones; en este caso la *capa separadora* debe ser antipunzonante;
- iii) se utilice grava como capa de protección; en este caso la *capa separadora* debe ser filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante;

Una capa de protección, cuando la cubierta sea plana, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida;

Un tejado, cuando la cubierta sea inclinada;

Un sistema de evacuación de aguas, que puede constar de canalones, sumideros y rebosaderos, dimensionado según el cálculo descrito en la sección HS 5 del DB-HS.

2.4.3 Condiciones de los componentes.

2.4.3.1 Sistema de formación de pendientes.

Tabla 2.10 Pendientes de cubiertas inclinadas

Tabla 2.10 Pendientes de cubiertas inclinadas			Pendiente mínima en %	
Protección (1) (2)	Teja (3)	Teja curva	26	
		Teja mixta y plana monocal	30	
		Teja plana marsellesa o alicantina	40	
		Teja plana con encaje	50	
	Pizarra		60	
	Placas y perfiles	Cinc		10
		Fibrocemento	Placas simétricas de onda grande	10
			Placas asimétricas de nervadura grande	10
			Placas asimétricas de nervadura media	25
		Sintéticos	Perfiles de ondulado grande	10
			Perfiles de ondulado pequeño	15
			Perfiles de grecado grande	5
			Perfiles de grecado medio	8
			Perfiles nervados	10
		Galvanizados	Perfiles de ondulado pequeño	15
			Perfiles de grecado o nervado grande	5
			Perfiles de grecado o nervado medio	8
			Perfiles de nervado pequeño	10
			Paneles	5
Aleaciones ligeras		Perfiles de ondulado pequeño	15	
	Perfiles de nervado medio	5		

(1) En caso de cubiertas con varios sistemas de protección superpuestos se establece como pendiente mínima la mayor de las pendientes para cada uno de los sistemas de protección.

(2) Para los sistemas y piezas de formato especial las pendientes deben establecerse de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.

(3) Estas pendientes son para faldones menores a 6,5 m, una situación de exposición normal y una situación climática desfavorable; para condiciones diferentes a estas, se debe tomar el valor de la pendiente mínima establecida en norma UNE 127.100 ("Tejas de hormigón. Código de práctica para la concepción y el montaje de cubiertas con tejas de hormigón") ó en norma UNE 136.020 ("Tejas cerámicas. Código de práctica para la concepción y el montaje de cubiertas con tejas cerámicas").



MEMORIA DE CÁLCULO



La **pendiente establecida en el presente proyecto es del 6,67%**, condición que satisface las pendientes mínimas establecidas por el DB de salubridad, que propone una pendiente mínima del 5% para paneles de cubierta galvanizados.

2.4.3.2 Aislante térmico.

El material del *aislante térmico* debe tener una cohesión y una estabilidad suficiente para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las solicitaciones mecánicas.

Cuando el *aislante térmico* esté en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles; en caso contrario debe disponerse una *capa separadora* entre ellos.

Cuando el *aislante térmico* se disponga encima de la capa de impermeabilización y quede expuesto al contacto con el agua, dicho aislante debe tener unas características adecuadas para esta situación.

2.4.3.3 Capa de impermeabilización.

Se utilizara para la cubierta placa tipo sándwich de 20 mm de espesor, material que realizara el mismo efecto que una capa impermeabilización.

2.4.4 Condiciones de los puntos singulares.

2.4.4.1 Cubiertas inclinadas.

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

2.4.4.1.1 Encuentro de la cubierta con un paramento vertical.

No se proyectan encuentro alguno del panel tipo sándwich que conforma la cubierta con ningún parámetro vertical.

2.4.4.1.2 Alero.

En el presente proyecto no se instalarán aleros de cubierta, por lo que este punto no será sometido a estudio.

2.4.4.1.3 Borde lateral.

Se dispondrán medidas correctoras para llevar a cabo el cumplimiento de la norma, con el objeto de evitar la entrada de humedad y favorecer la impermeabilización. Estas medidas vienen reflejadas en planos de detalle. Las medidas propuestas deben cumplir el siguiente apartado del DB de salubridad.

“En el borde lateral deben disponerse piezas especiales que vuelen lateralmente más de 5 cm o baberos protectores realizados in situ. En el último caso el borde puede rematarse con piezas especiales o con piezas normales que vuelen 5 cm.”

2.4.4.2.4 Limahoyas.

No se proyectara la existencia de limahoyas.

2.4.4.2.5 Cumbrreras y limatesas.

Se dispondrá de una cumbrera de 2mm de espesor cumpliendo los siguientes especificaciones del DB de salubridad.

En las cumbreras deben disponerse piezas especiales, que deben solapar 5 cm como mínimo sobre las piezas del tejado de ambos faldones.

Las piezas del tejado de la última hilada horizontal superior y las de la cumbrera y deben fijarse.

Cuando no sea posible el solape entre las piezas de una cumbrera en un cambio de dirección o en un encuentro de cumbreras este encuentro debe impermeabilizarse con piezas especiales o baberos protectores.

2.4.4.2.6 Encuentro de la cubierta con *elementos pasantes*.

El encuentro de la cubierta con elementos pasantes como canalones se realizara atendiendo a las siguientes premisas:

La parte superior del encuentro del faldón con el *elemento pasante* debe resolverse de tal manera que se desvíe el agua hacia los lados del mismo. En el perímetro del encuentro deben disponerse elementos de protección prefabricados o

realizados in situ, que deben cubrir una banda del *elemento pasante* por encima del tejado de 20 cm de altura como mínimo, este elemento de protección será lamina de *morteplast* pegada al panel para una perfecta impermeabilización.

2.4.4.2.7 Lucernarios.

No se han dispuesto lucernarios en nuestro edificio.

2.4.4.2.8 Anclaje de elementos.

Deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben cubrir una banda del elemento anclado de una altura de 20 cm como mínimo por encima del tejado.

2.4.4.2.9 Canalones.

Para la formación del canalón deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

Los canalones deben disponerse con una pendiente hacia el desagüe del 1% como mínimo.

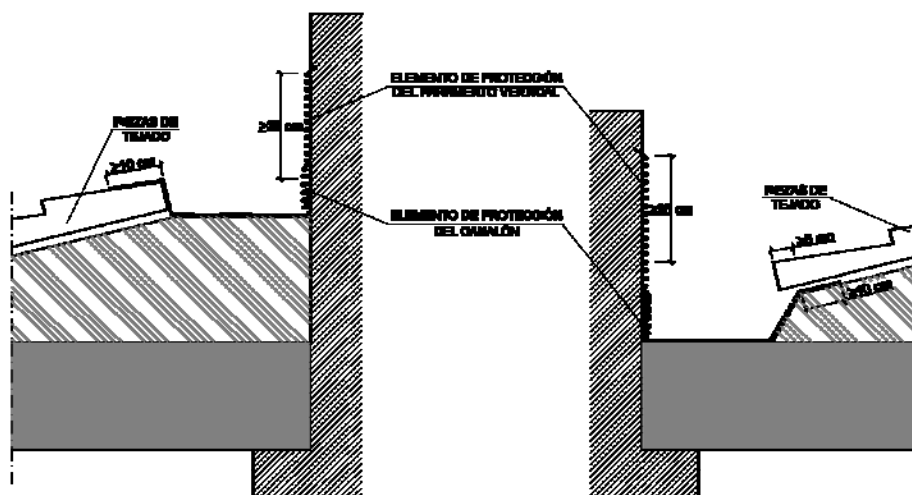
Las piezas del tejado que vierten sobre el canalón deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre el mismo.

Cuando el canalón sea visto, debe disponerse el borde más cercano a la fachada de tal forma que quede por encima del borde exterior del mismo.

Cuando el canalón esté situado junto a un paramento vertical deben disponerse:

- a) cuando el encuentro sea en la parte inferior del faldón, los elementos de protección por debajo de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo (Véase la figura 2.17);
- b) cuando el encuentro sea en la parte superior del faldón, los elementos de protección por encima de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo (Véase la figura 2.17);

c) elementos de protección prefabricados o realizados in situ de tal forma que cubran una banda del paramento vertical por encima del tejado de 25 cm como mínimo y su remate se realice de forma similar a la descrita para cubiertas planas (Véase la figura 2.17).



Cuando el canalón esté situado en una zona intermedia del faldón debe disponerse de tal forma que:

- a) el ala del canalón se extienda por debajo de las piezas del tejado 10 cm como mínimo.
- b) la separación entre las piezas del tejado a ambos lados del canalón sea de 20 cm como mínimo.

3. PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN

3.1 Características exigibles a los productos.

3.1.1 Introducción.

El comportamiento de los edificios frente al agua se caracteriza mediante las propiedades hídricas de los productos de construcción que componen sus cerramientos.

Los productos para aislamiento térmico y los que forman la *hoja principal* de la fachada se definen mediante las siguientes propiedades:

- a) la *succión* o absorción al agua por capilaridad a corto plazo por inmersión parcial (Kg/m^2 , $[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})]^{0,5}$ ó $\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$);
- b) la *absorción* al agua a largo plazo por inmersión total (g/cm^3).

Los productos para la *barrera contra el vapor* se definen mediante la resistencia al paso del vapor de agua ($\text{MN} \cdot \text{s/g}$ ó $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/mg}$).

Los productos para la impermeabilización se definen mediante las siguientes propiedades, en función de su uso:

- a) estanquidad;
- b) resistencia a la penetración de raíces;
- c) envejecimiento artificial por exposición prolongada a la combinación de radiación ultravioleta, elevadas temperaturas y agua;
- d) resistencia a la fluencia ($^{\circ}\text{C}$);
- e) estabilidad dimensional (%);
- f) envejecimiento térmico ($^{\circ}\text{C}$);
- g) flexibilidad a bajas temperaturas ($^{\circ}\text{C}$);
- h) resistencia a la carga estática (kg);
- i) resistencia a la carga dinámica (mm);
- j) alargamiento a la rotura (%);
- k) resistencia a la tracción (N/5cm).

3.1.2 Componentes de la hoja principal de fachadas.

La hoja principal de la fachada estará compuesta por paneles de hormigón prefabricados

3.1.3 Aislante térmico.

Cuando el aislante térmico se disponga por el exterior de la hoja principal, debe ser *no hidrófilo*.

3.2 Control de recepción en obra de productos.

- 1 En el pliego de condiciones del proyecto deben indicarse las condiciones de control para la recepción de los productos, incluyendo los ensayos necesarios para comprobar que los mismos reúnen las características exigidas en los apartados anteriores.
- 2 Debe comprobarse que los productos recibidos:
 - a) corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto;
 - b) disponen de la documentación exigida;
 - c) están caracterizados por las propiedades exigidas;
 - d) han sido ensayados, cuando así se establezca en el pliego de condiciones o lo determine el director de la ejecución de la obra con el visto bueno del director de obra, con la frecuencia establecida.
- 3 En el control deben seguirse los criterios indicados en el artículo 7.2 de la parte I del CTE.

4 CONSTRUCCIÓN.

En el proyecto se definirán y justificarán las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en dicho proyecto, según lo indicado en el artículo 6 de la parte I del CTE.

4.1 Ejecución.

Las obras de construcción del edificio, en relación con esta sección, se ejecutarán con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7 de la parte I del CTE. En el pliego de condiciones se indicarán las condiciones de ejecución de los cerramientos.



MEMORIA DE CÁLCULO



4.1.1 Suelos.

4.1.1.1 Condiciones de los pasatubos.

No se proyectarán pasatubos en el presente proyecto.

4.1.1.2 Condiciones de las láminas impermeabilizantes.

Las láminas deben aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

Las láminas deben aplicarse cuando el suelo esté suficientemente seco de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.

Las láminas deben aplicarse de tal forma que no entren en contacto materiales incompatibles químicamente.

Deben respetarse en las uniones de las láminas los solapes mínimos prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

La superficie donde va a aplicarse la impermeabilización no debe presentar algún tipo de resaltos de materiales que puedan suponer un riesgo de punzonamiento.

Deben aplicarse imprimaciones sobre los hormigones de regulación o limpieza y las cimentaciones en el caso de aplicar láminas adheridas y en el perímetro de fijación en el caso de aplicar láminas no adheridas.

En la aplicación de las láminas impermeabilizantes deben colocarse bandas de refuerzo en los cambios de dirección.

En la dirección de obra se tendrán en cuenta estos siete condicionantes para una perfecta ejecución.

4.1.1.3 Condiciones de las arquetas.

Deben sellarse todas las tapas de arquetas al propio marco mediante bandas de caucho o similares que permitan el registro.

4.1.1.4 Condiciones del hormigón de limpieza.

- 1 El terreno inferior de las soleras y placas drenadas debe compactarse y tener



MEMORIA DE CÁLCULO



como mínimo una pendiente del 1%.

- 2 Cuando deba colocarse una lamina impermeabilizante sobre el hormigón de limpieza del suelo o de la cimentación, la superficie de dicho hormigón debe allanarse.

4.1.2 Fachadas.

4.1.2.1 Condiciones del *revestimiento exterior*.

Debe disponerse adherido o fijado al elemento que sirve de soporte.

4.1.2.2 Condiciones de los puntos singulares.

Las juntas de dilatación deben ejecutarse aplomadas y deben dejarse limpias para la aplicación del relleno y del sellado.

4.1.3 Cubiertas.

4.1.3.1 Condiciones de la formación de pendientes.

Cuando la formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte de la impermeabilización, su superficie debe ser uniforme y limpia.

4.1.3.2 Condiciones de la *barrera contra el vapor*.

La *barrera contra el vapor* debe extenderse bajo el fondo y los laterales de la capa de *aislante térmico*.

Debe aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación. Estas condiciones **son cumplidas por el panel sándwich**.

4.1.3.3 Condiciones del *aislante térmico*.

El panel sándwich prefabricado, cumplirá las condiciones aislamiento térmico descritas por el Documento básico.

4.1.3.4 Condiciones de la impermeabilización.

Página 187 de 221	NAVE DE ALMACENAMIENTO Y EXPOSICIÓN DE MUEBLES	AUTOR: ÁLVARO BARRIOS FAYULA.
-------------------	---	----------------------------------



MEMORIA DE CÁLCULO



Las láminas deben aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

Cuando se interrumpan los trabajos deben protegerse adecuadamente los materiales.

La impermeabilización debe colocarse en dirección perpendicular a la línea de máxima pendiente.

Las distintas capas de la impermeabilización deben colocarse en la misma dirección y a cubrejuntas.

Los solapes deben quedar a favor de la corriente de agua y no deben quedar alineados con los de las hileras contiguas.

4.1.3.5 Condiciones de la cámara de aire ventilada.

Durante la construcción de la cubierta debe evitarse que caigan cascotes, rebabas de mortero y suciedad en la cámara de aire.

4.2 Control de la ejecución.

El control de la ejecución de las obras se realizará de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anejos y modificaciones autorizados por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.

Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles y con la frecuencia de los mismos establecida en el pliego de condiciones del proyecto.

Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución de la obra quedará en la documentación de la obra ejecutada sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en este Documento Básico.

4.3 Control de la obra terminada.

En el control se seguirán los criterios indicados en el artículo 7.4 de la parte I del CTE. En esta sección del DB no se prescriben pruebas finales.

5. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN.

Deben realizarse las operaciones de mantenimiento que, junto con su periodicidad, se incluyen en la tabla 6.1 y las correcciones pertinentes en el caso de que se detecten defectos.

Tabla 6.1 Operaciones de mantenimiento		
	Operación	Periodicidad
Muros	Comprobación del correcto funcionamiento de los canales y bajantes de evacuación de los muros parcialmente estancos	1 año ⁽¹⁾
	Comprobación de que las aberturas de ventilación de la cámara de los muros parcialmente estancos no están obstruidas	1 año
	Comprobación del estado de la impermeabilización interior	1 año
Suelos	Comprobación del estado de limpieza de la red de drenaje y de evacuación	1 año ⁽²⁾
	Limpieza de las arquetas	1 año ⁽²⁾
	Comprobación del estado de las bombas de achique, incluyendo las de reserva, si hubiera sido necesarias su implantación para poder garantizar el drenaje	1 año
	Comprobación de la posible existencia de filtraciones por fisuras y grietas	1 año
Fachadas	Comprobación del estado de conservación del revestimiento: posible aparición de fisuras, desprendimientos, humedades y manchas	3 años
	Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares	3 años
	Comprobación de la posible existencia de grietas y fisuras, así como desplomes u otras deformaciones, en la hoja principal	5 años
	Comprobación del estado de limpieza de las llagas o de las aberturas de ventilación de la cámara	10 años
Cubiertas	Limpieza de los elementos de desagüe (sumideros, canalones y rebosaderos) y comprobación de su correcto funcionamiento	1 año ⁽¹⁾
	Recolocación de la grava	1 año
	Comprobación del estado de conservación de la protección o tejado	3 años
	Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares	3 años

⁽¹⁾ Además debe realizarse cada vez que haya habido tormentas importantes.

⁽²⁾ Debe realizarse cada año al final del verano.

SECCIÓN HS 2. RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS.

Se ubicará un compactador de cartón, en las proximidades de la nave que será recogido por un gestor autorizado. Se deberá tener en cuenta por el redactor del proyecto de actividad ya que el objeto de nuestro proyecto es de la obra civil.



MEMORIA DE CÁLCULO



SECCIÓN HS 3. CALIDAD DEL AIRE.

1 GENERALIDADES.

1.1 Ámbito de aplicación.

Esta sección se aplica, en los edificios de viviendas, al interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y, en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes. Se considera que forman parte de los aparcamientos y garajes las zonas de circulación de los vehículos.

Para *locales* de otros tipos la demostración de la conformidad con las exigencias básicas debe verificarse mediante un tratamiento específico adoptando criterios análogos a los que caracterizan las condiciones establecidas en esta sección.

1.2 Procedimiento de verificación.

Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación.

Cumplimiento de las condiciones establecidas para los caudales del apartado 2.

Cumplimiento de las condiciones de diseño del sistema de ventilación del apartado 3:

- a) para cada tipo de *local*, el tipo de ventilación y las condiciones relativas a los medios de ventilación, ya sea natural, mecánica o híbrida;
- b) las condiciones relativas a los elementos constructivos siguientes:
 - i) aberturas y bocas de ventilación;
 - ii) *conductos de admisión*;
 - iii) *conductos de extracción para ventilación híbrida*;
 - iv) *conductos de extracción para ventilación mecánica*;
 - v) *aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores*;
 - vi) ventanas y puertas exteriores.

Cumplimiento de las condiciones de dimensionado del apartado 4 relativas a los elementos constructivos.

Cumplimiento de las condiciones de los productos de construcción del apartado 5.

Cumplimiento de las condiciones de construcción del apartado 6.

Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento y conservación del apartado 7.

2.CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS.

El *caudal de ventilación* mínimo para los *locales* se obtiene en la tabla 2.1 teniendo en cuenta las reglas que figuran a continuación.

El número de ocupantes se considera igual,

- a) en cada dormitorio individual, a uno y, en cada dormitorio doble, a dos;
- b) en cada comedor y en cada sala de estar, a la suma de los contabilizados para todos los dormitorios de la vivienda correspondiente.

En los *locales* de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor.

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
		Por ocupante	Por m^2 útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por <i>local</i>
	Cocinas		2 ⁽¹⁾	50 por <i>local</i> ⁽²⁾
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

⁽¹⁾ En las cocinas con sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas este caudal se incrementa en 8 l/s.

⁽²⁾ Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Tendremos en cuenta la norma UNE 100011 del RITE para saber cuanto es nuestro caudal de ventilación, ya que en el C.T.E no se especifica el caudal de ventilación para el uso de nuestro edificio.

El caudal de ventilación será de 3 l/s por m^2 de almacenamiento, en nuestro caso la superficie total de nave es de 800 m^2 el caudal total necesario de ventilación será de 2400 l/s.

Será necesario dos ventiladores estáticos MPM 250.

La parte de exposición llevará un estudio de climatización el cual no es

objeto de nuestro estudio.

3 DISEÑO.

3.1 Condiciones generales de los sistemas de ventilación

3.1.1 Aparcamientos y garajes de cualquier tipo de edificio.

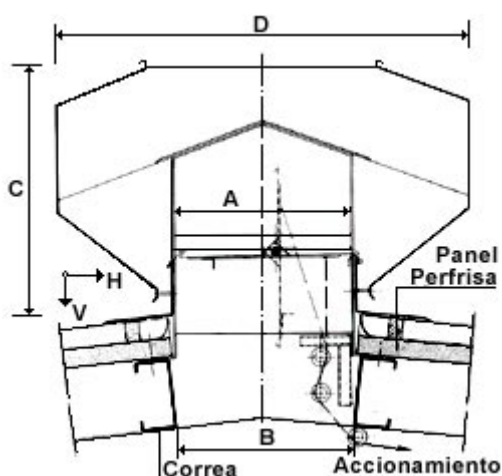
En los aparcamientos y garajes debe disponerse un sistema de *ventilación* que puede ser *natural* o *mecánica*.

3.1.4.1 Medios de ventilación natural.

La ventilación natural, proyectada para el edificio industrial bajo estudio, estará compuesta únicamente por la ventilación proporcionada por el portón principal y las ventanas y puerta perteneciente a las oficinas.

3.1.4.2 Medios de ventilación mecánica

La ventilación mecánica aportada en el presente proyecto, se basa en la colocación de dos ventiladores estáticos con 25 m de separación, y con capacidad suficiente para la ventilación de los 800 m² del edificio industrial.



Tipos	A	B	C	D	H	V
MPM 250	250	250	350	600	-	50
MPM 500	500	500	670	1.100	-	100

Salto térmico $t_i - t_a$ °C	Salto piezométrico Hm.	Caudal por m ² superficie de salida M ³ h
4	4	2.200
	5	2.500
	6	2.700
6	4	2.700
	5	3.050
	6	3.300



MEMORIA DE CÁLCULO



El ventilador estático dimensionado para el presente proyecto, será MPM 250, cuyas dimensiones y características vienen reflejadas en las tablas anteriores.

3.2 Condiciones particulares de los elementos.

Las condiciones particulares de los elementos de ventilación mecánica del presente proyecto, vienen reflejadas en el apartado anterior para los ventiladores estáticos instalados.

3.2.1 Ventanas y puertas exteriores.

Las ventanas y puertas exteriores que se dispongan para la ventilación natural complementaria deben estar en contacto con un espacio que tenga las mismas características que el exigido para las *aberturas de admisión*.

4 DIMENSIONADO.

4.1 Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores.

No se procede a su dimensionado ya que no se va hacer uso de ellos.

5. PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN.

5.1 Características exigibles a los productos.

De forma general, todos los materiales que se vayan a utilizar en los sistemas de ventilación deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) lo especificado en los apartados anteriores;
- b) lo especificado en la legislación vigente;
- c) que sean capaces de funcionar eficazmente en las condiciones previstas de servicio.

5.2 Control de recepción en obra de productos.

Página 193 de 221	NAVE DE ALMACENAMIENTO Y EXPOSICIÓN DE MUEBLES	AUTOR: ÁLVARO BARRIOS FAYULA.
-------------------	---	----------------------------------



MEMORIA DE CÁLCULO



En el pliego de condiciones del proyecto deben indicarse las condiciones particulares de control para la recepción de los productos, incluyendo los ensayos necesarios para comprobar que los mismos reúnen las características exigidas en los apartados anteriores.

Debe comprobarse que los productos recibidos:

- a) corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto;
- b) disponen de la documentación exigida;
- c) están caracterizados por las propiedades exigidas;
- d) han sido ensayados, cuando así se establezca en el pliego de condiciones o lo determine el director de la ejecución de la obra con el visto bueno del director de obra, con la frecuencia establecida.

En el control deben seguirse los criterios indicados en el artículo 7.2 de la parte I del CTE.

6. CONSTRUCCIÓN.

En el proyecto deben definirse y justificarse las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en dicho proyecto, según lo indicado en el artículo 6 de la parte I del CTE.

6.1 Ejecución.

Las obras de construcción del edificio, en relación con esta Sección, deben ejecutarse con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7 de la parte I del CTE. En el pliego de condiciones deben indicarse las condiciones particulares de ejecución de los sistemas de ventilación.

6.1.1 Aberturas.

Cuando las aberturas se dispongan directamente en el muro debe colocarse un pasamuros cuya sección interior tenga las dimensiones mínimas de ventilación previstas y deben sellarse los extremos en su encuentro con el mismo. Los elementos de protección de las aberturas deben colocarse de tal modo que no se permita la entrada de agua desde el exterior.

Los elementos de protección de las *aberturas de extracción* cuando dispongan de lamas, deben colocarse con éstas inclinadas en la dirección de la circulación del aire.

6.1.2 Sistemas de ventilación mecánicos.

El *aspirador híbrido* o el *aspirador mecánico*, en su caso, debe colocarse aplomado y sujeto al *conducto de extracción* o a su revestimiento.

El sistema de ventilación mecánica debe colocarse sobre el soporte de manera estable y utilizando elementos antivibratorios.

Los empalmes y conexiones deben ser estancos y estar protegidos para evitar la entrada o salida de aire en esos puntos.

6.2 Control de la ejecución.

El control de la ejecución de las obras debe realizarse de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anejos y modificaciones autorizados por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.

Debe comprobarse que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles y con la frecuencia de los mismos establecida en el pliego de condiciones del proyecto.

Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución de la obra debe quedar en la documentación de la obra ejecutada sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en este Documento Básico.

6.3 Control de la obra terminada.

En el control deben seguirse los criterios indicados en el artículo 7.4 de la parte I del CTE. En esta sección del DB no se prescriben pruebas finales.

7. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN.

Página 195 de 221	NAVE DE ALMACENAMIENTO Y EXPOSICIÓN DE MUEBLES	AUTOR: ÁLVARO BARRIOS FAYULA.
-------------------	---	----------------------------------

Deben realizarse las operaciones de mantenimiento que, junto con su periodicidad, se incluyen en la tabla 7.1 y las correcciones pertinentes en el caso de que se detecten defectos.

Tabla 7.1 Operaciones de mantenimiento		
	Operación	Periodicidad
Conductos	Limpieza	1 año
	Comprobación de la estanquidad aparente	5 años
Aberturas	Limpieza	1 año
Aspiradores híbridos, mecánicos, y extractores	Limpieza	1 año
	Revisión del estado de funcionalidad	5 años
Filtros	Revisión del estado	6 meses
	Limpieza o sustitución	1 año
Sistemas de control	Revisión del estado de sus automatismos	2 años

SECCIÓN HS 4. SUMINISTRO DE AGUA.

1. GENERALIDADES.

1.1 Ámbito de aplicación.

Esta sección se aplica a la instalación de suministro de agua en los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE. Las ampliaciones, modificaciones, reformas o rehabilitaciones de las instalaciones existentes se consideran incluidas cuando se amplía el número o la capacidad de los aparatos receptores existentes en la instalación.

1.2 Procedimiento de verificación.

Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:

- Cumplimiento de las condiciones de diseño del apartado 3.
- Cumplimiento de las condiciones de dimensionado del apartado 4.
- Cumplimiento de las condiciones de ejecución, del apartado 5.
- Cumplimiento de las condiciones de los productos de construcción del apartado 6.



MEMORIA DE CÁLCULO



- Cumplimiento de las condiciones de uso y mantenimiento del apartado 7.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE EXIGENCIAS.

2.1 Propiedades de la instalación.

2.1.1. Calidad del agua.

De acuerdo con las premisas establecidas en este apartado, la instalación de suministro de agua cumplirá todos los requisitos de salubridad anteriormente establecidos y el agua cumple lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para consumo humano.

2.1.2 Protección contra retornos.

Se dispondrán sistemas antirretorno para evitar la inversión del sentido del flujo en los puntos que figuran a continuación, así como en cualquier otro que resulte necesario:

- a) después de los contadores;
- b) en la base de las ascendentes;
- c) antes del equipo de tratamiento de agua;
- d) en los tubos de alimentación no destinados a usos domésticos;
- e) antes de los aparatos de refrigeración o climatización.

Las instalaciones de suministro de agua no podrán conectarse directamente a instalaciones de evacuación ni a instalaciones de suministro de agua proveniente de otro origen que la red pública.

En los aparatos y equipos de la instalación, la llegada de agua se realizará de tal modo que no se produzcan retornos.

Los antirretornos se dispondrán combinados con grifos de vaciado de tal forma que siempre sea posible vaciar cualquier tramo de la red.

2.1.3 Condiciones mínimas de suministro

La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que figuran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

- En los puntos de consumo la presión mínima debe ser:
 - a) 100 kPa para grifos comunes;
 - b) 150 kPa para fluxores y calentadores.
- La presión en cualquier punto de consumo no debe superar 500 kPa.
- La temperatura de ACS en los puntos de consumo debe estar comprendida entre 50°C y 65°C. excepto en las instalaciones ubicadas en edificios dedicados a uso exclusivo de vivienda siempre que estas no afecten al ambiente exterior de dichos edificios.

•

El material de las tuberías será de polietileno reticulado, el cual es un material novedoso en el sector, tiene numerosas cualidades que lo hacen muy utilizado y adecuado para instalaciones de fontanería. Algunas de sus características son las siguientes:

- **Excepcionales propiedades térmicas:** El tubo PEX está sometido a pruebas de 1.600 y 8.000 horas a temperaturas de 95°C y presiones de 6/10 atmósferas según la clase de tubo.
- **Resistencia al envejecimiento:** El tubo PEX está continuamente sometido a pruebas de envejecimiento y sus curvas de regresión son claramente superiores al resto de las tuberías.

- **Resistencia a sustancias químicas:** El tubo PEX es resistente a la mayoría de las sustancias químicas empleadas en la industria, en un amplio rango de temperaturas.
- **Resistencia a la abrasión:** El tubo PEX se emplea con éxito en transporte hidráulico neumático de partículas abrasivas en suspensión. Su estructura molecular le aporta una gran resistencia a la abrasión, muy superior al resto de los tubos metálicos o plásticos.
- **Bajas pérdidas de carga:** Debido a su superficie lisa interior, las pérdidas de carga de los tubos PEX son muy bajas.
- **Saludable:** Al no contener aditivos nocivos o elementos extraíbles que puedan afectar el sabor, el tubo PEX está homologado para su utilización en contacto con alimentos y agua potable.
- **Homologaciones:** El tubo PEX está homologado en la mayoría de los países industrializados.
- **Difusión de oxígeno:** Los tubos PEX utilizados en el sistema MICROFLEX tienen un recubrimiento de plástico especial “Eval” para evitar la penetración de oxígeno en el interior del tubo. Su permeabilidad al oxígeno es igual o menor a 0,1 mg/lxl O₂ a 40°C.



El caudal total teniendo en cuenta todos los tipos de aparatos será de 2,51 l/seg. Se va a suponer un coeficiente de simultaneidad del 50 % según las estimaciones de consumo en función del número de trabajadores y de la clientela media aproximada en la zona de exposición.

Con dicho coeficiente de simultaneidad el caudal total necesario será de 1,255 l/seg. Se va a suponer una velocidad de $v = 2\text{m/seg}$.

Las pérdidas de carga de rozamiento se consideran despreciables, solo se consideran las pérdidas de carga debido a los accesorios. Teniendo en cuenta las pérdidas de carga con la fórmula de Darcy-Weissbach y la fórmula del caudal vamos a dimensionar cada uno de los ramales de nuestra instalación, tanto para agua caliente como para agua fría.

$$H_r = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad Q = V \cdot S$$

AGUA FRÍA			AGUA CALIENTE		
Tramo	Q(l/seg)	Ø (mm)	Tramo	Q(l/seg)	Ø (mm)
Acometida	1,255	32	----	----	----
1-A	0,28	16	----	----	----
1-2	0,975	25	1-2	0,28	16
2-3	0,3	16	2-3	0,215	16
2-punto consumo	0,2	16	3-punto-consumo1	0,1325	12
3-punto consumo	0,3	16	3-punto consumo2	0,0825	12
2-4	0,475	20	2-4	0,065	12
4-5	0,25	16	4-5	0,0325	12
4-6	0,225	16	4-6	0,0325	12
5-punto consumo	0,25	16	5-punto consumo	0,0325	12
6-punto consumo	0,225	16	6-punto consumo	0,0325	12

2.1.4 Mantenimiento.

La red de tuberías, contadores, etc. se instalarán de forma que favorezca su mantenimiento de acuerdo con este apartado.

2.2 Ahorra de agua.

Debe disponerse un sistema de contabilización tanto de agua fría como de agua caliente para cada unidad de consumo individualizable.

En las redes de ACS debe disponerse una red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor que 15 m.

En las zonas de pública concurrencia de los edificios, los grifos de los lavabos y las cisternas deben estar dotados de dispositivos de ahorro de agua.

3 DISEÑO.

La instalación de suministro de agua desarrollada en el proyecto del edificio debe estar compuesta de una acometida, una instalación general y, en función de si la contabilización es única o múltiple, de derivaciones colectivas o instalaciones particulares.

3.1 Esquema general de la instalación.

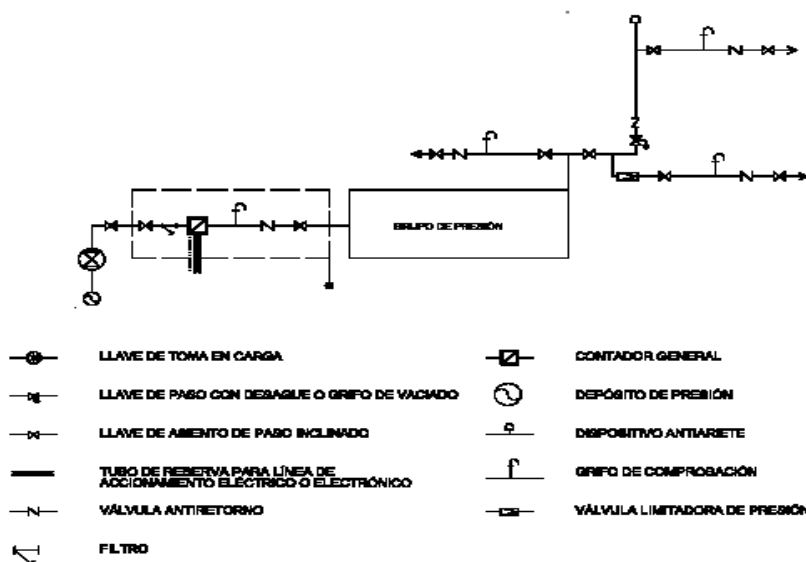


Figura 3.1 Esquema de red con contador general

3.2 Elementos que componen la instalación.

3.2.1 Red de agua fría

3.2.1.1 Acometida

La *acometida* debe disponer, como mínimo, de los elementos siguientes:

- Una llave de toma o un collarín de toma en carga, sobre la tubería de distribución de la red exterior de suministro que abra el paso a la acometida;
- Un tubo de acometida que enlace la llave de toma con la llave de corte general.
- Una llave de corte en el exterior de la propiedad.

3.2.1.2 Instalación particular

Estarán compuestas de los elementos siguientes:

- Una llave de paso situada en el interior de la propiedad particular en lugar accesible para su manipulación.
- Derivaciones particulares, cuyo trazado se realizará de forma tal que las derivaciones a los cuartos húmedos sean independientes. Cada una de estas derivaciones contará con una llave de corte, tanto para agua fría como para agua caliente.
- Ramales de enlace.
- Puntos de consumo, de los cuales, todos los aparatos de descarga, tanto depósitos como grifos, los calentadores de agua instantáneos, los acumuladores, las calderas individuales de producción de ACS y calefacción y, en general, los aparatos sanitarios, llevarán una llave de corte individual.

Estas condiciones mínimas serán cumplidas por la instalación de suministro de agua proyectada.

3.2.1.3 Sistemas de control y regulación de la presión

No se proyecta sistema de control y regulación de la presión alguno, debido a que la red de abastecimiento garantiza la optima presión de abastecimiento.



MEMORIA DE CÁLCULO



3.2.1.4 Sistemas de tratamiento de agua.

No será necesario la instalación de un sistema de tratamiento de agua debido al uso del edificio industrial, y que el agua suministrada por la red de abastecimiento es de calidad para su consumo.

3.2.2 Instalaciones de agua caliente sanitaria (ACS)

3.2.2.1 Distribución

El suministro de agua caliente sanitaria se efectuara con la instalación de un kit solar para la producción de agua caliente sanitaria, el cual, cumplirá las siguientes condiciones.

En el diseño de las instalaciones de ACS deben aplicarse condiciones análogas a las de las redes de agua fría.

No será necesaria la instalación de red de retorno.

El aislamiento de las redes de tuberías, debe ajustarse a lo dispuesto en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE.

3.2.2.2 Regulación y control

En las instalaciones de ACS se regulará y se controlará la temperatura de preparación y la de distribución.

En las instalaciones individuales los sistemas de regulación y de control de la temperatura estarán incorporados a los equipos de producción y preparación. El control sobre la recirculación en sistemas individuales con producción directa será tal que pueda recircularse el agua sin consumo hasta que se alcance la temperatura adecuada.

3.3 Protección contra retornos.

3.3.1 Condiciones generales de la instalación de suministro

La constitución de los aparatos y dispositivos instalados y su modo de instalación deben ser tales que se impida la introducción de cualquier fluido en la instalación y el retorno del agua salida de ella.



MEMORIA DE CÁLCULO



La instalación no puede empalmarse directamente a una conducción de evacuación de aguas residuales.

No pueden establecerse uniones entre las conducciones interiores empalmadas a las redes de distribución pública y otras instalaciones, tales como las de aprovechamiento de agua que no sea procedente de la red de distribución pública.

3.3.2 Puntos de consumo de alimentación directa

En todos los aparatos que se alimentan directamente de la distribución de agua, tales como bañeras, lavabos, bidés, fregaderos, lavaderos, y en general, en todos los recipientes, el nivel inferior de la llegada del agua debe verter a 20 mm, por lo menos, por encima del borde superior del recipiente.

Los rociadores de ducha manual deben tener incorporado un dispositivo antirretorno.

3.4 Separaciones respecto de otras instalaciones.

El tendido de las tuberías de agua fría debe hacerse de tal modo que no resulten afectadas por los focos de calor y por consiguiente deben discurrir siempre separadas de las canalizaciones de agua caliente (ACS o calefacción) a una distancia de 4 cm, como mínimo. Cuando las dos tuberías estén en un mismo plano vertical, la de agua fría debe ir siempre por debajo de la de agua caliente.

Las tuberías deben ir por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30 cm.

Las instalaciones de agua y electricidad, cumplirán estos aspectos en materia de seguridad que propone el DB de salubridad.

4.DIMENSIONADO.

4.1 Reserva de espacio en el edificio.

En los edificios dotados con contador general único se preverá un espacio para un armario o una cámara para alojar el contador general de las dimensiones indicadas en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Dimensiones del armario y de la cámara para el contador general

Dimensiones en mm	Diámetro nominal del contador en mm										
	Armario					Cámara					
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Largo	600	600	900	900	1300	2100	2100	2200	2500	3000	3000
Ancho	500	500	500	500	600	700	700	800	800	800	800
Alto	200	200	300	300	500	700	700	800	900	1000	1000

Se instalará un contador general único de 15mm de diámetro nominal, por tanto, las dimensiones del armario para la instalación del contador serán de 600 x 500 x 200 mm.

4.2 Dimensionado de las redes de distribución.

El dimensionado está en las páginas anteriores.

4.4 Dimensionado de las redes de ACS.

Para las redes de impulsión o ida de ACS se seguirá el mismo método de cálculo que para redes de agua fría, por tanto el diámetro de tubería de abastecimiento al cuarto húmedo y el de las derivaciones a aparatos sanitarios que precisen agua caliente, serán análogos a los de agua fría.

4.5 Dimensionado de los equipos, elementos y dispositivos de la instalación.

4.5.1 Dimensionado de los contadores.

El calibre nominal de los distintos tipos de contadores se adecuará, tanto en agua fría como caliente, a los caudales nominales y máximos de la instalación.

Como ya se ha apuntado anteriormente, se instalara un contador general único de 20mm de diámetro nominal.

4.5.2 Cálculo del grupo de presión

No se proyectarán en la instalación grupo de presión alguno.

4.5.3 Cálculo del *diámetro nominal* del reductor de presión



MEMORIA DE CÁLCULO



No se proyectarán mecanismos de reducción de presión, ya que la presión obtenida de la red es lo suficientemente óptima para la no instalación de estos dispositivos.

4.5.4 Dimensionado de los sistemas y equipos de tratamiento de agua

No se proyectarán sistema de tratamiento de agua alguno, ya que la calidad del agua proporcionada por la red de abastecimiento, es la apropiada para consumo humano.

5. CONSTRUCCIÓN.

5.2 Puesta en servicio.

Se realizarán todas las pruebas y comprobaciones de acuerdo con lo establecido.

6. PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN.

Se instalarán en toda la red de fontanería tubos de cobre, según Norma UNE-EN1057:1996

7. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN.

Se realizarán todas las operaciones de mantenimiento exigidas por el C.T.E.

SECCIÓN HS 5. EVACUACIÓN DE AGUAS.

1.GENERALIDADES.

1.1 Ámbito de aplicación.

Esta Sección se aplica a la instalación de evacuación de *aguas residuales* y *pluviales* en los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE. Las ampliaciones, modificaciones, reformas o rehabilitaciones de las instalaciones existentes se consideran incluidas cuando se amplía el número o la capacidad de los aparatos receptores existentes en la instalación. La nave en estudio entra dentro del ambiente de aplicación de este DB.



MEMORIA DE CÁLCULO



1.2 Procedimiento de verificación.

Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación.

- a) Cumplimiento de las condiciones de diseño del apartado 3.
- b) Cumplimiento de las condiciones de dimensionado del apartado 4.
- c) Cumplimiento de las condiciones de ejecución del apartado 5.
- d) Cumplimiento de las condiciones de los productos de construcción del apartado 6.
- e) Cumplimiento de las condiciones de uso y mantenimiento del apartado 7.

2. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS.

Deben disponerse *cierres hidráulicos* en la instalación que impidan el paso del aire contenido en ella a los locales ocupados sin afectar al flujo de residuos.

Las tuberías de la red de evacuación deben tener el trazado más sencillo posible, con unas distancias y pendientes que faciliten la evacuación de los residuos y ser autolimpiables. Debe evitarse la retención de aguas en su interior. **Por lo que el diámetro mínimo de de las tuberías de desagüe será de 200 mm.**

Los diámetros de las tuberías deben ser los apropiados para transportar los caudales previsibles en condiciones seguras.

Las redes de tuberías deben diseñarse de tal forma que sean accesibles para su mantenimiento y reparación, para lo cual deben disponerse a la vista o alojadas en huecos o patinillos registrables. En caso contrario deben contar con arquetas o registros. La nave en estudio contará con **múltiples arquetas de una forma repartida y equidistante para el acceso a cualquier avería**

Se dispondrán sistemas de ventilación adecuados que permitan el funcionamiento de los *cierres hidráulicos* y la evacuación de gases mefíticos, se dispondrá de **una continuación del desagüe de aguas residuales hasta la cubierta para evitar los molestos gases provenientes del pozo de registro.**



MEMORIA DE CÁLCULO



La instalación no debe utilizarse para la evacuación de otro tipo de residuos que no sean *aguas residuales* o *pluviales*, se prevé un uso razonado de la instalación.

3.DISEÑO.

3.1 Condiciones generales de la evacuación.

Los *colectores* del edificio deben desaguar, preferentemente por gravedad, en el pozo o arqueta general que constituye el punto de conexión entre la instalación de evacuación y la red de alcantarillado público, a través de la correspondiente *acometida*. **En este caso el desagüe se producirá en el pozo de registro, después a la red general.**

Los residuos agresivos industriales requieren un tratamiento previo al vertido a la red de alcantarillado o sistema de depuración.

Los residuos procedentes de cualquier actividad profesional ejercida en el interior de las viviendas distintos de los domésticos, requieren un tratamiento previo mediante dispositivos tales como depósitos de decantación, separadores o depósitos de neutralización. **No se producirá ninguna actividad que requiera ningún tratamiento específico.**

3.2 Configuraciones de los sistemas de evacuación.

Cuando exista una única red de alcantarillado público debe **disponerse un sistema mixto o un sistema separativo con una conexión final de las aguas pluviales y las residuales**, antes de su salida a la red exterior. La conexión entre la red de *pluviales* y la de *residuales* debe hacerse con interposición de un *cierre hidráulico* que impida la transmisión de gases de una a otra y su salida por los puntos de captación tales como calderetas, rejillas o sumideros. Dicho cierre puede estar incorporado a los puntos de captación de las aguas o ser un sifón final en la propia conexión.



MEMORIA DE CÁLCULO



3.3 Elementos que componen las instalaciones.

3.3.1.3 Bajantes y canalones.

Las *bajantes* deben realizarse sin desviaciones ni retranqueos y con diámetro uniforme en toda su altura excepto, en el caso de *bajantes de residuales*, **las únicas bajantes instaladas son las provenientes de las aguas pluviales**, cuando existan obstáculos insalvables en su recorrido y cuando la presencia de inodoros exija un diámetro concreto desde los tramos superiores que no es superado en el resto de la *bajante*.

El diámetro no debe disminuir en el sentido de la corriente, **será un diámetro constante de 150 mm.**

Podrá disponerse un aumento de diámetro cuando acometan a la *bajante* caudales de magnitud mucho mayor que los del tramo situado aguas arriba.

3.3.1.4 Colectores.

Los *colectores* pueden disponerse colgados o enterrados.

3.3.1.4.1 Colectores colgados.

Las *bajantes* deben conectarse mediante piezas especiales, según las especificaciones técnicas del material. No puede realizarse esta conexión mediante simples codos, ni en el caso en que estos sean reforzados.

La conexión de una *bajante de aguas pluviales* al *colector* en los *sistemas mixtos*, debe disponerse separada al menos 3 m de la conexión de la *bajante* más próxima de *aguas residuales* situada aguas arriba.

Deben tener una pendiente del 1% como mínimo.

No deben acometer en un mismo punto más de dos *colectores*.

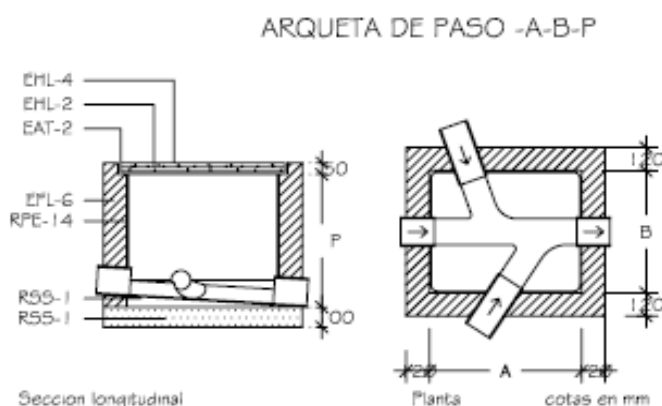
En los tramos rectos, en cada encuentro o acoplamiento tanto en horizontal como en vertical, así como en las derivaciones, deben disponerse registros constituidos por piezas especiales, según el material del que se trate, de tal manera que los tramos entre ellos no superen los 15 m.

3.3.1.4.2 Colectores enterrados

- 1 Los tubos deben disponerse en zanjas de dimensiones adecuadas, tal y como se establece en el apartado 5.4.3., situados por debajo de la red de distribución de agua potable.
- 2 Deben tener una pendiente del 2 % como mínimo.
- 3 La acometida de las *bajantes* y los manguetones a esta red se hará con interposición de una arqueta de pie de bajante, que no debe ser sifónica.
- 4 Se dispondrán registros de tal manera que los tramos entre los contiguos no superen 15 m. **se disponen de arquetas intercaladas para el cumplimiento de esta exigencia.**

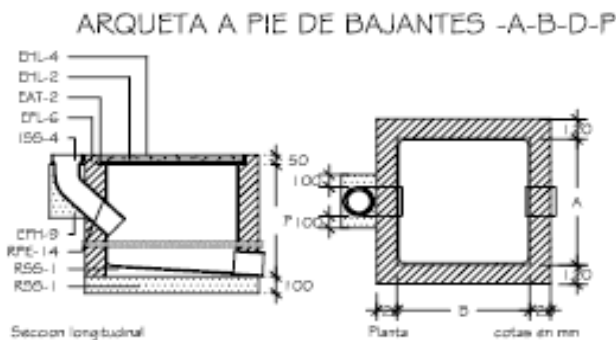
3.3.1.5 Elementos de conexión.

- 1 En redes enterradas la unión entre las redes vertical y horizontal y en ésta, entre sus encuentros y derivaciones, debe realizarse con arquetas dispuestas sobre cimiento de hormigón, con tapa practicable, **todas las arquetas son de obra y accesibles.**
- Sólo puede acometer **un colector por cada cara de la arqueta**, de tal forma que el ángulo formado por el *colector* y la salida sea mayor que 90°.



- 2 Deben tener las siguientes características:

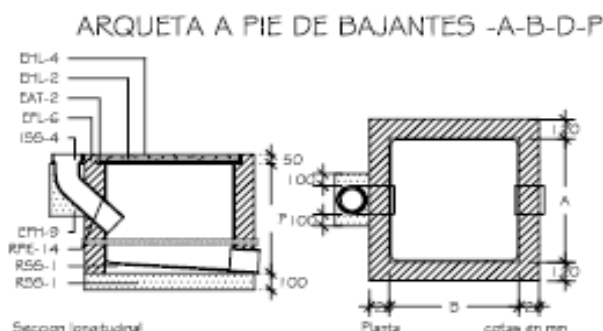
- a) la arqueta a pie de bajante debe utilizarse para registro al pie de las bajantes cuando la conducción a partir de dicho punto vaya a quedar enterrada; no debe ser de tipo sifónico;
- b) en las arquetas de paso deben acometer como máximo tres *colectores*(ver figura)
- c) las arquetas de registro deben disponer de tapa accesible y practicable;
- d) la arqueta de trasdós debe disponerse en caso de llegada al *pozo general* del edificio de más de un *colector*;



3. Al final de la instalación y antes de la *acometida* debe disponerse el *pozo general* del edificio, **se instalará un pozo de registro al final de la instalación.**
4. Cuando la diferencia entre la cota del extremo final de la instalación y la del punto de *acometida* sea mayor que 1 m, debe disponerse un pozo de resalto como elemento de conexión de la red interior de evacuación y de la red exterior de alcantarillado o los sistemas de depuración.
- 5 Los registros para limpieza de *colectores* deben situarse en cada encuentro y cambio de dirección e intercalados en tramos rectos.

2 Deben tener las siguientes características:

- a) la arqueta a pie de bajante debe utilizarse para registro al pie de las bajantes cuando la conducción a partir de dicho punto vaya a quedar enterrada; no debe ser de tipo sifónico;
- b) en las arquetas de paso deben acometer como máximo tres *colectores*(ver figura)
- c) las arquetas de registro deben disponer de tapa accesible y practicable;
- d) la arqueta de trasdós debe disponerse en caso de llegada al *pozo general* del edificio de más de un *colector*;



3 Al final de la instalación y antes de la *acometida* debe disponerse el *pozo general* del edificio, **se instalará un pozo de registro al final de la instalación.**

4 Cuando la diferencia entre la cota del extremo final de la instalación y la del punto de *acometida* sea mayor que 1 m, debe disponerse un pozo de resalto como elemento de conexión de la red interior de evacuación y de la red exterior de alcantarillado o los sistemas de depuración.

5 Los registros para limpieza de *colectores* deben situarse en cada encuentro y cambio de dirección e intercalados en tramos rectos.

3.3.2.2 Válvulas antirretorno de seguridad.

Se dispondrán válvulas antirretorno para evitar inundaciones.

3.3.3 Subsistemas de ventilación de las instalaciones.

Deben disponerse subsistemas de ventilación tanto en las redes de *aguas residuales* como en las de *pluviales*. Se utilizarán subsistemas de *ventilación primaria*, *ventilación secundaria*, *ventilación terciaria* y *ventilación con válvulas de aireación-ventilación en este caso será suficiente con un subsistema de ventilación primaria.*

3.3.3.1 Subsistema de *ventilación primaria*.

Se considera suficiente como único sistema de ventilación en edificios con menos de 7 plantas, o con menos de 11 si la *bajante* está sobredimensionada, y los ramales de desagües tienen menos de 5 m.

Las *bajantes* de *aguas residuales* deben prolongarse al menos 1,30 m por encima de la cubierta del edificio, si esta no es transitable. Si lo es, la prolongación debe ser de



MEMORIA DE CÁLCULO



al menos 2,00 m sobre el pavimento de la misma. **se trata de una cubierta no transitable por lo que la única bajante de agua residual existente se prolongara 1,30m por encima de la cubierta.**

La salida de la *ventilación primaria* no debe estar situada a menos de 6 m de cualquier toma de aire exterior para climatización o ventilación y debe sobrepasarla en altura.

Cuando existan huecos de recintos habitables a menos de 6 m de la salida de la *ventilación primaria*, ésta debe situarse al menos 50 cm por encima de la cota máxima de dichos huecos **.no existen tales huecos.**

La salida de la ventilación debe estar convenientemente protegida de la entrada de cuerpos extraños y su diseño debe ser tal que la acción del viento favorezca la expulsión de los gases.

No pueden disponerse terminaciones de columna bajo marquesinas o terrazas.

4 DIMENSIONADO.

Debe aplicarse un procedimiento de dimensionado para un *sistema separativo*, es decir, debe dimensionarse la red de *aguas residuales* por un lado y la red de *aguas pluviales* por otro, de forma separada e independiente, y posteriormente mediante las oportunas conversiones, dimensionar un *sistema mixto*.

En nuestro caso no se va a proceder a la separación de aguas residuales y pluviales ya que nuestra nave se encuentra en un polígono industrial antiguo cuya red de alcantarillado no está preparada para tal fin.

Debe utilizarse el método de adjudicación del número de unidades de desagüe (UD) a cada aparato sanitario en función de que el uso sea público o privado.

4.1 Dimensionado de la red de evacuación de aguas residuales.

4.1.1 Red de pequeña evacuación de aguas residuales.

4.1.1.1 Derivaciones individuales.

La adjudicación de UD a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de los sifones y las derivaciones individuales correspondientes se establecen en la tabla 4.1 en función del uso.

Para los desagües de tipo continuo o semicontinuo, tales como los de los equipos de climatización, las bandejas de condensación, etc., debe tomarse 1 UD para 0,03 dm³/s de caudal estimado.

Tabla 4.1 UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	5	100	100
	Con fluxómetro	10	100	100
Urinario	Pedestal	4	-	50
	Suspendido	2	-	40
	En batería	3,5	-	-
Fregadero	De cocina	6	40	50
	De laboratorio, restaurante, etc.	2	-	40
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	8	-	100
Fuente para beber	-	0,5	-	25
Sumidero sifónico	1	3	40	50
Lavavajillas	3	6	40	50
Lavadora	3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	-	100	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	-	100	-

Los diámetros indicados en la tabla 4.1 se consideran válidos para ramales individuales cuya longitud sea igual a 1,5 m. Para ramales mayores debe efectuarse un cálculo pormenorizado, en función de la longitud, la pendiente y el caudal a evacuar.

El diámetro de las conducciones no debe ser menor que el de los tramos situados aguas arriba.

Para el cálculo de las UD's de aparatos sanitarios o equipos que no estén incluidos en la tabla 4.1, pueden utilizarse los valores que se indican en la tabla 4.2 en función del diámetro del tubo de desagüe:

Tabla 4.2 UD's de otros aparatos sanitarios y equipos

Diámetro del desagüe (mm)	Unidades de desagüe UD
32	1
40	2
50	3
60	4
80	5
100	6

4.1.1.2 Botes sifónicos o sifones individuales.

Los sifones individuales deben tener el mismo diámetro que la válvula de desagüe conectada. Los botes sifónicos deben tener el número y tamaño de entradas adecuado y una altura suficiente para evitar que la descarga de un aparato sanitario alto salga por otro de menor altura.

Nuestros botes sifónicos será de 15 cm de diámetro.

USO PRIVADO			USO PUBLICO		
Aparato	UD	D mínimo sifón y derivación individual	Aparato	UD	D mínimo sifón y derivación individual
Lavabo	2	32	Lavabo	2	40
Ducha	3	40	Inodoro	3	100
Urinario	1	----	Urinario	2	50
Inodoro	3	100	----	----	----

4.1.1.3 Ramales colectores.

En la tabla 4.3 se obtiene el diámetro de los ramales colectores entre aparatos sanitarios y la *bajante* según el número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector.

Tabla 4.3 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y <i>bajante</i>			
Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Con 6 UD's y un 2% de pendiente el diámetro adecuado sería 50mm.

4.1.2 Bajantes de aguas residuales.

El dimensionado de las *bajantes* debe realizarse de forma tal que no se rebase el límite de ± 250 Pa de variación de presión y para un caudal tal que la superficie ocupada por el agua no sea mayor que 1/3 de la sección transversal de la tubería.

El diámetro de las *bajantes* se obtiene en la tabla 4.4 como el mayor de los valores obtenidos considerando el máximo número de UD en la *bajante* y el máximo número de UD en cada ramal en función del número de plantas.

Tabla 4.4 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

Según las UD el diámetro podría ser 50mm pero por razones constructivas se elegirá un diámetro de 150 mm para evitar posibles atrancamientos en las bajantes.

Las desviaciones con respecto a la vertical, se dimensionan con el criterio siguiente; si la desviación forma un ángulo con la vertical menor que 45° , no se requiere ningún cambio de sección, **no existen cambios de secciones.**

4.1.3 Colectores horizontales de aguas residuales

Los *colectores* horizontales se dimensionan para funcionar a media de sección, hasta un máximo de tres cuartos de sección, bajo condiciones de flujo uniforme.

El diámetro de los *colectores* horizontales se obtiene en la tabla 4.5 en función del máximo número de UD y de la pendiente.

Tabla 4.5 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	26	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

Según la tabla 4.5 con una pendiente del 2% el diámetro sería de 50mm pero por razones constructivas se dispondrá un diámetro de 200 mm para evitar taponamientos que producirían graves averías en la instalación.

4.4 Dimensionado de las redes de ventilación.

4.5 Accesorios.

Se han dispuesto de dos tipos de arquetas las cuáles se han dimensionado teniendo en cuenta el nº de colectores que llegan a ellas.

Hay tres tipos de arquetas.

ARQUETA	Dimensiones (LxA) cm
Arqueta a pie de bajante	63 x 63
Arqueta de paso	51 x 51

5. CONSTRUCCIÓN.

La instalación de evacuación de *aguas residuales* se ejecutará con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena construcción y a las instrucciones del director de obra y del director de ejecución de la obra.



MEMORIA DE CÁLCULO



RESUMEN ANEJO DE SALUBRIDAD.

SECCIÓN HS 1. PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD.

Suelo:

Se dispondrá de una capa drenante y una capa filtrante sobre el terreno situado bajo el suelo. En el caso de que se utilice como capa drenante un encachado de piedra de 20 cm de espesor, debe disponerse una lámina de polietileno por encima del encachado y solera de 20 cm de espesor, con mallazo electrosoldado.

Fachadas:

Todas estas condiciones, son satisfechas por las placas de hormigón pretensadas, que serán las que conformen la fachada del edificio industrial bajo estudio.

Cubierta:

Se ejecutará cubierta chapa sándwich la cuál cumplirá con todo lo preceptuado en este apartado.

SECCIÓN HS 2. RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS.

Se ubicará un compactador de cartón, en las proximidades de la nave que será recogido por un gestor autorizado.

SECCIÓN HS 3. CALIDAD DEL AIRE.

Serán necesarios dos ventiladores estáticos de 40 V.

En la parte de exposición se dispondrá de ventilación natural, en nuestro caso cumple con el C.T.E, ya que se disponen aperturas en dos partes opuestas del cerramiento y ningún punto dista más de 15 m de la apertura más próxima.

SECCIÓN HS 4. SUMINISTRO DE AGUA.

El material de las tuberías será de polietileno reticulado.

El caudal total teniendo en cuenta todos los tipos de aparatos será de 2,51 l/seg. Se va a suponer un coeficiente de simultaneidad del 50 % según las estimaciones de consumo en función del número de trabajadores y de la clientela media aproximada en la zona de exposición.

Con dicho coeficiente de simultaneidad el caudal total necesario será de 1,255 l/seg.

Se va a suponer una velocidad de $v = 2\text{m/seg.}$

AGUA FRIA			AGUA CALIENTE		
Tramo	Q(l/seg)	Ø (mm)	Tramo	Q(l/seg)	Ø (mm)
Acometida	1,255	32	----	----	----
1-A	0,28	16	----	----	----
1-2	0,975	25	1-2	0,28	16
2-3	0,3	16	2-3	0,215	16
2-punto consumo	0,2	16	3-punto-consumo1	0,1325	12

3-punto consumo	0,3	16	3-punto consumo2	0,0825	12
2-4	0,475	20	2-4	0,065	12
4-5	0,25	16	4-5	0,0325	12
4-6	0,225	16	4-6	0,0325	12
5-punto consumo	0,25	16	5-punto consumo	0,0325	12
6-punto consumo	0,225	16	6-punto consumo	0,0325	12

Se instalará un contador general único de 15mm de diámetro nominal, por tanto, las dimensiones del armario para la instalación del contador serán de 600 x 500 x 200 mm.

SECCIÓN HS 5. EVACUACIÓN DE AGUAS.

USO PRIVADO			USO PUBLICO		
Aparato	UD	D mínimo sifón y derivación individual	Aparato	UD	D mínimo sifón y derivación individual
Lavabo	2	32	Lavabo	2	40
Ducha	3	40	Inodoro	3	100
Urinario	1	----	Urinario	2	50
Inodoro	3	100	----	----	-----

ARQUETA	Dimensiones (LxA) cm
Arqueta a pie de bajante (Tipo 1)	63 x 63
Tipo 2	51 x 51

Tipo de colector	Diámetro (mm)
Bajantes aguas pluviales	150



MEMORIA DE CÁLCULO



Colectores de inodoros	125
Colectores de sanitarios a bote sifónico	50
Colectores entre arquetas de paso	200
Colectores entre bote sumidero	200