

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO TÉCNICO DE UNA NUEVA INSTALACIÓN DE UNA FÁBRICA DE QUESO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MORELLA (CASTELLÓN)

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA
AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

ALUMNO/A: MATTIA CASTRONOVO

TUTOR/A: ANA MARÍA, ALBORS SOROLLA

CO-TUTOR/A: FRANCISCO JAVIER, SÁNCHEZ ROMERO

Curso académico 2018/2019

VALENCIA, 26 DE NOVIEMBRE DE 2018

TÍTULO:

PROYECTO TÉCNICO DE UNA NUEVA INSTALACIÓN DE UNA FÁBRICA DE QUESO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MORELLA (CASTELLÓN)

RESUMEN:

Es objeto de este Trabajo Final de Grado la inscripción en el Registro de Establecimientos Agroalimentarios de una nueva instalación de una fábrica de queso. Se trata de un proyecto técnico en el que se detalla el objeto del proyecto, la legislación aplicable, el titular de la industria, la distribución de las superficies, un programa productivo de materias primas, productos obtenidos, y un cuadro de capacidades anuales. Además, se representa en dicho proyecto la maquinaria que tiene la fábrica, el proceso industrial del producto y su diagrama de flujo. De la misma forma, se desarrolla el cálculo y el diseño de una nave industrial por la producción de queso azul y sus respectivas instalaciones hidráulicas.

La inscripción de una instalación o industria en el R.E.A. es obligatoria para los titulares de empresas con actividades y establecimientos incluidos en el ámbito de aplicación del Reglamento del R.E.A.

PALABRAS CLAVES:

Queso, quesería, proyecto, REA.

ALUMNO/A: MATTIA CASTRONOVO

TUTOR/A: ANA MARÍA, ALBORS SOROLLA

CO-TUTOR/A: FRANCISCO JAVIER, SÁNCHEZ ROMERO

TITLE:

TECHNICAL PROJET FOR A NEW INSTALLATION OF A CHEESE FACTORY IN THE MUNICIPALITY OF MORELLA

SUMMARY:

The subject of this Final Degree Project is the inscription in the Registro de Establecimientos Agroalimentarios of a new installation of a cheese factory. It is a technical project in which is detailed the subject of the project, the applicable legislation, the owner of the industry, the distribution of the surfaces, a production program of raw materials, obtained products, and a table of annual capacities. In addition, the machinery that available in the factory, the industrial process of the product and its flow diagram are represented in said project. In the same way, the calculation and design of an industrial warehouse are developed for the production of blue cheese and its respective hydraulic facilities.

The registration of an installation or industry in the R.E.A. it is mandatory for the owners of companies with activities and establishments included in the scope of application of the Regulation of the R.E.A.

KEY WORDS:

Cheese, cheese factory, project, REA.

ALUMNO/A: MATTIA CASTRONOVO

TUTOR/A: ANA MARÍA, ALBORS SOROLLA

CO-TUTOR/A: FRANCISCO JAVIER, SÁNCHEZ ROMERO

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA Y ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO I: OBRA CIVIL

ANEJO II: INSTALACIÓN DE FONTANERIA Y SANEAMIENTO

DOCUMENTO N° 2: PLANOS

PLANO 1: SITUACIÓN

PLANO 2: EMPLAZAMIENTO

PLANO 3: DISTRIBUCIÓN EN PARCELA

PLANO 4: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

PLANO 5: ALZADO DE LAS FACHADAS

PLANO 6: PLANTA DE CIMENTACIÓN

PLANO 7: SECCIÓN DE LA ZAPATA

PLANO 8: PLANTA DE CUBIERTA

PLANO 9: SECCIÓN CERCHA TIPO

PLANO 10: SECCION MURO PIÑÓN

PLANO 11: INSTALACIÓN AGUA FRIA

PLANO 12: INSTALACIÓN AGUA CALIENTE

PLANO 13: SANEAMIENTO – RED PLUVIALES

PLANO 14: SANEAMIENTO – RED RESIDUALES

DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO TÉCNICO DE UNA NUEVA INSTALACIÓN DE UNA FÁBRICA DE QUESO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MORELLA (CASTELLÓN)

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA
AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

ALUMNO/A: CASTRONOVO MATTIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. ANTECEDENTES | 1 |
| 2. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN | 1 |
| 3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO | 1 |
| 4. COMUNICACIONES Y ACCESOS | 3 |
| 5. PROCESO PRODUCTIVO | 4 |
| 5.1 Materias primas | 4 |
| 5.2 Productos obtenidos | 5 |
| 5.3 Cuadro de capacidades anuales | 5 |
| 5.4 Formas de presentación | 6 |
| 5.5 Canales de comercialización | 6 |
| 5.6 Sistemas de certificación de empresa y/o producto asociado al proceso de producción/comercialización | 7 |
| 6. INSTALACIONES Y MAQUINARIA Y OTROS BIENES DE EQUIPO | 8 |
| 6.1 Descripción de las instalaciones | 8 |
| 6.2 Relación de maquinaria y equipos | 8 |
| 6.3 Otros bienes de equipo | 9 |
| 7. PROCESO INDUSTRIAL | 12 |
| 8. DIAGRAMA DE FLUJO | 14 |
| 9. JUSTIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS | 15 |
| 10. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS | 17 |
| 10.1 Normativa | 17 |
| 10.2 Software | 17 |
| 10.3 Dimensiones | 17 |
| 10.4 Materiales utilizados | 18 |
| 10.5 Definición de la carga | 18 |
| 10.6 Dimensionado de las cerchas | 19 |
| 10.7 Dimensionado de los pilares | 20 |
| 10.8 Dimensionado de las correas | 21 |
| 10.9 Cimentación | 22 |
| 11. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE AGUA FRIA Y DE AGUA CALIENTE | 23 |
| 11.1 Materiales | 23 |
| 11.2 Diseño de la instalación | 23 |
| 11.3 Dimensionado de las conducciones | 24 |

| | | |
|------|--|----|
| 11.4 | Comprobación de presiones..... | 26 |
| 12. | DESCRIPCIÓN DE LA RED DE RECOGIDA Y EVACUACION DE RESIDUOS | 27 |
| 12.1 | Introducción..... | 27 |
| 12.2 | Aguas residuales | 28 |
| 12.3 | Aguas pluviales | 29 |
| 13. | NORMATIVA LEGAL | 30 |
| 13.1 | Industria alimentaria..... | 30 |
| 13.2 | Construcción | 31 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1. | Tabla de actividades y capacidades. | 1 |
| Tabla 2. | Cuadro de materias primas. | 5 |
| Tabla 3. | Cuadro de productos obtenidos. | 5 |
| Tabla 4. | Cuadro de capacidades anuales. | 6 |
| Tabla 5. | Maquinaria e instalaciones. | 8 |
| Tabla 6. | Distribución de superficies. | 16 |
| Tabla 7. | Diseño de la estructura. | 17 |
| Tabla 8. | Materiales utilizados. | 18 |
| Tabla 9. | Acciones constantes. | 18 |
| Tabla 10. | Acciones variables. | 18 |
| Tabla 11. | Axiles obtenidos con el método de los nudos. | 20 |
| Tabla 12. | Perfiles utilizados en la cercha. | 20 |
| Tabla 13. | Perfil utilizado en el pilar. | 21 |
| Tabla 14. | Acciones constantes de las correas. | 21 |
| Tabla 15. | Acciones variables de las correas. | 21 |
| Tabla 16. | Perfil utilizado en las correas..... | 21 |
| Tabla 17. | Dimensiones de la zapata..... | 23 |
| Tabla 18. | Consumo de agua fría. | 24 |
| Tabla 19. | Consumo de agua caliente. | 24 |
| Tabla 20. | Datos de la instalación. | 24 |
| Tabla 21. | Resultados de agua fría. | 25 |
| Tabla 22. | Resultados de agua caliente..... | 25 |
| Tabla 23. | Presiones de agua fría. | 26 |
| Tabla 24. | Presiones de agua caliente. | 27 |
| Tabla 25. | Elementos que componen la red. | 28 |
| Tabla 26. | Diámetro de los colectores. | 28 |
| Tabla 27. | Diámetro de los colectores. | 28 |
| Tabla 28. | Diámetro de los canalones. | 29 |
| Tabla 29. | Diámetro de las bajantes. | 29 |
| Tabla 30. | Diámetro de los colectores. | 29 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1. Localización de la parcela (Fuente: Visor SIGPAC).</i> | 2 |
| <i>Figura 2. Situación de la parcela (Fuente: Visor SIGPAC).</i> | 2 |
| <i>Figura 3. Clasificación del suelo (Fuente: Visor SIGPAC).</i> | 3 |
| <i>Figura 4. Zonificación de la parcela (Fuente: Visor SIGPAC).</i> | 3 |
| <i>Figura 5. Comunicaciones a la parcela (Fuente: Visor SIGPAC).</i> | 4 |
| <i>Figura 6. Producto terminado.</i> | 6 |
| <i>Figura 7. Tanque de almacenamiento.</i> | 9 |
| <i>Figura 8. Pasteurizador.</i> | 10 |
| <i>Figura 9. Caldera.</i> | 10 |
| <i>Figura 10. Hidrolimpiadora.</i> | 11 |
| <i>Figura 11. Bomba de impulsión.</i> | 11 |
| <i>Figura 12. Mesa de drenaje.</i> | 12 |
| <i>Figura 13. Numeración de los números y ángulos utilizados.</i> | 19 |
| <i>Figura 14. Cargas puntuales en los nudos.</i> | 19 |
| <i>Figura 15. Esfuerzos en la zapata.</i> | 22 |
| <i>Figura 16. Dimensiones de la zapata centrada.</i> | 23 |

1. ANTECEDENTES

Morella es un pueblo con una larga tradición de producción de quesos artesanales de varios tipos: desde el requesón, a los de servilleta, de quesos tiernos, o quesos curados y también quesos aromatizados, la mayoría hechos con leche de origen caprina u ovina.

En los últimos años, la iniciativa empresarial morellana ha logrado la elaboración de quesos que han conseguido un gran reconocimiento ganando premios y reconocimientos en ferias y catas de queso de la Comunidad Valenciana, así como en otras comunidades de España y en diversos países internacionales.

Es por ello que se ha proyectado una nueva planta de producción de queso azul en un polígono industrial en el entorno de esta población.

2. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

Es objeto de este Proyecto Final de Grado la Inscripción en el Registro de Establecimientos Agroalimentarios de la Nueva Instalación de una fábrica de queso situada en el polígono industrial de Les Casetes, en el término municipal de Morella. En este trabajo se realiza la propuesta del proceso de elaboración de dicho producto, la maquinaria empleada en dicho proceso, el diseño de la estructura de la nave principal, la instalación de fontanería y saneamiento.

En la Tabla 1 se muestra el código de clasificación para la empresa proyectada, así como su producción anual.

Tabla 1. Tabla de actividades y capacidades.

| Clasificación (CPA) | Actividad | Capacidad |
|---------------------|------------|-------------|
| 15.51.4 | Queso azul | 220,8 t/año |

La empresa en cuestión, está destinada a la producción de un queso azul con leche de vaca, leche de origen distinta de la típica empleada en la zona al no ser de cabra u de oveja. Los animales son criados en zonas cercanas a la fábrica. El motivo es reducir el tiempo de transporte de la leche, asegurando la mayor calidad y conservación y de forma paralela favoreciendo el sector ganadero de la zona.

3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La industria está situada en el municipio de Morella en la provincia de Castellón, Comunidad Valenciana. Se encuentra dentro del polígono industrial de Les Casetes, en las coordenadas UTM X: 746.240 / Y: 4.499.344.

Las actuaciones objeto de este proyecto se ubican en la parcela 01, de la manzana 64951, en el polígono 84 (referencia catastral: 6495101YL4069N00010L), con una superficie de 2315 m².

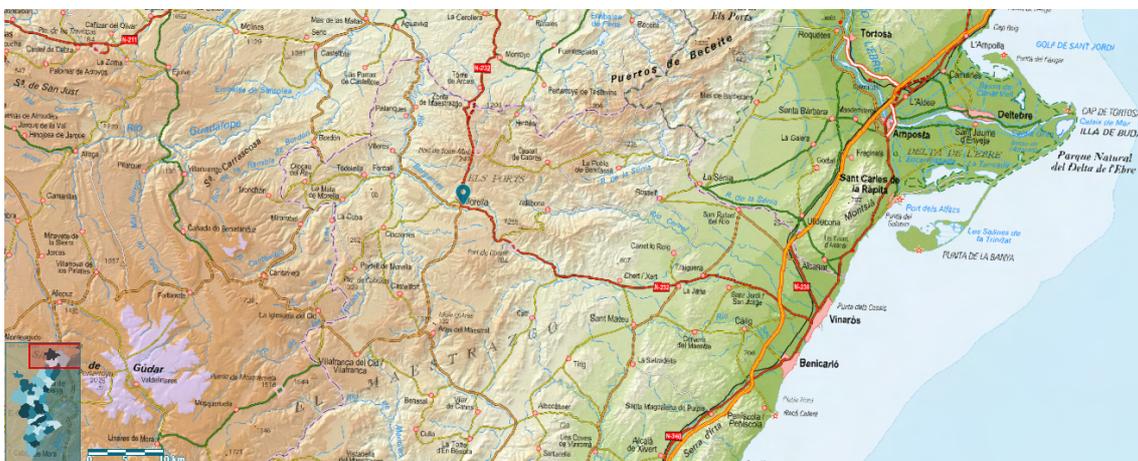


Figura 1. Localización de la parcela (Fuente: Visor SIGPAC).

En la Figura 3, se puede observar como el tipo de suelo en el cual está situado la parcela, se encuentra dentro de la clasificación de suelo urbanizable, por lo que es apta para el uso descrito.

Respecto a la zonificación, como se observa en la Figura 4, la parcela empleada se sitúa en suelo de carácter industrial, apto para la edificación.



Figura 2. Situación de la parcela (Fuente: Visor SIGPAC).



Figura 3. Clasificación del suelo (Fuente: Visor SIGPAC).

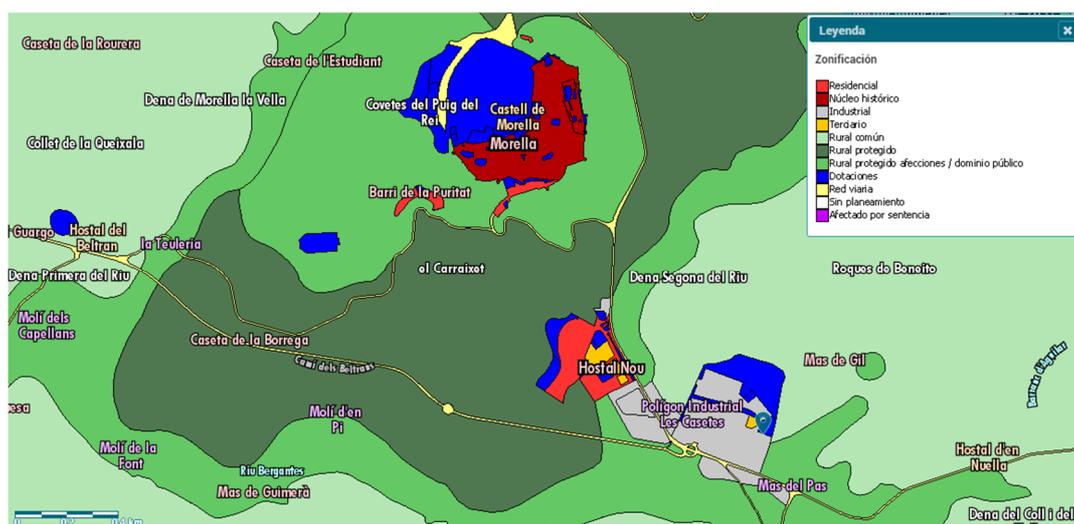


Figura 4. Zonificación de la parcela (Fuente: Visor SIGPAC).

4. COMUNICACIONES Y ACCESOS

Morella se encuentra lejos de las grandes ciudades y por esta razón no dispone de autopistas o de autovías en las cercanías. Las principales vías de comercialización son las siguientes carreteras convencionales:

- N – 232 que se dirige hacia el este en dirección de la costa y hacia el norte en dirección de Aragón. Es la principal vía de comercialización y hace de unión entre el polígono industrial y Morella.
- CV – 14 que se une a este a la carretera mencionada anteriormente y sigue en dirección oeste por el otro lado.

- CV – 12 es una carretera menor que se conecta a la N – 232 desde el sur.

La entrada al polígono industrial comunica directamente con la carretera principal, donde la N – 232 cruza con la CV – 14.

Las autopistas/autovías más cercanas son:

- E – 15 una autopista en la costa este que está a una distancia de alrededor de 57 km.
- CV – 10 una autovía al sur de Morella, a una distancia aproximada de 77 km y que se dirige hacia Valencia.

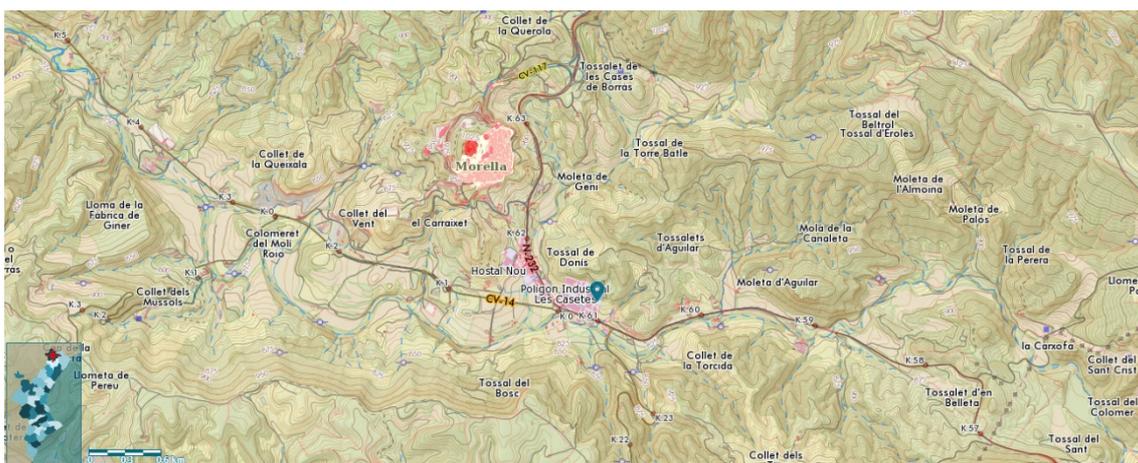


Figura 5. Comunicaciones a la parcela (Fuente: Visor SIGPAC).

5. PROCESO PRODUCTIVO

A continuación, se va a dar una breve explicación sobre la materia prima empleada y los productos obtenidos, además de detallar las cantidades utilizadas en el proceso.

5.1 Materias primas

La leche empleada a lo largo del proceso debe de ser de procedencia exclusiva de vacas criadas en las zonas limítrofes a Morella, además tiene que cumplir con todas las características establecidas por el proveedor (características físico químicas, pH y proporción de calcio) entre otras.

El cuajo utilizado es de origen microbiano, obtenido a partir de la fermentación del microorganismo *Rhizormucor miehei*, el cual es un hongo que produce una enzima coagulante. Tiene una fuerza de 1:30000, por lo tanto, se utilizan 3 ml de cuajo por cada 100 L de leche.

La sal es de origen marina Y se utilizan 16 g de sal por cada kilogramo de queso fresco.

Para la formación de las venas típicas de los quesos azules y para obtener el sabor característico de este tipo de queso se utiliza el moho *Penicillium*. Como todos los mohos, el *Penicillium*, si se mantiene en condiciones óptimas, tiene capacidad reproductiva, por lo que se puede crear un cultivo y emplearlo sucesivamente. Las proporciones empleadas de este moho son de 3 g cada 50 L de leche.

Por último, los fermentos lácticos se compran en sobres de 4,5 g. Para su aplicación se utilizan 0,1 g por cada litro de leche.

En la Tabla 2, se presentan las cantidades de materia prima necesaria por un día de trabajo.

Tabla 2. Cuadro de materias primas.

| Materia prima | Cantidad | Origen | Precio |
|-------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Leche (vaca) | 8000 L/día | Morella | 0,301 €/kg |
| Cuajo | 0,27 L/día | Morella | 450 €/L |
| Sal | 12,8 kg/día | Valencia | 0,1628 €/kg |
| Moho <i>penicillium</i> | 0,48 kg/día | Valencia | 1196,7 €/kg |
| Fermentos lácticos | 0,034 kg/día | Valencia | 930,3 €/kg |

5.2 Productos obtenidos

Como producto final se obtiene 800 kg diarios de queso azul de pasta blanda, en piezas de 6 kg de peso, por un total de 220,8 T de producto en un año.

Se comercializa principalmente en la Comunidad Valenciana, hasta aproximativamente un 60% de las ventas, mientras que el 40% restante se distribuye en las comunidades de Aragón y de Cataluña.

Tabla 3. Cuadro de productos obtenidos.

| Producto obtenido | Cantidad | Destino | Precio |
|--------------------------|-----------------|----------------|---------------|
| Queso Azul | 220,8 T/año | España | 15,40 €/kg |

5.3 Cuadro de capacidades anuales

En la Tabla 4 se recogen los gastos de materia prima en un año.

Tabla 4. Cuadro de capacidades anuales.

| Producto | Cantidad |
|-------------------------|-----------------|
| Leche | 2.208.000 L/año |
| Cuajo | 73,6 L/año |
| Sal | 3532,8 kg/año |
| Moho <i>Penicillium</i> | 132,48 kg/año |
| Fermentos lácticos | 9,49 kg/año |
| Queso azul | 220,8 T/año |

El producto es guardado en cámaras a humedad elevada y baja temperatura, durante los 4 días del auto-prensado, en una sala con capacidad mínima de 540 quesos (cantidad producida en 4 días) y sucesivamente en una cámara aparte, con capacidad de almacenamiento de 5.340 quesos, en la cual se conserva durante los 40 días de curado.

El cuajo, la sal y otros materiales deben de estar guardados en un local destinado únicamente a la conservación de los mismos.

5.4 Formas de presentación

El queso tiene un tamaño de 28 cm de diámetro, 16 cm de altura y un peso de alrededor de 6 kg.

Para que se pueda comercializar, el producto tiene que presentarse en envoltorio de plástico con el sello de la empresa y su respectiva fecha de elaboración.



Figura 6. Producto terminado.

5.5 Canales de comercialización

El limitado espacio del que se dispone, junto con la ausencia de canal de distribución propio, genera la dependencia de un minorista. Por lo tanto, el canal de comercialización es indirecto, ya que, el producto pasa por un intermediario, antes de la llegada al consumidor.



5.6 Sistemas de certificación de empresa y/o producto asociado al proceso de producción/comercialización

ISO 9001 (sistema de gestión de calidad)

Esta certificación tiene el objetivo de mantener bajo control los procesos productivos y comerciales de la empresa, mejorando la efectividad y la eficiencia en la producción del producto y en la prestación del servicio.

ISO 14001 (sistema de gestión ambiental)

La certificación demuestra que la actividad mantiene bajo control el impacto ambiental de sus actividades, buscando sistemáticamente mejoras de manera coherente, efectiva y sobre todo sostenible, mejorando el desempeño ambiental, apoyando así la protección del medio ambiente.

APPCC

La empresa también implementó un sistema de autocontrol según la H.A.C.C.P. Es un sistema de autocontrol de la salud y la higiene que todos los operadores del sector de la producción de alimentos deben establecer para evaluar y estimar los peligros y riesgos y establecer medidas de control para prevenir la aparición de problemas de higiene y salud.

ISO 22000: 2005

Es el estándar de referencia internacional para las empresas que desean certificar su sistema de gestión en el campo de la seguridad alimentaria para garantizar que los productos sean seguros en el momento del consumo humano. La norma ISO 22000 permite a la empresa involucrada en la cadena alimentaria identificar los riesgos de seguridad asociados con sus actividades y gestionarlos de manera preventiva.

BRC

El objetivo principal del estándar BRC es garantizar la seguridad, la legalidad y la calidad de los productos de marca privada. Al imponer un control sistemático de las materias primas, productos terminados, entornos de producción y recursos que interactúan en los procesos.

IFS

Es un estándar nacido para satisfacer las necesidades de seguridad alimentaria, trazabilidad, gestión de calidad, respeto por el medio ambiente, considerado hoy en día por las cadenas minoristas nacionales e internacionales elementos esenciales para un protocolo básico en políticas de compras y para el proceso de selección y evaluación de proveedores.

6. INSTALACIONES Y MAQUINARIA Y OTROS BIENES DE EQUIPO

6.1 Descripción de las instalaciones

Generación de frío

Es importante mantener una baja temperatura en toda la zona de producción para reducir la formación de patógenos y el deterioro de los productos alimentarios. Es necesario conservar los quesos a temperaturas no superiores a los 4 °C, para un correcto curado. Por ello se dispone de salas aisladas de baja temperatura y elevada humedad.

Suministro eléctrico

Es imprescindible que la empresa disponga de un suministro eléctrico para alimentar la maquinaria, las cámaras frigoríficas, la iluminación y todos los otros equipos que lo necesiten.

Acondicionamiento de agua

El agua utilizada para la limpieza de tuberías de transporte de leche y de los equipos utilizados en el proceso, debe cumplir con los criterios sanitarios establecidos por las normativas de calidad.

Iluminación

La industria dispone de iluminación artificial y de iluminación natural en las salas de producción. En las cámaras de conservación únicamente se utiliza luz artificial, ya que han sido eliminadas las ventanas para reducir el riesgo de contaminación desde el exterior, así como, una mayor estabilidad de temperaturas y humedades, reduciendo posibles fugas.

Ventilación

El sistema de ventilación instalado asegura un intercambio de aire sucio con aire limpio sin riesgo de contaminación de patógenos.

6.2 Relación de maquinaria y equipos

Tabla 5. Maquinaria e instalaciones.

| N° orden | Equipos | Potencia | Dimensiones | Cantidad | Año instalación |
|----------|--------------------------|----------|-----------------------------|----------|-----------------|
| 1 | Tanque de almacenamiento | | 5000 L | 4 | 2018 |
| 2 | Pasteurizador HTST | | 2.400 x 900 x 2.200 h mm | 1 | 2018 |
| 3 | Caldera SKH 1500 | 60 kW | 1500 L | 2 | 2018 |
| 4 | Hidrolimpiadora | 7.3 kW | | 1 | 2018 |
| 5 | Bomba de impulsión | | | 2 | 2018 |

| | | | | | |
|----|----------------------------------|--|----------------------------------|-----|------|
| 6 | Máquina de embalaje | | 5,2 x 1,35 x 1,7 h m | 1 | 2018 |
| 7 | Mesa de drenaje | | | 2 | 2018 |
| 8 | Mesa de acero | | | 2 | 2018 |
| 9 | Moldes | | Diámetro 300 mm Altura 160 mm | 700 | 2018 |
| 10 | Tina para la limpieza de equipos | | | 1 | 2018 |
| 11 | Escalera | | 1.205 x 940 x 2.455 h mm | 1 | 2018 |
| 12 | Carrito para el traslado | | | 3 | 2018 |

6.3 Otros bienes de equipo

Tanque de almacenamiento

La empresa dispone de 4 tanques refrigerados para el almacenamiento de la leche. Cada uno de ellos tiene una capacidad de 5000 L, por un total de 20000 L, suficientes para abastecer la industria cada día y al mismo tiempo, disponer de tanques de reserva en caso de roturas, o que sea necesario almacenar la leche por un periodo más largo de lo planeado. Son todos tanques verticales y tienen las mismas dimensiones; diámetro de 2,3 m y una altura de 2,23 m, y disponen de un sistema de refrigeración monitoreado mediante un sistema de control.



Figura 7. Tanque de almacenamiento.

Pasteurizador

Se dispone de un pasteurizador HTST de marca iNOXPA, diseñado para el tratamiento térmico de la leche, que permite eliminar los microorganismos patógenos mediante altas temperaturas durante un corto período de tiempo. Se adapta a las necesidades de la industria, la cual requiere una pasteurización rápida a 72 °C durante 15 segundos.

Al final del proceso, el producto pasa por una fase de enfriado, necesaria para llevar la leche a su temperatura óptima para su tratamiento con fermentos y cuajo.

El pasteurizador tiene capacidad de trabajo que va desde 500 L/h hasta 5.000 L/h. Por lo tanto, el llenado de las calderas de 1000 litros, a la máxima velocidad de trabajo, se efectúa en un tiempo de 12 minutos.



Caldera

Figura 8. Pasteurizador.

Con vistas a una mayor comodidad, ya que no es conveniente trabajar con la caldera llena, además de estar preparados para un posible aumento de producción, se opta por tener dos calderas de tamaño mayor respecto al requerido, con volumen de trabajo de 1500 L de leche.

Se ha elegido la versión profesional que dispone de calefacción eléctrica, con agua caliente o de las dos formas combinadas, eligiendo la calefacción eléctrica.

Presenta una potencia de trabajo de 60 kW y las dimensiones son las siguientes: la anchura (B) de la caldera es de 1,75 m, la altura (E) es de 1,880 m y el diámetro interior (D) es 1,55 m.

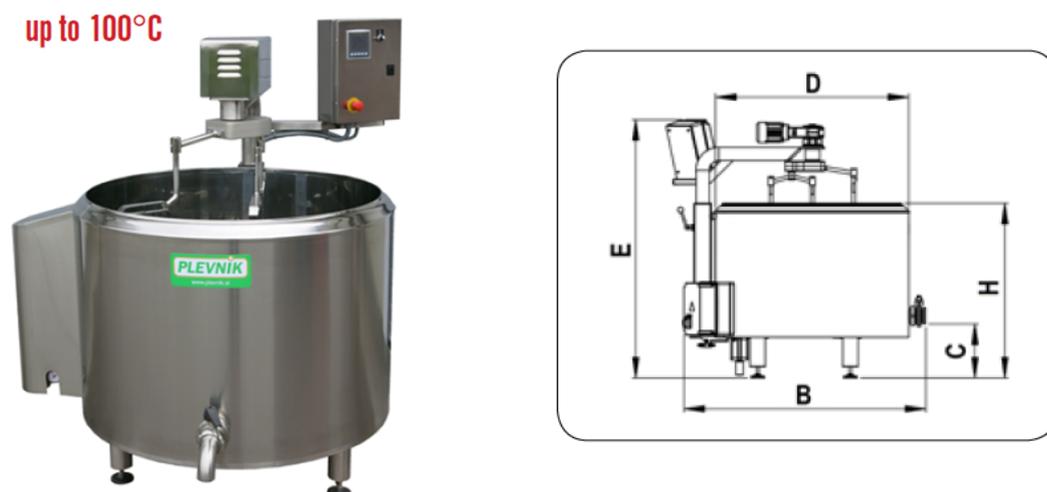


Figura 9. Caldera.

Hidrolimpiadora

Para la limpieza de equipo se ha seleccionado una hidrolimpiadora adecuada a las dimensiones de los equipos a limpiar y a los tiempos de uso.

El modelo empleado es de la serie HOT MODUS 2015 TST de 7,3 kW de potencia y 7,5 HP. La presión del agua de salida es de 200 bar y el caudal de funcionamiento es de 900 L/h.

La elección se justifica en sus dimensiones (88 x 55 cm de anchura y 184 cm de altura) y su facilidad de uso, que simplifica y aligera la limpieza de equipos.



Figura 10. Hidrolimpiadora.

Bomba de impulsión

Para la impulsión de leche desde los tanques de almacenamiento hasta el pasteurizador, y posteriormente hasta las calderas, se utilizan dos bombas de impulsión de igual tamaño.

La bomba elegida es la HYGHSPIN 90, apta para el uso en industria lechera, con diámetro nominal en el eje radial que va desde DN50 hasta DN 100 y en el eje axial desde DN50 hasta DN125 y que puede abastecer caudales que van desde 1 m³/h hasta 80 m³/h.



Figura 11. Bomba de impulsión.

Tina para la limpieza de equipos

Con la finalidad de garantizar la seguridad alimentaria, la limpieza de moldes, así como de todo material que entre en contacto con la materia prima o producto, debe pasar por un correcto lavado.

Para la limpieza de estos elementos se utiliza una tina.

Máquina de embalaje

Como se ha mencionado con anterioridad, para una correcta comercialización es necesario de un determinado embalaje que se realiza mediante la máquina de embalaje FLOWPACK IMBAL-600.

Las dimensiones de esta son: longitud 5,2 m, ancho 1,35 m y altura 1,7 m. Con una producción máxima de 60 - 70 ptes/min.

Otros: mesa de drenaje, mesa de acero, moldes y escalera

- Antes de rellenar los moldes, la cuajada necesita pasar por una mesa de drenaje para eliminar el exceso de suero.
- Las mesas de acero son utilizadas como apoyo para rellenar los moldes entre otras funciones, cuando se requiere.
- Para la correcta colocación de los quesos en las cámaras de curado, la empresa dispone de una escalera con plataforma de trabajo y parapeto, utilizada para alcanzar las zonas más elevadas en la cámara de curado. La escalera en cuestión tiene las siguientes características: 1.205 x 940 x 2.455 h mm, autofrenante con 4 ruedas girables y capacidad de carga 150 kg.
- En el traslado de los quesos se utilizan carritos a 3 pisos con ruedas.
- Para poder responder a la producción diaria son necesarios por lo menos 540 moldes, por lo que se dispone de 700 moldes para sustituirse en caso de rotura u otras incidencias. Todos tienen el mismo tamaño, 30 cm de diámetro y 16 cm de altura.



Figura 12. Mesa de drenaje.

7. PROCESO INDUSTRIAL

Recepción materias primas

Se utilizará exclusivamente leche recién ordeñada que reúna las condiciones precisas de higiene, sanidad y calidad.

Para el control de calidad de la leche, se dispone de una zona especial, para hacer análisis (pH y acidez). Si la materia prima presenta a las características exigidas, se conservará en depósitos de acero refrigerados a una temperatura de 4 °C hasta su uso.

Tratamiento de la leche

La pasteurización es un tratamiento térmico que sirve para reducir la carga bacteriana patógena de la leche, perjudicial para nuestro cuerpo, salvaguardando la carga útil para la fabricación de queso.

En este proceso se recurre a la pasteurización rápida y con temperaturas elevadas, muy eficaz para quesos que no superen los 60 días de curado, como es nuestro caso. Este proceso se obtiene llevando la leche a una temperatura de 72 °C y manteniéndola constante durante 15 segundos.

Coagulación/cuajo

En la leche están presentes proteínas llamadas caseínas que en contacto con las enzimas (pepsina y quimosina) presentes en el cuajo, solidifican. Estas enzimas forman una red que retiene a la mayor parte de sólidos lácteos, glóbulos de grasa, minerales y suero. El cuajo es una fase fundamental para la producción de queso ya que la tasa de coagulación determina el nivel de humedad final del queso que, a su vez, influye en la velocidad del proceso de fermentación.

La leche tratada anteriormente, se enfriará hasta los 30 – 32 °C (rango de temperatura óptimo para los fermentos) y se verterá en la cuba de cuajado, aportándole los fermentos lácticos, que necesitan de al menos 30 minutos para actuar. Además de los fermentos lácticos, se añade esporas del moho *Penicillium*, lo que proporciona al queso el color azul-gris característico. Una vez llenada la caldera, se le añade a la leche el cuajo y se dejará actuar por 30 minutos hasta llegar a la consistencia adecuada para el corte.

Corte de la cuajada y desuerado

Una vez terminada la coagulación, la primera operación es el corte de la cuajada. El momento en el cual se realiza el corte es muy importante, ya que si se deja pasar demasiado tiempo el corte no será limpio y, por lo tanto, no se formarán bien los granos.

Otro factor de gran importancia es el tamaño de los granos. Cuanto más fino sea el corte de la cuajada, más dura será la pasta y más fina será la textura.

En nuestro caso, el corte deja la pasta con granos de gran tamaño que dará como resultado un queso de pasta más blanda y mayor humedad, que permita una mayor uniformidad de las venas formadas a partir del moho *Penicillium*.

Finalmente, se separará el suero sobrante de la cuajada con la ayuda de la mesa de drenaje y se prepara para la siguiente operación.

Salado

El queso se sala a mano directamente en la mesa de drenaje y se mezcla lo más uniformemente posible. Previamente, se pesa la cantidad de sal a añadir (16 g/kg de queso fresco).

Los objetivos del salado son:

- Completar el desuerado a través de un proceso de equilibrio de presión osmótica.
- Regular la actividad microbiológica y enzimática, una elevada concentración de sal reduce la actividad del agua a_w .
- Favorecer la formación de la corteza.
- Función gustativa.

Moldeo/prensado

En este proceso, la cuajada se introduce en moldes para conseguir la forma deseada y, obtener un auto-prensado que elimine el suero sobrante que permanece después del proceso de desuerado.

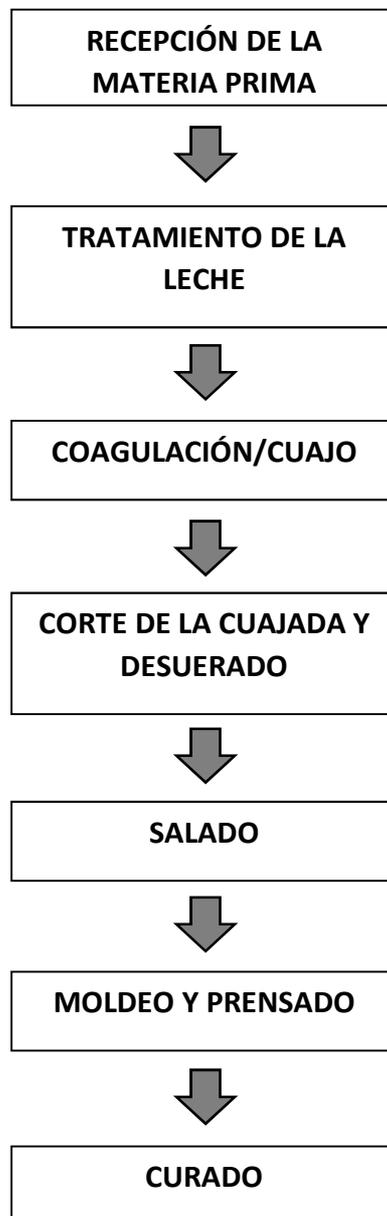
Para obtener un prensado adecuado, el producto se introduce en los moldes cilíndricos durante 4 días. Durante este tiempo, se deja reposar por dos días. Posteriormente se voltea para dejarlo reposar por el otro lado los 2 días restantes.

Curado

El queso se conserva en cámaras durante 40 días, con humedad mayor del 90% y con una temperatura entre 9 y 12 °C.

Una vez transcurrido el tiempo necesario para la maduración y haber pasado el control de calidad, el producto puede ser empaquetado y enviado al cliente.

8. DIAGRAMA DE FLUJO



9. JUSTIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS

Para la distribución de superficie se tiene en cuenta el tamaño de la maquinaria, las exigencias del personal y las necesidades de producción y de almacenamiento.

9.1 Justificación del dimensionado

Sala de producción

Las dimensiones de la sala de producción son determinadas por el tamaño de la maquinaria utilizada en el proceso. En nuestra situación se calcula con respecto a las dimensiones de las dos calderas y del pasteurizador. También se consideran los otros elementos como las dos mesas de drenaje y las dos mesas de acero utilizadas en la producción, el fregadero no doméstico y una hidrolimpiadora, los dos utilizados en la limpieza de maquinaria y de equipos. Teniendo en cuenta estos elementos, las dimensiones de esta sala son de 14 x 14 metros. Además de toda la maquinaria, en la zona de producción está presente una pequeña sala de 2 x 4 metros, utilizada exclusivamente para hacer pruebas de laboratorio con la leche recién llegada.

Almacén de materias primas

En el proceso se utilizan distintas materias primas para obtener el producto deseado y todas deben de estar almacenadas en las correctas condiciones. Las materias primas utilizadas son: cuajo, fermentos lácticos y la sal. Se almacenan todas en la misma sala, con unas dimensiones de 5 x 6 metros.

Cámara de auto-prensado

Esta sala se ha dimensionado para tener suficiente espacio para almacenar el queso por los 4 días de auto prensado. Si consideramos que el queso tiene forma circular de 0,3 metros de anchura y 0,16 metros de altura (se calcula como 0,3 m de altura por cada piso), por un total de 134 quesos al día y 536 quesos para los 4 días de prensado, son necesarios $0,09 \times 536 = 48,2 \text{ m}^2$ de superficie plana para guardar todo el queso. Al no salir rentable almacenar todo el queso en un solo piso de estantería, se ha calculado que en 8 pisos los quesos ocuparían un total de $6,1 \text{ m}^2$, por lo tanto, las dimensiones elegidas para el almacén son de 3,6 x 8 metros equivalentes a $28,8 \text{ m}^2$ de superficie.

Cámara de curado

Para el segundo almacén se ha utilizado el mismo criterio que el primero para el dimensionado. Este almacén debe de tener un tamaño suficiente para almacenar el queso por los 40 días de curado que necesita antes de estar listo para la venta. En total en este segundo almacén se tienen que almacenar unos 5340 quesos, que ocuparían en una superficie plana $0,09 \times 5340 = 480,6 \text{ m}^2$. Igual que antes consideramos una altura de los pisos de la estantería de 0,3 m y si distribuimos el producto en 13 pisos, nos sale un total de 37 m^2 de superficie para una altura de la estantería de 3,9 metros. Si consideramos estas dimensiones, la cámara de curado debe de

tener un tamaño de 8 x 14,4 metros que equivalen a 115,2 m² de superficie para el segundo almacén.

Sala packaging

Al final del proceso es necesario poner algún tipo de embalaje al producto acabado para su transporte y su conservación. Este paso se lleva a cabo en la sala de empaquetamiento desde donde el producto terminado se sale para ser transportado al distribuidor. Esta sala tiene un tamaño de 5 x 8 metros para disponer del espacio suficiente por la maquinaria y el personal.

Vestuario y otras salas

Con respecto al tamaño de la sala de máquinas, se ha dimensionado para poder contener toda la maquinaria necesaria para el funcionamiento de los equipos presentes en la fábrica, con unas dimensiones de 5 x 8 metros.

Por el vestuario y los aseos, las dimensiones se dan por las necesidades del personal, que en este caso al ser de número reducido no requiere de grandes superficies. Es necesario un retrete cada 25 trabajadores y uno cada 15 trabajadoras, por lo tanto, en la empresa se han instalado dos inodoros, dos duchas y dos grifos, suficientes para los 5 trabajadores, en una superficie de 6x8 metros.

Se dispone además de una zona de oficinas, con dimensiones de 5 x 6, equivalentes a una superficie de 30 m².

Por último, se dispone de un pasillo que divide en dos la nave y que conecta todas las salas entre ellas para mantener un flujo del producto sin intersecciones. Mide 2 metros de ancho y recorre toda la nave de un lado a otro con una longitud total de 24 metros.

9.2 Tabla de distribución de superficies

En la siguiente tabla se resumen las dimensiones de la instalación.

Tabla 6. Distribución de superficies.

| DEPENDENCIA | SUPERFICIE (m ²) |
|---|------------------------------|
| Sala de producción (incluye el laboratorio) | 196 |
| Almacén de materias primas | 30 |
| Cámara de auto prensado | 28,8 |
| Cámara de curado | 115,2 |
| Sala packaging | 40 |
| Sala de maquinas | 40 |
| Vestuario y aseos | 48 |
| Oficina | 30 |
| Pasillo | 48 |

10. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

En el siguiente apartado se ha resumido como se han realizado los cálculos del dimensionado de la estructura de la nave. Todos los cálculos detallados se encuentran en el 'ANEJO I – OBRA CIVIL'.

10.1 Normativa

Se han utilizado las siguientes normativas para realizar los cálculos:

- EAE: Instrucción de Acero Estructural
- EHE-08: Instrucción de Hormigón Estructural
- CTE: Código Técnico de la Edificación
 - DB-SE: Seguridad estructural
 - DB-SE AE: Seguridad estructural. Acciones en la edificación
 - DB-SE A: Seguridad estructural. Acero
 - DB-SE C 'Cimientos'

10.2 Software

Para realizar el cálculo y diseño de la estructura de este proyecto se han utilizado los programas SAP200 y AutoCAD.

10.3 Dimensiones

La estructura de la nave está formada por cerchas simples, denominada estructura de tipo Warren. Las dimensiones de la nave son las siguientes:

Tabla 7. Diseño de la estructura.

| | |
|---------------------------|--------|
| Pendiente | 10 % |
| Altura del pilar | 6 m |
| Separación entre correas | 3.01 m |
| Luz | 24 m |
| Separación entre cerchas | 4 m |
| Longitud total de la nave | 24 m |

10.4 Materiales utilizados

Tabla 8. Materiales utilizados.

| |
|--|
| Acero tipo S275JR para toda la estructura |
| Barras de la celosía de tubo cuadrado hueco y acero S275JR |
| Correas de la cubierta de tipo IPE y acero S275JR |
| Pilares tipo HEB y acero S275JR |
| Cubierta de teja árabe |

10.5 Definición de la carga

Para el cálculo de la estructura hay que considerar la carga que tiene que soportar en todo momento sin subir roturas o deformaciones importantes. En ella actúan dos tipos de cargas.

Acciones constantes: aquellas cuya magnitud no varía a lo largo del tiempo.

- Peso de las correas.
- Peso de la estructura (cercha + pilar).
- Peso de la cubierta.
- Otras cargas (Instalaciones interiores, placas solares, etc...).

Acciones variables: estas, a diferencia de las primeras, varían con el tiempo.

- Sobrecarga de uso
- Sobrecarga de nieve
- Carga debida al viento

Tabla 9. Acciones constantes.

| ACCIONES CONSTANTES | PESO (kg·m ²) |
|-----------------------------|---------------------------|
| Correas | 6 |
| Estructura (cercha + pilar) | 24 |
| Cubierta | 40 |
| Otras cargas | 20 |
| <i>TOTAL</i> | <i>90</i> |

Tabla 10. Acciones variables.

| ACCIONES VARIABLES | PESO (kg·m ²) |
|-------------------------|---------------------------|
| Sobrecarga de uso (S) | 40 |
| Sobrecarga de nieve (N) | 90 |
| Viento (V) | n.a. |
| <i>TOTAL</i> | <i>130</i> |

Por último, hay que mayorar la carga con los siguientes coeficientes de mayoración:

- Acciones constantes 1,35
- Acciones variables 1,5

10.6 Dimensionado de las cerchas

Para realizar el cálculo de la cercha es necesario conocer el valor de la carga aplicada en la cubierta, por lo tanto, se procede al cálculo de la carga lineal, para sacar a continuación el valor de la carga puntual aplicada a los nudos superiores y las reacciones en los extremos inferiores.

- Carga lineal (Q) = 1268 kg/m
- Carga puntual (F) = 3804 kg
- Reacciones (R) = 15216 kg

En las siguientes imágenes se representa gráficamente la distribución de las fuerzas y la numeración de los nudos con sus respectivos ángulos.

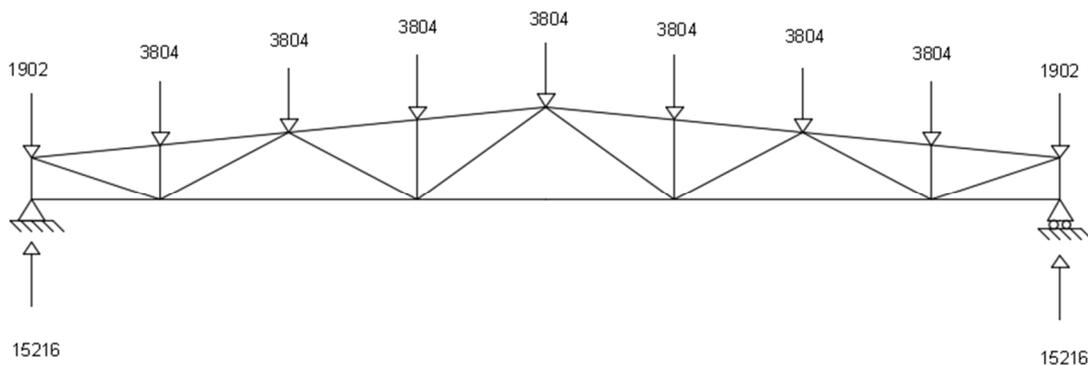


Figura 14. Cargas puntuales en los nudos.

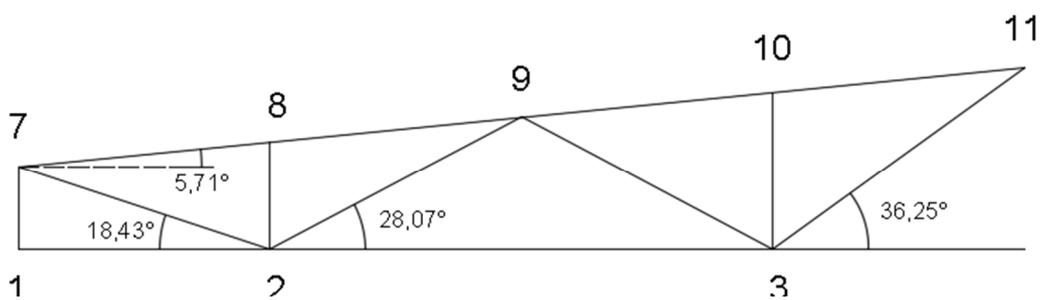


Figura 13. Numeración de los números y ángulos utilizados.

Una vez que se conocen los valores de F y R, se puede continuar con el dimensionado de la cercha. Para ese propósito, se ha utilizado el método de los nudos con el cual se calculan los esfuerzos a los cuales están sometidas las barras.

En la siguiente tabla se detallan las barras que componen la celosía de la estructura, cada una con el esfuerzo a la cual está sometida y si están sujetas a compresión o a tracción.

Tabla 11. Axiles obtenidos con el método de los nudos.

| BARRA | VALOR DE N (kg) | VALOR DE SAP200 | TIPO DE BARRA | COMP/TRAC |
|-------|-----------------|-----------------|------------------|-----------|
| 1-2 | 0.00 | 0,00 | Cordón inferior | - |
| 1-7 | -15216.00 | -15216,00 | Montante inicial | C |
| 7-8 | -30836.00 | -30878,00 | Cordón superior | C |
| 7-2 | 32341.80 | 32386,73 | Diagonal inicial | T |
| 8-2 | -3798.00 | -3804,00 | Montante | C |
| 8-9 | -30836.00 | -30878,00 | Diagonal | C |
| 2-3 | 42734.38 | 42795,19 | Cordón inferior | T |
| 2-9 | -13657.90 | -13679,82 | Diagonal | C |
| 9-10 | -45272,25 | -45272,25 | Cordón superior | C |
| 9-3 | 2552,70 | 2552,70 | Diagonal | T |
| 10-11 | -45272,25 | -45272,25 | Cordón superior | C |
| 10-3 | -3798.00 | -3804,00 | Montante | C |
| 3-4 | 41498,36 | 41498,36 | Cordón inferior | T |
| 3-11 | 4401,27 | 4401,27 | Diagonal | C |

La estructura de la cercha está compuesta por tres partes que se resumen a continuación.

- Armadura: la parte exterior de la celosía.
- Diagonales iniciales: las primeras diagonales en los extremos.
- Montantes y diagonales: el resto de las barras.

Todas las barras que componen la celosía son de tubo cuadrado hueco con el perfil definido a en la tabla a seguir.

Tabla 12. Perfiles utilizados en la cercha.

| ELEMENTO | PERFIL | AREA (cm ²) |
|------------------------|---------|-------------------------|
| ARMADURA | 120 x 6 | 27,14 |
| DIAGONALES INICIALES | 120 x 5 | 22,77 |
| MONTANTES Y DIAGONALES | 80 x 3 | 8,93 |

10.7 Dimensionado de los pilares

En este apartado se expone como se han dimensionado los pilares de la estructura. En el caso de los pilares, que están sometidos a esfuerzos horizontales del viento, se tiene que conocer la localización del lugar de construcción para poder calcular la flexión debida al viento (q_v), dato indispensable para continuar con la comprobación a desplome del pilar.

Una vez hechas las comprobaciones a resistencia, a pandeo y al desplome del pilar, el perfil seleccionado es el siguiente.

Tabla 13. Perfil utilizado en el pilar.

| PERFIL | A (cm ²) | I _y (cm ⁴) | W _y (cm ³) | i _y (cm) | i _z (cm) |
|-----------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| HEB - 260 | 118,4 | 14919 | 1150 | 11,2 | 6,58 |

10.8 Dimensionado de las correas

La diferencia principal en el cálculo de las correas está en la definición de la carga dado que, en este caso, no se tiene en cuenta el peso de la estructura y tampoco el peso de las cargas adicionales supuestas.

Como resultado se obtienen las siguiente acciones constantes y acciones variables.

Tabla 14. Acciones constantes de las correas.

| ACCIONES CONSTANTES | PESO (kg·m ⁻²) |
|---------------------|----------------------------|
| Correas | 6 |
| Cubierta | 40 |
| <i>TOTAL</i> | <i>46</i> |

Tabla 15. Acciones variables de las correas.

| ACCIONES VARIABLES | PESO (kg·m ⁻²) |
|-------------------------|----------------------------|
| Sobrecarga de uso (S) | 40 |
| Sobrecarga de nieve (N) | 90 |
| Viento (V) | n.a. |
| <i>TOTAL</i> | <i>130</i> |

A continuación, se procede con el cálculo de la carga lineal y sucesivamente se calcula el momento que esta ejerce sobre las correas. Una vez se conocen estos valores se puede hacer la comprobación a resistencia y la comprobación a deformación por el siguiente perfil.

Tabla 16. Perfil utilizado en las correas.

| PERFIL | A (cm ²) | I _y (cm ⁴) | W _y (cm ³) |
|-----------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| IPE - 180 | 23,9 | 1320 | 146 |

10.9 Cimentación

En el dimensionado de la zapata se han seguido los tres siguientes pasos:

- Determinación de los esfuerzos
- Estimación de las características del suelo
- Diseño de las dimensiones y comprobación

Los esfuerzos que actúan en la zapata son el momento (M), el cortante (V) y el axil (N) que se encuentran a la base del pilar.

$$M = M_{y,Ed} / \gamma = 3276 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$V = q_v \cdot L_{pilar} / \gamma = 1680 \text{ kg}$$

$$N = R / \text{Factor global} = 10566.67 \text{ kg}$$

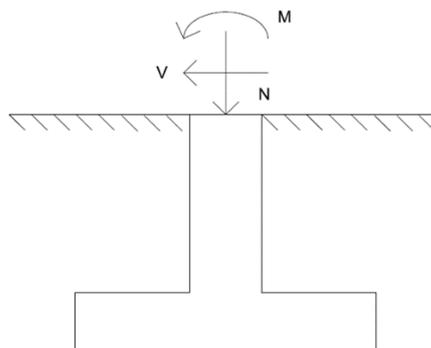


Figura 15. Esfuerzos en la zapata.

En cuanto al tipo de suelo presente en la parcela, es de tipo arcilloso del cual las características se describen en el 'ANEJO I – OBRA CIVIL'.

En el último punto se procede con el dimensionado definiendo unas dimensiones iniciales para a continuación seguir con los siguientes cálculos y comprobar que dichas dimensiones cumplan con los requisitos mínimos:

- Condición de rigidez
- Determinación de pesos
- Comprobación a vuelco
- Comprobación a deslizamiento
- Transmisión de tensiones al terreno
- Comprobación de secciones

Una vez elegidas las dimensiones y hecho las comprobaciones necesarias, se ha determinado que las dimensiones definitivas de la zapata son las que se representan en la tabla 17, con una armadura compuesta por 10 barras de acero distanciadas 21 cm.

Tabla 17. Dimensiones de la zapata.

| DIMENSIONES | |
|----------------|-----|
| a | 1,5 |
| b | 2 |
| a ₀ | 0,7 |
| b ₀ | 0,7 |
| h | 0,6 |
| H | 2 |

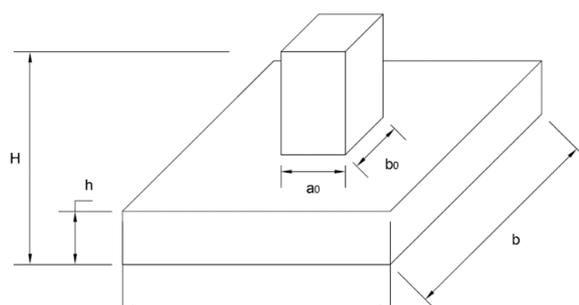


Figura 16. Dimensiones de la zapata centrada.

11. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE AGUA FRIA Y DE AGUA CALIENTE

A continuación, se dará una breve explicación de cómo se ha realizado el diseño de la instalación de agua fría y de agua caliente. Todos los cálculos detallados se encuentran en el 'ANEJO II – INSTALACIÓN DE FONTANERIA Y SANEAMIENTO'.

11.1 Materiales

Para las conducciones se ha optado por el polipropileno PPR100 de presión nominal 20 kg/cm² por las siguientes razones:

- Resistente a las altas presiones y temperaturas.
- Resistente a la corrosión.
- Dúctil (insensible al congelamiento, bajo nivel de ruidos, mejor resistencia a los golpes de ariete).
- Flexibles (Resiste muy bien las Vibraciones).
- Atóxicidad.
- Resistente al impacto.
- Alta Resistencia química.
- Muy baja pérdida de carga.
- Facilidad y Rapidez del Montaje.

11.2 Diseño de la instalación

Para poder empezar los cálculos es necesario conocer los caudales de los elementos que componen la instalación. Para los aparatos sanitarios tomaremos los caudales proporcionados

por el Código Técnico de la Edificación en su documento HS-4, mientras que para los equipos que no estén presente se utiliza el caudal proporcionado por el constructor.

AGUA FRÍA

Tabla 18. Consumo de agua fría.

| APARATOS | NUMERO | GASTO (l/s) | TOTAL (l/s) |
|------------------------------|--------|-------------|-------------|
| Inodoro cisterna | 2 | 0,1 | 0,2 |
| Ducha | 2 | 0,2 | 0,4 |
| Lavabo | 3 | 0,1 | 0,3 |
| Fregadero no domestico | 1 | 0,3 | 0,3 |
| Hidrolimpiadora de presión | 1 | 0,25 | 0,25 |
| Tanque de almacenamiento | 4 | 0,42 | 1,68 |
| Consumo de agua total | | | 3,13 |

AGUA CALIENTE

Tabla 19. Consumo de agua caliente.

| APARATOS | NUMERO | GASTO (l/s) | TOTAL (l/s) |
|------------------------------|--------|-------------|--------------|
| Ducha | 2 | 0,1 | 0,2 |
| Lavabo | 3 | 0,065 | 0,195 |
| Fregadero no domestico | 1 | 0,2 | 0,2 |
| Hidrolimpiadora de presión | 1 | 0,25 | 0,25 |
| Tanque de almacenamiento | 4 | 0,42 | 1,68 |
| Consumo de agua total | | | 2,525 |

11.3 Dimensionado de las conducciones

Otros datos importantes para proceder con el cálculo son la presión de acometida y su cota, la altura de la instalación y la longitud de cada tramo con su respectivo caudal.

Tabla 20. Datos de la instalación.

| | |
|-------------------|----------|
| Presión acometida | 40 m.c.a |
| Velocidad teórica | 2 m/s |
| Cota instalación | 2.5 m |
| Cota acometida | 0 m |

Una vez se conocen los caudales de todos los elementos que componen la red y estos datos adicionales, se puede continuar con el dimensionado de las tuberías aplicando las ecuaciones que se exponen a continuación.

Las dos primeras formulas se utilizan para calcular el caudal y la tercera para la perdida de carga (hr) utilizando la ecuación de Hazen – Williams.

$$Q = v/S$$

$$D = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}}$$

$$hr = 10.62 \cdot (C^{-1.85}) \cdot L \cdot \frac{Q^{1.85}}{Dint^{4.87}}$$

Los resultados se recogen en las tablas que se aquí abajo.

AGUA FRIA

Tabla 21. Resultados de agua fría.

| Tramo | Longitud (m) | Q tramo (l/s) | DN | Velocidad (m/s) | hr (m.c.a) | ΔH (m.c.a) | Hr (m.c.a) |
|-------|--------------|---------------|----|-----------------|------------|--------------------|------------|
| A | 17,5 | 3,13 | 75 | 1,59 | 0,88 | 1,15 | 1,15 |
| B | 7,5 | 0,30 | 25 | 1,39 | 1,06 | 1,38 | 2,53 |
| C | 2,0 | 2,83 | 75 | 1,44 | 0,08 | 0,11 | 1,26 |
| D | 13,0 | 2,58 | 75 | 1,31 | 0,46 | 0,60 | 1,85 |
| E | 2,5 | 2,16 | 63 | 1,56 | 0,15 | 0,19 | 2,05 |
| F | 2,5 | 1,74 | 63 | 1,26 | 0,10 | 0,13 | 2,18 |
| G | 2,5 | 1,32 | 50 | 1,51 | 0,18 | 0,24 | 2,41 |
| H | 5,5 | 0,90 | 40 | 1,62 | 0,60 | 0,78 | 3,19 |
| I | 4,0 | 0,10 | 20 | 0,73 | 0,23 | 0,29 | 3,49 |
| L | 11,5 | 0,80 | 40 | 1,44 | 1,01 | 1,31 | 4,50 |
| M | 1,5 | 0,60 | 32 | 1,70 | 0,23 | 0,30 | 4,80 |
| N | 1,5 | 0,40 | 32 | 1,13 | 0,11 | 0,14 | 4,94 |
| O | 1,5 | 0,30 | 25 | 1,39 | 0,21 | 0,28 | 5,22 |
| P | 4,5 | 0,20 | 20 | 1,46 | 0,92 | 1,19 | 6,42 |
| Q | 1,5 | 0,10 | 20 | 0,73 | 0,08 | 0,11 | 6,53 |

AGUA CALIENTE

Tabla 22. Resultados de agua caliente.

| Tramo | Longitud (m) | Q tramo (l/s) | DN | Velocidad (m/s) | hr (m.c.a) | ΔH (m.c.a) | Hr (m.c.a) |
|-------|--------------|---------------|----|-----------------|------------|--------------------|------------|
| A | 17,5 | 2,53 | 63 | 1,82 | 1,39 | 1,80 | 1,80 |
| B | 7,5 | 0,20 | 25 | 0,92 | 0,50 | 0,65 | 2,46 |

| | | | | | | | |
|---|------|------|----|------|------|------|------|
| C | 2,0 | 2,33 | 63 | 1,68 | 0,14 | 0,18 | 1,98 |
| D | 13,0 | 2,08 | 63 | 1,50 | 0,72 | 0,93 | 2,91 |
| E | 2,5 | 1,66 | 63 | 1,19 | 0,09 | 0,12 | 3,03 |
| F | 2,5 | 1,24 | 50 | 1,41 | 0,16 | 0,21 | 3,24 |
| G | 2,5 | 0,82 | 40 | 1,47 | 0,23 | 0,29 | 3,54 |
| H | 5,5 | 0,40 | 32 | 1,12 | 0,39 | 0,51 | 4,05 |
| I | 4,0 | 0,07 | 20 | 0,47 | 0,10 | 0,13 | 4,18 |
| L | 11,5 | 0,33 | 32 | 0,93 | 0,59 | 0,77 | 4,81 |
| M | 1,5 | 0,23 | 25 | 1,06 | 0,13 | 0,17 | 4,98 |
| N | 7,5 | 0,13 | 20 | 0,95 | 0,69 | 0,90 | 5,88 |
| O | 1,5 | 0,06 | 20 | 0,47 | 0,04 | 0,05 | 5,93 |

11.4 Comprobación de presiones

Por último, queda calcular la presión resultante en cada nudo. En esta ocasión hay que tener en cuenta la presión mínima de trabajo en todos los puntos que lo necesiten.

Para el cálculo de la presión se recurre a la ecuación de Bernoulli que se representa a continuación.

$$\frac{P_i}{\gamma} + z_i + \frac{v_i^2}{2 \cdot g} = \frac{P_f}{\gamma} + z_2 + \frac{v_f^2}{2 \cdot g} + \Delta H$$

AGUA FRÍA

Tabla 23. Presiones de agua fría.

| Tramo | Nudo in. | Nudo fin. | ΔH (m.c.a) | Hr (m.c.a) | P (m.c.a) |
|-------|----------|-----------|--------------------|------------|-----------|
| A | 1 | 2 | 1,15 | 1,15 | 36,35 |
| B | 2 | 3 | 1,38 | 2,53 | 35,00 |
| C | 2 | 4 | 0,11 | 1,26 | 36,27 |
| D | 4 | 5 | 0,60 | 1,85 | 35,69 |
| E | 5 | 6 | 0,19 | 2,05 | 35,46 |
| F | 6 | 7 | 0,13 | 2,18 | 35,37 |
| G | 7 | 8 | 0,24 | 2,41 | 35,10 |
| H | 8 | 9 | 0,78 | 3,19 | 34,30 |
| I | 9 | 10 | 0,29 | 3,49 | 34,12 |
| L | 9 | 11 | 1,31 | 4,50 | 33,02 |
| M | 11 | 12 | 0,30 | 4,80 | 32,68 |
| N | 12 | 13 | 0,14 | 4,94 | 32,62 |
| O | 13 | 14 | 0,28 | 5,22 | 32,31 |
| P | 14 | 15 | 1,19 | 6,42 | 31,11 |
| Q | 15 | 16 | 0,11 | 6,53 | 31,08 |

AGUA CALIENTE

Tabla 24. Presiones de agua caliente.

| Tramo | Nudo in. | Nudo fin. | ΔH (m.c.a) | Hr (m.c.a) | P (m.c.a) |
|-------|----------|-----------|--------------------|------------|-----------|
| A | 1 | 2 | 1,80 | 1,80 | 35,70 |
| B | 2 | 3 | 0,65 | 2,46 | 35,17 |
| C | 2 | 4 | 0,18 | 1,98 | 35,54 |
| D | 4 | 5 | 0,93 | 2,91 | 34,64 |
| E | 5 | 6 | 0,12 | 3,03 | 34,57 |
| F | 6 | 7 | 0,21 | 3,24 | 34,33 |
| G | 7 | 8 | 0,29 | 3,54 | 34,02 |
| H | 8 | 9 | 0,51 | 4,05 | 33,56 |
| I | 9 | 10 | 0,13 | 4,18 | 33,48 |
| L | 9 | 11 | 0,77 | 4,81 | 32,81 |
| M | 11 | 12 | 0,17 | 4,98 | 32,63 |
| N | 12 | 13 | 0,90 | 5,88 | 31,74 |
| O | 13 | 14 | 0,05 | 5,93 | 31,73 |

12. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE RECOGIDA Y EVACUACION DE RESIDUOS

En este apartado se resume como se ha dimensionado la red de evacuación de aguas. Se puede consultar una descripción más detallada en el 'ANEJO II – INSTALACIÓN DE FONTANERIA Y SANEAMIENTO'.

12.1 Introducción

Los tres tipos de residuos líquidos que se van a evacuar son:

- Agua pluvial: agua recogida por la cubierta de la industria en caso de precipitaciones.
- Agua negra: agua recogida desde los aparatos sanitarios.
- Aguas residuales: aguas generadas por la limpieza de locales y maquinaria.

El material utilizado es el PVC, el cual tiene buenas propiedades frente al frío y al calor además de ser económico y de fácil instalación.

Los elementos que componen la instalación:

- Canalones: son los elementos encargados de evacuar el agua pluvial que se acumularía en la cubierta.
- Derivaciones: en estos conductos se descargan las aguas de los aparatos sanitarios.
- Bajantes: son las conducciones que recogen las aguas de los canalones y de las derivaciones.
- Colectores: son las conducciones que recogen las aguas de todos elementos anteriores.

12.2 Aguas residuales

Para la resolución de la red de desagüe se utilizan los métodos expuestos en el CTE, Documento básico HS salubridad, sección 5: "evacuación de aguas", donde podemos encontrar los caudales correspondientes a cada elemento de la instalación y el sistema que hay que seguir para el dimensionado de la red.

Derivaciones individuales

Se presentan en la Tabla N° 25, los numero de unidades de desagüe que corresponde a cada elemento y el diámetro de la derivación que le corresponde.

Tabla 25. Elementos que componen la red.

| Elemento | N° de elementos | N° unidades | Diámetro |
|--------------------------|-----------------|-------------|----------|
| Ducha | 2 | 4 UD | 40 mm |
| Lavabo | 3 | 3 UD | 32 mm |
| Inodoro | 2 | 8 UD | 100 mm |
| Fregadero no domestico | 1 | 3 UD | 40 mm |
| Hidrolimpiadora | 1 | 1 UD | 32 mm |
| Tanque de almacenamiento | 4 | 4 UD | 32 mm |
| Total | 13 | 23 UD | 100 mm |

Ramales colectores

Todos los ramales colectores se han sobredimensionado para evitar de incurrir en problemas de obturaciones por partes solidas originadas en el proceso.

Tabla 26. Diámetro de los colectores.

| Elemento | Diámetro (mm) | Unidades de desagüe | Pendiente (%) |
|----------------|---------------|---------------------|---------------|
| Ramal Colector | 110 | 123 | 1 |

Colectores horizontales de aguas residuales

Según los criterios que se siguen en el código técnico, los colectores horizontales se suelen dimensionar para funcionar a media sección y en función del número de UD máximas por cada pendiente.

Tabla 27. Diámetro de los colectores.

| Elemento | Diámetro (mm) | Unidades de desagüe | Pendiente (%) |
|----------|---------------|---------------------|---------------|
| Colector | 75 | 38 | 2 |

12.3 Aguas pluviales

La resolución del dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales se puede consultar en el 'ANEJO II – INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO'.

Canalones

Para el cálculo de los canalones necesitamos conocer el régimen pluviométrico de la zona de donde está situada la industria y la superficie horizontal de cubierta que hay que servir.

Tabla 28. Diámetro de los canalones.

| Elemento | Diámetro (mm) | Superficie evacuada (m ²) | Pendiente (%) |
|-----------|---------------|---------------------------------------|---------------|
| Canalones | 250 | 670 | 2 |

Bajantes

La realización del dimensionado de las bajantes de aguas pluviales sigue el mismo criterio que los canalones.

Tabla 29. Diámetro de las bajantes.

| Elemento | Diámetro (mm) | Superficie evacuada (m ²) |
|----------|---------------|---------------------------------------|
| Bajantes | 125 | 805 |

Colectores

Siguiendo el mismo método se obtiene la dimensión de los colectores de recogida de aguas.

Tabla 30. Diámetro de los colectores.

| Elemento | Diámetro (mm) | Superficie evacuada (m ²) | Pendiente (%) |
|------------|---------------|---------------------------------------|---------------|
| Colectores | 160 | 862 | 2 |

13. NORMATIVA LEGAL

13.1 Industria alimentaria

Legislación alimentaria para productos lácteos

Registro de Empresas Agroalimentarias:

Decreto 97/2005, de 20 de mayo, del Consell de la Generalitat, por el que se crea el Registro de Establecimientos Agroalimentarios de la Comunidad Valenciana y se regula su funcionamiento.

Orden de 26 de septiembre de 2005, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se regula la inscripción en el Registro de Establecimientos Agroalimentarios de la Comunidad Valenciana.

Orden de 26 de diciembre de 2007, de la consellera de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se modifica el anexo II de la Orden de 27 de septiembre de 2005, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se regula la inscripción en el Registro de Establecimientos Agroalimentarios de la Comunidad Valenciana.

Industrias Lácteas

Real Decreto 818/2015, de 11 de septiembre, por el que se modifican los anexos I y II del Real Decreto 1113/2006, de 29 de septiembre, por el que se aprueban las normas de calidad para quesos y quesos fundidos, y por el que se modifica la disposición transitoria segunda del Real Decreto 4/2014, de 10 de enero, por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibérico.

Reglamento (CE) nº 1234/2007, de 22 de Octubre de 2007, por el que se crea una organización común de mercados agrícolas y se establecen disposiciones específicas para determinados productos agrícolas (Reglamento único para las OCM).

Reglamento (CE) 2073/2005, de 15 de Noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios.

Reglamento 852/2004, de 29 de Abril de 2004, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la higiene de los productos alimenticios.

Reglamento 853/2004, de 29 de Abril de 2004, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal.

Reglamento 854/2004, de 29 de Abril de 2004, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen normas específicas para la organización de controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano .

Reglamento (CEE) 1898/87, de 2 de Julio de 1987, relativo a la protección de la denominación de la leche y de los productos lácteos en el momento de su comercialización.

Real Decreto 1338/2011, de 3 de octubre, por el que se establecen distintas medidas singulares de aplicación de las disposiciones comunitarias en materia de higiene de la producción y comercialización de los productos alimenticios.

Real Decreto 1728/2007, de 21 de diciembre, por el que se establece la normativa básica de control que deben cumplir los operadores del sector lácteo y se modifica el Real Decreto 217/2004, de 6 de febrero, por el que se regulan la identificación y registro de los agentes, establecimientos y contenedores que intervienen en el sector lácteo, y el registro de los movimientos de la leche.

Real Decreto 640/2006, de 26 de mayo, por el que se regulan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones comunitarias en materia de higiene, de la producción y comercialización de los productos alimenticios.

Real Decreto 217/2004, de 6 de febrero, por el que se regulan la identificación y registro de los agentes, establecimientos y contenedores que intervienen en el sector lácteo, y el registro de los movimientos de la leche.

Real Decreto 1054/2003, de 1 de agosto, por el que se aprueba la Norma de calidad para determinados tipos de leche conservada parcial o totalmente deshidratada destinados a la alimentación humana.

Real Decreto 1113/2006, de 29 de septiembre, por el que se aprueban las normas de calidad para quesos y quesos fundidos.

13.2 Construcción

LOE - LEY DE ORDENACIÓN DE LA EDIFICACIÓN. L 38/1999, de 5 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

CTE - CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN. RD 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Concretamente:

Estructura

EHE 08 - INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL. RD 1247/2008, de 18 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

CTE DB-SE.C - SEGURIDAD ESTRUCTURAL. CIMIENTOS. RD 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda

CTE DB-SE.A - SEGURIDAD ESTRUCTURAL. ACERO. RD 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

FABRICACIÓN Y EMPLEO DE ELEMENTOS RESISTENTES PARA PISOS Y CUBIERTAS. RD 1630/1980, de 18 de julio, de la Presidencia del Gobierno

CTE DB-SE.AE - SEGURIDAD ESTRUCTURAL. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN. Norma Básica de edificación NBE-EA-95 sobre estructuras de acero en edificación.

NCSR 02 - NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE: PARTE GENERAL Y EDIFICACIÓN. RD997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO TÉCNICO DE UNA NUEVA INSTALACIÓN DE UNA FÁBRICA DE QUESO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MORELLA (CASTELLÓN)

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA
AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

DOCUMENTO N° 1: ANEJOS A LA MEMORIA

ALUMNO/A: CASTRONOVO MATTIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO I: OBRA CIVIL

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. DISEÑO Y PROCESO DE CÁLCULO | 1 |
| 1.1 Elección y diseño de la estructura | 1 |
| 1.2 Proceso de cálculo | 1 |
| 2.2 Unidades | 2 |
| 2.3 Materiales | 2 |
| 3. DEFINICIÓN DE LAS CARGAS | 3 |
| 3.2 Acciones constantes (G) | 3 |
| 3.3 Acciones variables | 4 |
| 3.4 Calculo de la carga | 6 |
| 4. CALCULO DE LA ESTRUCTURA | 7 |
| 4.2 Celosía | 7 |
| 4.3 Pilar | 14 |
| 4.4 Correas | 18 |
| 5. CALCULO DE LA CIMENTACIÓN | 21 |
| 5.1 Determinación de los esfuerzos | 21 |
| 5.2 Estimación de las características del suelo | 22 |
| 5.3 Diseño de las dimensiones y comprobaciones | 23 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1. Diseño de la estructura</i> | 1 |
| <i>Tabla 2. Acciones constantes</i> | 3 |
| <i>Tabla 3. Sobrecargas de uso estimadas</i> | 4 |
| <i>Tabla 4. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal ($kN \cdot m^{-2}$)</i> | 5 |
| <i>Tabla 5. Acciones variables</i> | 6 |
| <i>Tabla 6. Coeficientes aplicados a las acciones</i> | 6 |
| <i>Tabla 7. Axiles obtenidos métodos de los nudos</i> | 10 |
| <i>Tabla 8. Perfiles de tubo cuadrado hueco</i> | 11 |
| <i>Tabla 9. Grado de aspereza del entorno</i> | 15 |
| <i>Tabla 10. Perfiles HEB</i> | 16 |
| <i>Tabla 11. Acciones constantes de las correas</i> | 18 |
| <i>Tabla 12. Acciones variables de las correas</i> | 19 |
| <i>Tabla 13. Perfiles IPE</i> | 20 |
| <i>Tabla 14. Peso específico y ángulo de rozamiento interno según la clase de suelo</i> | 22 |
| <i>Tabla 15. Presión admisible según el tipo de suelo</i> | 23 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1. Geometría de la estructura.</i> | 1 |
| <i>Figura 2. Proceso de cálculo.</i> | 2 |
| <i>Figura 3. Zonas climáticas de invierno.</i> | 5 |
| <i>Figura 4. Celosía.</i> | 7 |
| <i>Figura 5. Numeración de los nudos.</i> | 7 |
| <i>Figura 6. Cargas puntuales en los nudos.</i> | 8 |
| <i>Figura 7. Ángulos utilizados.</i> | 8 |
| <i>Figura 8. Nudo 1.</i> | 9 |
| <i>Figura 9. Nudo 7.</i> | 9 |
| <i>Figura 10. Comportamiento de los pilares.</i> | 14 |
| <i>Figura 11. Flexión compuesta de la correa.</i> | 19 |
| <i>Figura 12. Esfuerzos en la zapata.</i> | 21 |
| <i>Figura 13. Dimensiones de la zapata.</i> | 24 |
| <i>Figura 14. Peso y esfuerzo axial en la zapata.</i> | 24 |
| <i>Figura 15. Esfuerzos en la determinación a vuelco y deslizamiento</i> | 25 |
| <i>Figura 16. Excentricidad de los esfuerzos en la zapata</i> | 26 |
| <i>Figura 17. Esfuerzos axiales fuera del núcleo central (CASO III)</i> | 26 |
| <i>Figura 18. Tensiones producidas.</i> | 27 |
| <i>Figura 19. Comportamiento del hormigón como voladizo empotrado.</i> | 27 |
| <i>Figura 20. Disposición de las barras en la cimentación</i> | 29 |

1. DISEÑO Y PROCESO DE CÁLCULO

Para la nave objeto del proyecto, se llevan a cabo distintos procedimientos para el cálculo de la estructura: cercha, pilares, correas y zapata centrada. Dichos cálculos se exponen a continuación.

1.1 Elección y diseño de la estructura

La elección es una estructura formada por cerchas simples, en concreto, una celosía de tipo Warren. En la Figura 1 se muestra el detalle de la estructura.

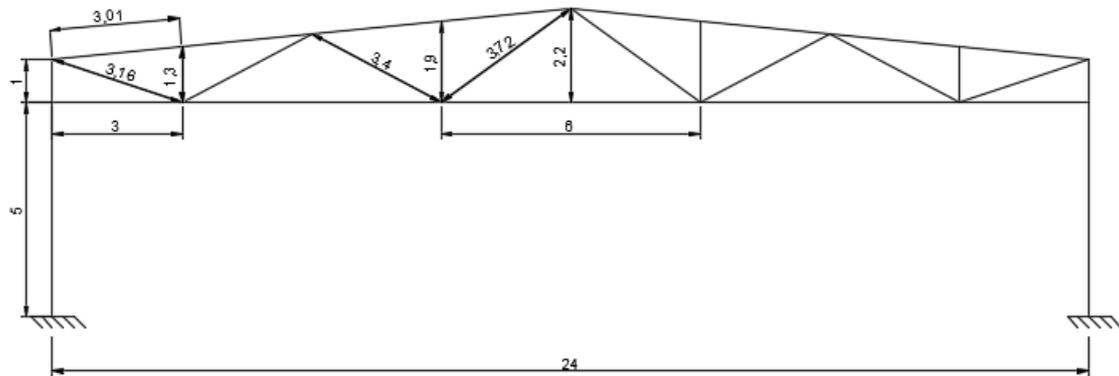


Figura 1. Geometría de la estructura.

La siguiente tabla proporciona información adicional sobre las dimensiones de la estructura.

Tabla 1. Diseño de la estructura.

| | |
|---------------------------|--------|
| Pendiente | 10 % |
| Altura del pilar | 6 m |
| Separación entre correas | 3.01 m |
| Luz | 24 m |
| Separación entre cerchas | 4 m |
| Longitud total de la nave | 24 m |

1.2 Proceso de cálculo

El proceso de cálculo y dimensionado se lleva a cabo siguiendo el siguiente diagrama, en el cual se empieza con los cálculos de las acciones y los esfuerzos, a continuación, se acaba con la comprobación a resistencia, estados límites últimos (ELU) y la comprobación de flecha, estados límites de servicio (ELS).

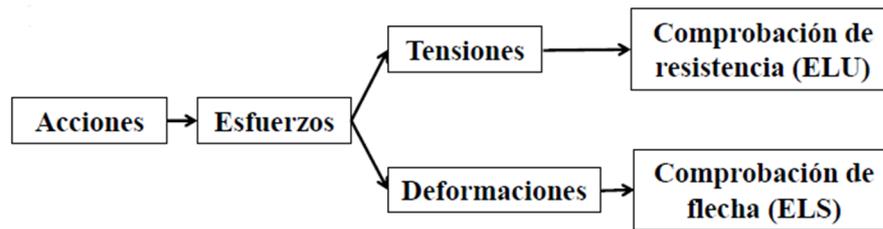


Figura 2. Proceso de cálculo.

2. DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES

2.2 Unidades

Las diferentes normativas utilizan el SI, en este anejo se han utilizado las siguientes unidades:

- **Acciones:** kN (puntal), $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ (uniforme), $\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$ (superficial)
- **Esfuerzos:** Axil y cortante (kN), flector y torsor ($\text{kN} \cdot \text{m}$)
- **Masa:** kg
- **Longitud:** m, mm
- **Densidad:** $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- **Peso específico:** $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$
- **Tensiones:** $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2} = \text{MN} \cdot \text{m}^{-2} = \text{Mpa}$

2.3 Materiales

Acero de edificación (cercha, pilar y correas).

El material utilizado para la cercha, los pilares y las correas es el acero de edificación tipo **S275JR** de características para perfiles laminados, con espesores inferiores a 16 mm:

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2; f_u = 410 \text{ N/mm}^2; E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M1} = 1.05; f_{yd} = 250 \text{ N/mm}^2 \text{ (Comprobaciones de inestabilidad)}$$

Tensión admisible = 2500 kg/cm^2 ,

Debido a la simplificación de cargas y de procedimientos de cálculo, se considera una tensión máxima de 1800 kg/cm^2 .

Cimentación.

Para cimentación el material elegido es el hormigón tipo **HA-25** para cimentaciones, soleras y forjados (Norma EHE):

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2; \gamma_c = 1.5; f_{cd} = 166.6 \text{ kp/cm}^2$$

Las características acero corrugado **B500S** son: (Norma EHE):

$$f_{yk} = 510 \text{ N/mm}^2 ; \gamma_s = 1.15 ; f_{yd} = 4435 \text{ kp/cm}^2$$

Se considerará una densidad para el hormigón armado de 2400 kg/m^3 .

3. DEFINICIÓN DE LAS CARGAS

3.2 Acciones constantes (G)

En las acciones constantes se considera la carga de la estructura y de todos los elementos constructivos, cuya magnitud se queda constante a lo largo del tiempo. Las acciones que vamos a estudiar son las siguientes:

- Peso de las correas.
- Peso de la estructura (cercha + pilar).
- Peso de la cubierta.
- Otras cargas (Instalaciones interiores, placas solares, etc...).

En la Tabla 2 se recogen los valores del peso de cada elemento en kg/m^2 . Para las correas se ha tomado un valor de referencia estimado para simplificar los cálculos. Con respecto a la estructura es buena regla escoger un valor igual a la luz de la nave. Para la cubierta se ha elegido el tipo teja árabe, siendo su peso en función del material y del espesor. En otras cargas se ha tenido en cuenta el peso de las instalaciones frigoríficas tomando un valor de referencia.

Tabla 2. Acciones constantes.

| ACCIONES CONSTANTES | PESO ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) |
|-----------------------------|--|
| Correas | 6 |
| Estructura (cercha + pilar) | 24 |
| Cubierta | 40 |
| Otras cargas | 20 |
| <i>TOTAL</i> | <i>90</i> |

3.3 Acciones variables

Las acciones variables son aquellas la cuales tienen cargas que varían en el tiempo como la sobrecarga de uso, la sobrecarga de nieve y la carga debida al viento.

Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso considera las cargas variables como el peso de personas, mobiliario, instalaciones no fijas y el peso de material almacenable que pueden variar con el tiempo y como localización. En este caso se elige, desde la tabla a seguir, la categoría de uso G para cubiertas accesibles solo para conservación y pendiente inferior a 20° con carga uniforme.

Tabla 3. Sobrecargas de uso estimadas

| 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 de mesas y sillas | 3 | 4 | |
| | | C2 | Zonas de 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 gimnasios o 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 (*) | |
| F | Cubiertas transitables accesibles solo privadamente | | | 1 | 2 | |
| G | Cubiertas accesibles solo para conservación | G1 | Cubiertas $\alpha < 20^\circ$ | $P_{\text{cubierta}} \leq 1 \text{ kN/m}^2$ | 0.4 | 1 |
| | | | | $P_{\text{cubierta}} > 1 \text{ kN/m}^2$ | 1 | 2 |
| | | G2 | Cubiertas con inclinación > a 40° (**) | 0 | 2 | |

Sobrecarga de nieve

Se tiene en cuenta la zona donde se construye la nave, dependiendo del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, del tipo de edificio o de la cubierta, de los efectos del viento y del intercambio térmico en paramentos exteriores.

Para simplificar los cálculos se considera el valor de sobrecarga de nieve con respecto al clima del lugar, indicada mediante un mapa de España dividido en 7 zonas y su correspondiente tabla. Por el clima de Morella, en la provincia de Castellón, se considera la zona 5 a una altura de 1000 m por encima del mar, con un coeficiente de 0,9 equivalente a 90 kg/m².



Figura 3. Zonas climáticas de invierno.

Tabla 4. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN·m⁻²).

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

En cuanto a los efectos del viento, para el cálculo de la cercha de la nave no se va a tener en cuenta, ya que, con los supuestos de cálculo considerado, se consideran no significativos. En la siguiente tabla se resumen los valores de las cargas variables y la suma total.

Tabla 5. Acciones variables.

| ACCIONES VARIABLES | PESO (kg·m ⁻²) |
|-------------------------|----------------------------|
| Sobrecarga de uso (S) | 40 |
| Sobrecarga de nieve (N) | 90 |
| Viento (V) | n.a. |
| TOTAL | 130 |

A seguir se suman las dos cargas para obtener un valor para la carga mayorada. En este cálculo se multiplican las dos cargas por sus respectivos coeficientes mayorantes, resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 6. Coeficientes aplicados a las acciones

| | |
|-------------------------|------|
| Acciones constantes (G) | 1.35 |
| Sobrecarga de uso (S) | 1.5 |

3.4 Calculo de la carga

En este apartado procedemos a calcular la carga puntual aplicada a la cubierta, empezando a calcular la carga superficial obtenida a través de las acciones constantes y las variables, a seguir se calcula la carga lineal para acabar calculando la carga puntual.

Carga superficial

La carga superficial se obtiene de la suma de todas las acciones constantes y las variables, aplicando los coeficientes mayorantes de cada una de ellas. A continuación, se explicará el procedimiento a seguir.

- Acciones constantes: $90 \cdot 1,35 = 121,5 \text{ kg/m}^2$
- Acciones variables: $130 \cdot 1,5 = 195 \text{ kg/m}^2$
- TOTAL: $121,5 + 195 = 316,5 \approx 317 \text{ kg/m}^2$

Por lo tanto, la carga superficial calculada es de 317 kg/m^2 .

Carga lineal

La carga lineal se calcula multiplicando el valor de la carga superficial por la distancia entre cada una de las cerchas, que es igual a la separación entre pilares (L).

$$P (\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}) \cdot L (\text{m}) = Q (\text{kg} \cdot \text{m}^{-1})$$

$$Q = 317 \cdot 4 = 1268 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Por lo tanto, la carga lineal (Q) queda con un valor de $1268 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$.

Carga puntual

La carga puntual se obtiene del producto de la carga lineal por la separación existente entre cada uno de los nudos de la cercha (s), en este caso 3 m.

$$Q \text{ (kg} \cdot \text{m}^{-2}\text{)} \cdot L \text{ (m)} = F \text{ (kg)}$$

$$F = 1268 \cdot 3 = 3804 \text{ kg}$$

Por lo tanto, la carga puntual (F) es de 3804 kg.

4. CALCULO DE LA ESTRUCTURA

En este apartado se procede con el dimensionado de la estructura principal y de los elementos que la componen como, la cercha (celosía tipo warren), los pilares, las correas y el comportamiento de cada uno de ellos.

4.2 Celosía

En la Figura 4 se representa la estructura de la celosía y las dimensiones de los elementos que la compone. La estructura tiene un comportamiento isostático (apoyado-apoyado), para el cálculo de los axiles se lleva a cabo el siguiente procedimiento.

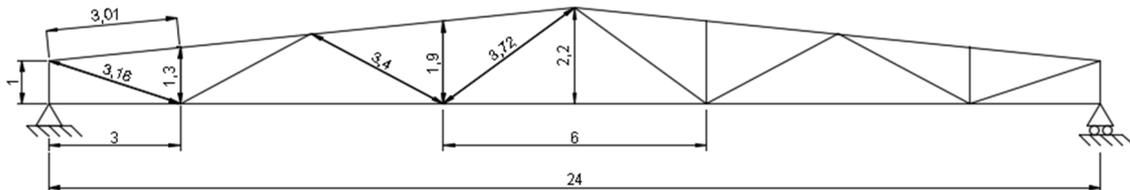


Figura 4. Celosía.

1) NUMERACION DE NUDOS Y DE BARRAS

Los nudos se van a numerar como se muestra en la Figura 5 mientras que las barras se numeran como la unión entre los nudos, por ejemplo, la barra que une los nudos 1 y 2 se nombrara 1-2.

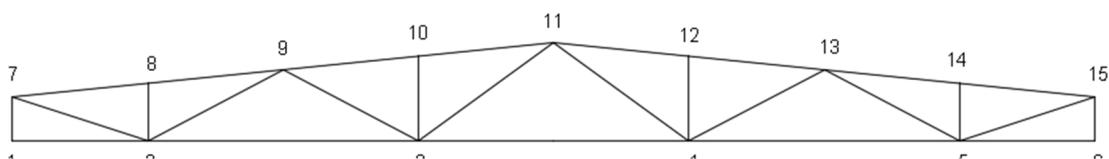


Figura 5. Numeración de los nudos.

2) CÁLCULO DE LAS REACCIONES (axiles de compresión de los pilares)

A seguir se procede con el cálculo de las reacciones a los extremos de la estructura utilizando la fuerza calculada en el apartado anterior mediante la siguiente expresión:

$$R = \Sigma F / 2 = 30432 / 2 = 15216 \text{ kg}$$

A continuación, se representa la carga que tiene que soportar cada nudo y el valor de las reacciones propias de la estructura. Los nudos en los extremos tienen la mitad de la carga debido a que la longitud a la cual se distribuye es la mitad.

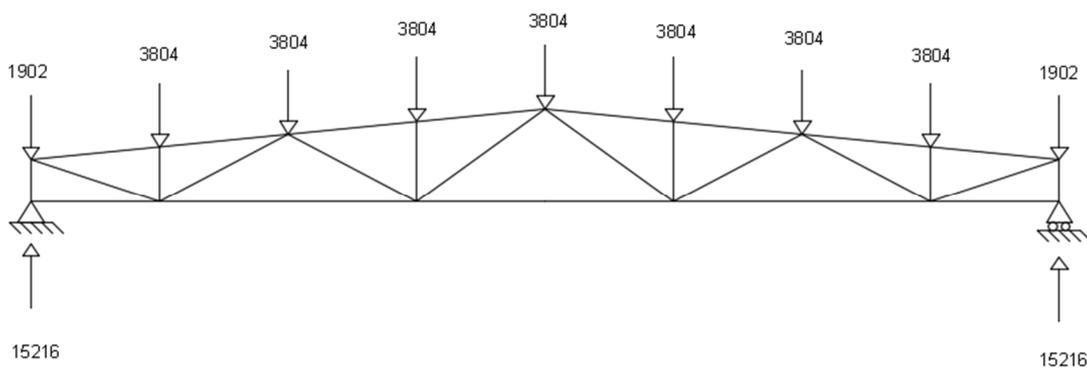


Figura 6. Cargas puntuales en los nudos.

3) CÁLCULO DE LOS AXILES EN CADA BARRA (tracción-compresión):

En la Figura 7 se representan los ángulos necesarios para proceder con el cálculo de los axiles mediante el método de los nudos. A continuación, se van a calcular los nudos 1 y 7 para explicar el procedimiento por el método de los nudos.

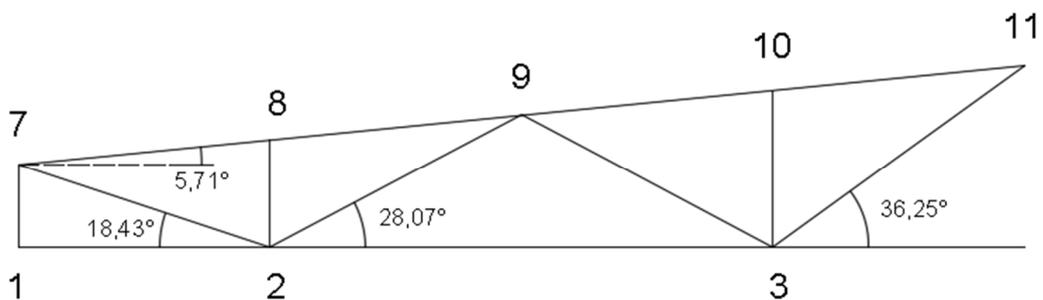


Figura 7. Ángulos utilizados.

Ejemplo de cálculo por el nudo 1

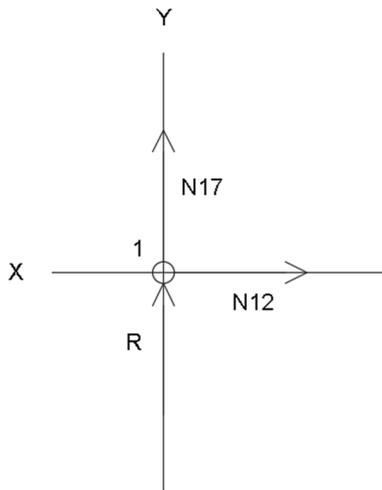


Figura 8. Nudo 1.

Por primero vamos a calcular los esfuerzos del nudo 1 necesarios para proceder al cálculo del nudo 2. A continuación se muestran las ecuaciones en estático y la reacción R de 15216 kg, con las cuales se pueden calcular los axiles N12 y N17.

$$\sum F_H = 0 \quad N_{12} = 0$$

$$\sum F_V = 0 \quad N_{17} + 15216 = 0 \rightarrow N_{17} = -15216 \text{ kg}$$

Con estas ecuaciones se han calculado los axiles N12, de valor nulo y el N17, que resulta ser de compresión debido al resultado con signo negativo.

Ejemplo de cálculo por el nudo 7

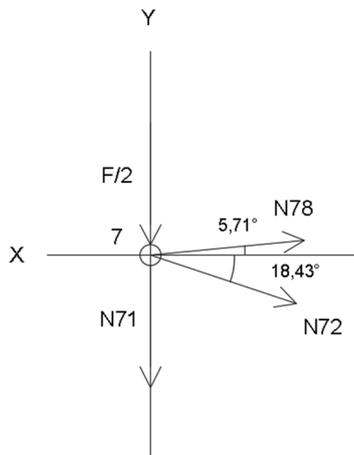


Figura 9. Nudo 7.

El siguiente paso es calcular los axiles N78 y N72 del nudo 7 utilizando el mismo procedimiento. En este caso conocemos los valores de la carga F de 3804 kg y del axil N71 con una carga de -15216 kg, mientras que desconocemos dos incógnitas en las dos ecuaciones. La ecuación utilizada por el eje horizontal es la siguiente:

$$\sum F_H = 0 \quad N_{78} \cdot \cos 5,71^\circ + N_{72} \cdot \cos 18,43^\circ = 0$$

$$N_{78} = -N_{72} \cdot \cos 18,43^\circ / \cos 5,71^\circ$$

Para llegar a la solución de este nudo despejamos el axil N72 desde la ecuación en el eje X y sustituimos el resultado en la segunda ecuación para sacar el axil N78.

$$\sum F_V = 0 \quad N_{78} \cdot \sin 5,71^\circ - N_{71} - F/2 - N_{72} \cdot \sin 18,43^\circ = 0$$

Desde las dos ecuaciones se obtiene:

$$N_{72} = 32341,8 \text{ kg} \quad N_{78} = -30836 \text{ kg}$$

El mismo procedimiento se utiliza para calcular todos los axiles de mitad de la estructura, que debido a su simetría tiene los mismos valores por los demás nudos. La siguiente tabla resume los valores de los nudos.

Tabla 7. Axiles obtenidos métodos de los nudos.

| BARRA | VALOR DE N (kg) | SAP 2000 | TIPO DE BARRA | COMP/TRAC |
|-------|-----------------|-----------|------------------|-----------|
| 1-2 | 0.00 | 0,00 | Cordón inferior | - |
| 1-7 | -15216.00 | -15216,00 | Montante inicial | C |
| 7-8 | -30836.00 | -30878,00 | Cordón superior | C |
| 7-2 | 32341.80 | 32386,73 | Diagonal inicial | T |
| 8-2 | -3798.00 | -3804,00 | Montante | C |
| 8-9 | -30836.00 | -30878,00 | Diagonal | C |
| 2-3 | 42734.38 | 42795,19 | Cordón inferior | T |
| 2-9 | -13657.90 | -13679,82 | Diagonal | C |
| 9-10 | -45272,25 | -45272,25 | Cordón superior | C |
| 9-3 | 2552,70 | 2552,70 | Diagonal | T |
| 10-11 | -45272,25 | -45272,25 | Cordón superior | C |
| 10-3 | -3798.00 | -3804,00 | Montante | C |
| 3-4 | 41498,36 | 41498,36 | Cordón inferior | T |
| 3-11 | 4401,27 | 4401,27 | Diagonal | T |

4.2.1 Dimensionado de la cercha

La estructura de la cercha se divide en las 3 siguientes partes:

- ARMADURA
- DIAGONALES INICIALES
- MONTANTES Y DIAGONALES

1) ARMADURA

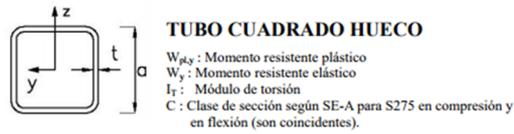
Por primero se calcula la armadura. Se elige el perfil con respecto a los valores mayores de los axiles en tracción y en compresión.

Axil mayor a tracción: N23 = 42795,19 kg

Axil mayor a compresión: N1011 = -45272,25 kg

El perfil utilizado es de tubo cuadrado hueco con anchura (a) de 120 mm, espesor (t) de 6 mm y el área (A) de 27,14 cm². A seguir tenemos una tabla con todos los perfiles utilizables en la armadura.

Tabla 8. Perfiles de tubo cuadrado hueco.



| Perfil a (mm) | t mm | A cm ² | p Kg/ml | Referido al eje Y-Y ó Z-Z | | | | C | It |
|------------------|---------|----------------------|------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|----------|---|------|
| | | | | Iy cm ⁴ | Wpl,y cm ³ | Wy cm ³ | Iy cm | | |
| 40 | 3.0 | 4.13 | 3.24 | 9.01 | 5.6 | 4.51 | 1.48 | 1 | 15.6 |
| | 4.0 | 5.21 | 4.09 | 10.5 | 6.8 | 5.26 | 1.42 | 1 | 18.9 |
| 60 | 3.0 | 6.53 | 5.13 | 34.4 | 13.78 | 11.50 | 2.30 | 1 | 55.5 |
| | 4.0 | 8.41 | 6.60 | 42.3 | 17.32 | 14.10 | 2.24 | 1 | 70.2 |
| | 5.0 | 10.10 | 7.96 | 48.5 | 20.4 | 16.20 | 2.19 | 1 | 83.1 |
| 80 | 3.0 | 8.93 | 7.01 | 86 | 25.6 | 21.70 | 3.11 | 1 | 136 |
| | 4.0 | 11.60 | 9.11 | 108 | 32.6 | 27.20 | 3.06 | 1 | 175 |
| | 5.0 | 14.10 | 11.10 | 128 | 39.0 | 32.00 | 3.01 | 1 | 210 |
| | 6.0 | 16.50 | 13.00 | 144 | 44.8 | 36.00 | 2.95 | 1 | 243 |
| 100 | 3.0 | 11.30 | 8.89 | 175 | 40.2 | 35.00 | 3.93 | 2 | 273 |
| | 4.0 | 14.80 | 11.60 | 223 | 52.8 | 44.60 | 3.88 | 1 | 363 |
| | 5.0 | 18.10 | 14.20 | 266 | 63.8 | 53.10 | 3.83 | 1 | 428 |
| | 6.0 | 21.30 | 16.70 | 304 | 74.0 | 60.70 | 3.77 | 1 | 498 |
| 120 | 4.0 | 18.34 | 14.4 | 416 | 77.8 | 69.4 | 4.76 | 1 | 624 |
| | 5.0 | 22.77 | 17.9 | 507 | 94.4 | 84.6 | 4.72 | 1 | 760 |
| | 6.0 | 27.14 | 21.3 | 594 | 110.2 | 99.0 | 4.67 | 1 | 888 |
| | 7.0 | 31.44 | 24.7 | 675 | 134.2 | 112.6 | 4.63 | 1 | 1010 |
| | 8.0 | 35.68 | 28.0 | 825 | 150.7 | 125.5 | 4.59 | 1 | 1123 |
| 140 | 4.0 | 21.48 | 16.9 | 671 | 111.0 | 95.9 | 5.58 | 2 | 1006 |
| | 5.0 | 26.70 | 21.0 | 821 | 131.2 | 117.3 | 5.54 | 1 | 1230 |
| | 6.0 | 31.85 | 25.0 | 964 | 153.6 | 137.7 | 5.50 | 1 | 1443 |
| | 7.0 | 36.94 | 29.0 | 1100 | 185.8 | 157.2 | 5.45 | 1 | 1646 |
| | 8.0 | 41.97 | 32.9 | 1231 | 195.0 | 175.8 | 5.41 | 1 | 1839 |
| 160 | 5.0 | 30.63 | 24.0 | 1242 | 173.8 | 155.3 | 6.36 | 1 | 1861 |
| | 6.0 | 36.56 | 28.7 | 1463 | 204.0 | 182.8 | 6.32 | 1 | 2191 |
| | 7.0 | 42.44 | 33.3 | 1674 | 245.8 | 209.3 | 6.28 | 1 | 2507 |
| | 8.0 | 48.25 | 37.9 | 1878 | 262.0 | 234.7 | 6.23 | 1 | 2809 |
| | 9.0 | 54.00 | 42.3 | 2073 | 308.2 | 259.1 | 6.19 | 1 | 3098 |
| 170 | 5.0 | 33.61 | 26.4 | 1639 | 197.4 | 187.3 | 6.98 | 2 | 2456 |
| | 6.0 | 40.14 | 31.5 | 1933 | 232.0 | 220.9 | 6.93 | 1 | 2896 |
| | 7.0 | 46.62 | 36.5 | 2216 | 296.6 | 253.3 | 6.89 | 1 | 3319 |
| | 8.0 | 53.03 | 41.6 | 2489 | 29.08 | 284.5 | 6.85 | 1 | 3725 |
| | 9.0 | 59.37 | 46.6 | 2752 | 372.6 | 314.5 | 6.80 | 1 | 4116 |

Comprobación a tracción:

Para realizar la comprobación a tracción se procede haciendo una comprobación a resistencia utilizando el máximo axil a tracción.

- **Resistencia:** $\sigma = N/A < \sigma_{adm} = 1800 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

A: área del perfil escogido (27,14 cm²)

N: máximo axil a compresión (barra 2 – 3)

$$42795,19 / 27,14 = 1576,83 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} < 1800 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Comprobación a compresión:

En este caso se sigue el mismo procedimiento, la única diferencia es que además de la comprobación a resistencia se hace también una comprobación al pandeo.

- **Resistencia:** $\sigma = N/A < \sigma_{adm} = 1800 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
A: área del perfil escogido (27,14 cm²)
N: máximo axil a compresión (barra 10 – 11)
 $-45272,25 / 27,14 = 1668,1 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} < 1800 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} \rightarrow \text{CUMPLE}$

- **Pandeo:** $\sigma = N/A < \sigma_{crit} \rightarrow \sigma_{crit} = \pi^2 \cdot E / \lambda^2$
E: módulo de elasticidad = 2.1 · 10⁶ kg · cm⁻²
λ: esbeltez mecánica
 $\lambda = \beta \cdot L / i = 1 \cdot 301,5 / 4,67 = 64,56$
L: longitud de la barra 10 – 11
i: radio de giro del perfil escogido (4,67 cm)
β: beta de pandeo; β = 1
 $\lambda \leq 174 \rightarrow \text{CUMPLE}$
 $\sigma_{crit} = \pi^2 \cdot E / \lambda^2 = \pi^2 \cdot 2.1 \cdot 10^6 / 64,56^2 = 4972,7 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} > 1668,1 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} \rightarrow \text{CUMPLE}$

2) DIAGONALES INICIALES

Comprobación a tracción:

En las diagonales iniciales (N72 y N515) se procede con el mismo procedimiento que por la armadura y se utiliza el mismo perfil cuadrado hueco de anchura (a) 120 mm con la diferencia que en este caso se elige un perfil con espesor (t) de 5 mm y un área (A) de 22,77 cm².

Axil a tracción: N72 = 32341,8 kg

- **Resistencia:** $\sigma = N/A < \sigma_{adm} = 1800 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
A: área del perfil escogido (22,77 cm²)

N: axil a tracción (barra 7 – 2)

$$32341,8/22,77 = 1420,37 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} < 1800 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

3) MONTANTES Y DIAGONALES

Comprobación a compresión:

Para el cálculo de la estructura de la cercha interior se procede igual que los cálculos anteriores. Se toma el valor del axil N29 que tiene un valor mayor con respecto a las otras diagonales y los montantes y como antes se procede con la comprobación a resistencia y compresión.

Axil mayor: N29 = 13657,9 kg

- **Resistencia:** $\sigma = N/A < \sigma_{adm} = 1800 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

A: área del perfil escogido (8,93 cm²)

N: axil a tracción (barra 2 – 9)

$$13657,9/8,93 = 1529,44 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} < 1800 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- **Pandeo:** $\sigma = N/A < \sigma_{crit} \rightarrow \sigma_{crit} = \pi^2 \cdot E/\lambda^2$

E: módulo de elasticidad = 2.1 · 10⁶ kg · cm⁻²

λ: esbeltez mecánica

$$\lambda = \beta \cdot L/i = 1 \cdot 301,5/3,11 = 96,95$$

L: longitud de la barra 2 – 9

i: radio de giro del perfil escogido (3,11cm)

β: beta de pandeo; β = 1

$$\lambda \leq 174 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\sigma_{crit} = \pi^2 \cdot E/\lambda^2 = \pi^2 \cdot 2.1 \cdot 10^6/96,95^2 = 2205,08 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} > 1529,44 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

El perfil seleccionado es el tubo cuadrado hueco 80 x 3 mm, que cumple con las especificaciones requeridas.

4.3 Pilar

Se presentan en este apartado los cálculos para dimensionar el pilar. Se supone un comportamiento parecido a empotrado-apoyado y voladizo, como se muestra a continuación.

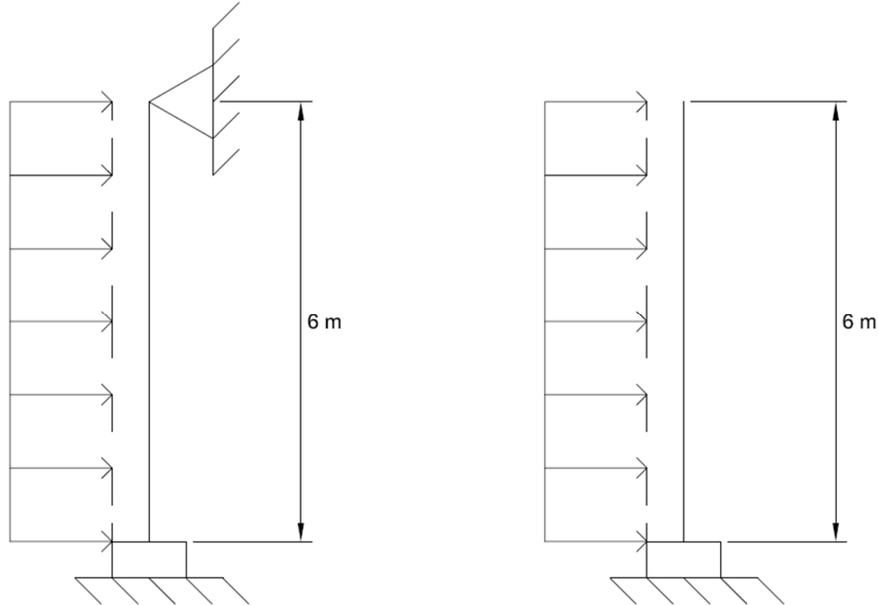


Figura 10. Comportamiento de los pilares.

4.3.1 Dimensionado del pilar

En el dimensionado del pilar los pasos a seguir son los siguientes:

- Cargas que debe soportar
- Cálculo de esfuerzos y deformaciones
- Elección del perfil
- Comprobación a resistencia y pandeo
- Comprobación a deformación

1) CARGAS QUE DEBE SOPORTAR

Las dos cargas que debe soportar el pilar son dos; la compresión que se transmite a la cercha (R), que ha sido calculada previamente que tiene un valor de 15216 kg y la flexión debida al viento (q_v) y que se calcula a continuación.

$$q_v = q \cdot c_e \cdot L \cdot \gamma$$

q : presión dinámica del viento

c_e : coeficiente de exposición

L : separación entre cerchas

γ : coeficiente de cargas

$$q_v = 50 \cdot 1.4 \cdot 4 \cdot 1.5 = 420 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Para elegir estos parámetros se recurre al 'DB-SE-AE, Anejo D. Acción del viento'. Como valor para la presión dinámica del viento se toma un valor de referencia de $50 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ y lo mismo vale por el coeficiente de carga por el cual se coge un valor de 1,5. La separación entre cerchas está definida desde el inicio y se toman los 4 m equivalentes a la distancia entre pilares. Por último, el valor de la presión dinámica del viento, se selecciona desde las tablas nº. En este caso, siendo una zona industrial, se elige un grado de aspereza del entorno igual a IV para una altura del pilar de 6 m, con lo cual el coeficiente a utilizar en la formula tiene un valor de 1.4.

Tabla 9. Grado de aspereza del entorno.

| Grado de aspereza del entorno | |
|-------------------------------|--|
| 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 |
| II | Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia |
| III | Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas. |
| IV | Zona urbana en general, industrial o forestal |
| V | Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios de pequeña altura. |

| h (m) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| I | 1.7 | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 3.0 |
| II | 1.5 | 1.9 | 2.1 | 2.2 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 3.0 |
| III | 1.4 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.6 | 2.6 |
| IV | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 2.1 |
| V | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.5 |

| h (m) | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| I | 3.0 | 3.0 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.5 |
| II | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 3.5 |
| III | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.1 | 3.1 |
| IV | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.6 | 2.6 |
| V | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |

2) CALCULO DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES

En este apartado vamos a calcular la flexión debida al viento ($M_{y,Ed}$), para ello hay que tener en cuenta la carga de compresión (R) y respetar los límites de desplome o desplazamiento horizontal del pilar (Δ , límite $h/15$, siendo h la altura del pilar en centímetros). A seguir se representa la expresión utilizada por el cálculo.

$$M_{y,Ed} = 0.325 \cdot q_v \cdot h^2 = 0.325 \cdot 420 \cdot 6^2 = 4914 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

3) ELECCION DEL PERFIL

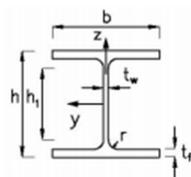
A continuación, vamos a elegir el perfil que utilizamos desde el 'anejo nº 4: prontuario de perfiles' y para ello haremos la comprobación a resistencia y al pandeo, hasta encontrar un perfil que cumpla con todos los requisitos. El perfil seleccionado es el HEB – 260 con las siguientes características:

$$A = 118.4 \text{ cm}^2 \quad I_y = 14919 \text{ cm}^4 \quad W_y = 1150 \text{ cm}^3 \quad i_y = 11.2 \text{ cm} \quad i_z = 6.58 \text{ cm}$$

4) COMPROBACION A RESISTENCIA Y PANDEO

En la comprobación a resistencia a y a pandeo vamos a utilizar los datos del perfil elegido.

Tabla 10. Perfiles HEB.



VALORES ESTATICOS DE LOS PERFILES HEB

I_T : Módulo de torsión
 I_a : Módulo de alabeo
 h_1 : Altura parte plana del alma
 C: Clase de sección según SE-A para S275 en compresión. En flexión son siempre de Clase 1.

| HEB | Dimensiones en mm | | | | | Sección A cm ² | Peso p kg/m | Referido al eje | | | | | | $W_{pl,y}$ cm ³ | $W_{pl,z}$ cm ³ | I_T cm ⁴ | I_a cm ⁶ | h_1 cm | C | HEB |
|-----|-------------------|-----|-------|-------|----|---------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|---|-----|
| | h | b | t_w | t_f | r | | | Y-Y | | | Z-Z | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | I_y cm ⁴ | W_y cm ³ | i_y cm | I_z cm ⁴ | W_z cm ³ | i_z cm | | | | | | | |
| 100 | 100 | 100 | 6 | 10 | 12 | 26.0 | 20.4 | 450 | 90 | 4.16 | 167 | 33 | 2.53 | 104.2 | 51.42 | 9.34 | 3375 | 56 | 1 | 100 |
| 120 | 120 | 120 | 6.5 | 11 | 12 | 34.0 | 26.7 | 864 | 144 | 5.04 | 318 | 53 | 3.06 | 165.2 | 80.97 | 14.9 | 9410 | 74 | 1 | 120 |
| 140 | 140 | 140 | 7 | 12 | 12 | 43.0 | 33.7 | 1509 | 216 | 5.93 | 550 | 79 | 3.58 | 246 | 119.8 | 22.5 | 22480 | 92 | 1 | 140 |
| 160 | 160 | 160 | 8 | 13 | 15 | 54.3 | 42.6 | 2492 | 311 | 6.78 | 889 | 111 | 4.05 | 354 | 170 | 33.2 | 47940 | 104 | 1 | 160 |
| 180 | 180 | 180 | 8.5 | 14 | 15 | 65.3 | 51.2 | 3831 | 426 | 7.66 | 1363 | 151 | 4.57 | 482 | 231 | 46.5 | 93750 | 122 | 1 | 180 |
| 200 | 200 | 200 | 9 | 15 | 18 | 78.1 | 61.3 | 5696 | 570 | 8.54 | 2003 | 200 | 5.07 | 642 | 305.8 | 63.4 | 171100 | 134 | 1 | 200 |
| 220 | 220 | 220 | 9.5 | 16 | 18 | 91.0 | 71.5 | 8091 | 736 | 9.43 | 2843 | 258 | 5.59 | 828 | 393.9 | 84.4 | 294500 | 152 | 1 | 220 |
| 240 | 240 | 240 | 10 | 17 | 21 | 106.0 | 83.2 | 11259 | 938 | 10.3 | 3923 | 327 | 6.08 | 1054 | 498.4 | 110 | 486900 | 164 | 1 | 240 |
| 260 | 260 | 260 | 10 | 17.5 | 24 | 118.4 | 93.0 | 14919 | 1150 | 11.2 | 5135 | 395 | 6.58 | 1282 | 602.2 | 130 | 753700 | 177 | 1 | 260 |
| 280 | 280 | 280 | 10.5 | 18 | 24 | 131.4 | 103 | 19270 | 1380 | 12.1 | 6595 | 471 | 7.09 | 1534 | 717.6 | 153 | 1130000 | 196 | 1 | 280 |
| 300 | 300 | 300 | 11 | 19 | 27 | 149.1 | 117 | 25166 | 1680 | 13.0 | 8563 | 571 | 7.58 | 1868 | 870.1 | 192 | 1688000 | 208 | 1 | 300 |
| 320 | 320 | 300 | 11.5 | 20.5 | 27 | 161.3 | 127 | 30823 | 1930 | 13.8 | 9239 | 616 | 7.57 | 2140 | 939.1 | 241 | 2069000 | 225 | 1 | 320 |
| 340 | 340 | 300 | 12 | 21.5 | 27 | 170.9 | 134 | 36656 | 2160 | 14.6 | 9690 | 646 | 7.53 | 2400 | 985.7 | 278 | 2454000 | 243 | 1 | 340 |
| 360 | 360 | 300 | 12.5 | 22.5 | 27 | 180.6 | 142 | 43193 | 2400 | 15.5 | 10140 | 676 | 7.49 | 2680 | 1032 | 320 | 2883000 | 261 | 1 | 360 |
| 400 | 400 | 300 | 13.5 | 24 | 27 | 197.8 | 155 | 57680 | 2880 | 17.1 | 10819 | 721 | 7.40 | 3240 | 1104 | 394 | 3817000 | 298 | 1 | 400 |
| 450 | 450 | 300 | 14 | 26 | 27 | 218.0 | 171 | 79887 | 3550 | 19.1 | 11721 | 781 | 7.33 | 3980 | 1198 | 500 | 5280000 | 344 | 1 | 450 |
| 500 | 500 | 300 | 14.5 | 28 | 27 | 238.6 | 187 | 107176 | 4290 | 21.2 | 12624 | 842 | 7.27 | 4820 | 1292 | 625 | 7018000 | 390 | 1 | 500 |
| 550 | 550 | 300 | 15 | 29 | 27 | 254.1 | 199 | 136691 | 4970 | 23.2 | 13077 | 872 | 7.17 | 5600 | 1341 | 701 | 8856000 | 438 | 1 | 550 |
| 600 | 600 | 300 | 15.5 | 30 | 27 | 270.0 | 212 | 171041 | 5700 | 25.2 | 13530 | 902 | 7.08 | 6420 | 1391 | 783 | 10965000 | 486 | 2 | 600 |

Comprobación a resistencia

Se procede con el cálculo para la comprobación a resistencia y la expresión utilizada es la siguiente:

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$15216/118.4 \cdot 1800 + 491400/1150 \cdot 1800 = 0.31 < 1 \rightarrow CUMPLE$$

Comprobación a pandeo

Después de la comprobación a resistencia se sigue con la comprobación a pandeo mediante la siguiente expresión:

$$N_{Ed}/0.2 \cdot A \cdot f_{yd} + 1/(1 - N_{Ed}/N_{cr,y}) \cdot M_{y,Ed}/W_{el} \cdot f_{yd} \leq 1$$

Para la resolución de la expresión es necesario calcular previamente la carga crítica.

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot E/\lambda^2 \cdot A$$

Para ello es necesario calcular la esbeltez mecánica en el plano del pórtico y en el plano lateral, que debe ser menor de 174.

- **Plano del pórtico:** $\lambda = \beta \cdot L/i$
 $\beta = 2.5$
L: longitud total del pilar = 6 m
i: radio de giro mayor (i_y) = 11.2 cm

$$\lambda = 2.5 \cdot 600/11.2 = 134 \leq 174 \rightarrow CUMPLE$$

- **Plano lateral:** $\lambda = \beta \cdot L/i$
 $\beta = 1$
L: longitud del pilar que puede pandear (separación correas fachada) = 4 m
i: radio de giro menor (i_z) = 6.58 cm

$$\lambda = 1 \cdot 400/6.58 = 60.8 \leq 174 \rightarrow CUMPLE$$

Siendo la esbeltez mecánica del pórtico la mayor se utilizará para el cálculo de la carga crítica.

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot E/\lambda^2 \cdot A = \pi^2 \cdot 2.1 \cdot 10^6/134^2 \cdot 118.4 = 136666 \text{ kg}$$

Una vez calculada la carga crítica se puede proceder con la comprobación a pandeo mediante la expresión anteriormente mencionada.

$$15216/0.2 \cdot 118.4 \cdot 1800 + 1/(1 - 15216/136666) \cdot 491400/1150 \cdot 1800 = 0.62 < 1 \rightarrow CUMPLE$$

5) COMPROBACION A DESPLOME DEL PILAR

El último paso para el dimensionado del pilar es la comprobación al desplome. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$\Delta = \frac{3}{40} \cdot q_v \cdot h^4 / E \cdot I_y \cdot \gamma$$

$$\frac{3}{40} \cdot 4.2 \cdot 600^4 / 2.1 \cdot 10^6 \cdot 14919 \cdot 1.5 = 0.87 \text{ cm}$$

Se comprueba el límite:

$$h/150 = 600/150 = 4 \text{ cm} > 0.87 \text{ cm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Con estos cálculos se ha demostrado que el perfil HEB-260 cumple todos los requisitos.

4.4 Correas

En el dimensionado de los pilares se tienen en cuenta las siguientes características que se indican en los siguientes puntos.

- Cálculo de las cargas
- Elección del perfil
- Comprobación a resistencia
- Comprobación a deformación

1) CALCULO DE LAS CARGAS

El primer paso es calcular las cargas que actúan en las correas. Ahora solo se consideran las cargas del peso de la correa y de la cubierta por las acciones constantes y para las acciones variables se tiene en cuenta la sobrecarga de uso y la sobrecarga de nieve.

En las siguientes tablas se resumen los valores de las acciones constantes primero y de las acciones variables por segundo.

Tabla 11. Acciones constantes de las correas.

| ACCIONES CONSTANTES | PESO (kg·m ⁻²) |
|---------------------|----------------------------|
| Correas | 6 |
| Cubierta | 40 |
| <i>TOTAL</i> | <i>46</i> |

Tabla 12. Acciones variables de las correas.

| ACCIONES VARIABLES | PESO ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) |
|-------------------------|--|
| Sobrecarga de uso (S) | 40 |
| Sobrecarga de nieve (N) | 90 |
| Viento (V) | n.a. |
| <i>TOTAL</i> | <i>130</i> |

El valor de las acciones es el mismo de lo que hemos visto anteriormente y como antes se tiene que mayorar el valor de los dos tipos de acciones.

- Acciones constantes: $46 \cdot 1,35 = 62,1 \text{ kg/m}^2$
- Acciones variables: $130 \cdot 1,5 = 195 \text{ kg/m}^2$
- TOTAL: $62,1 + 195 = 257,1 \text{ kg/m}^2$

Este valor de la carga superficial se tiene que multiplicar por la distancia entre correas para obtener así un valor de carga lineal, necesario para el cálculo del momento máximo.

$$q = 257,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 3,01 \text{ m} = 773,88 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

A continuación, se calcula el momento máximo mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} M_{m\acute{a}x} &= 0,125 \cdot q \cdot L^2 = 0,125 \cdot 773,88 \cdot 4^2 \\ &= 1547,76 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

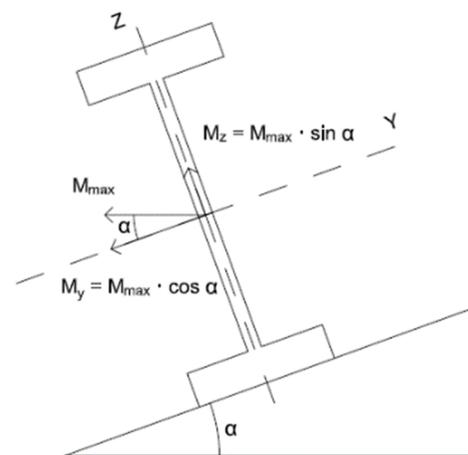


Figura 11. Flexión compuesta de la correa.

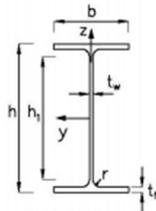
En la Figura 11 se representa gráficamente la flexión compuesta que sufre la correa y el ángulo de la pendiente de la cubierta ($\alpha = 5,712^\circ$). Se supone que la cubierta ofrece cierta rigidez en el eje z, siendo por tanto $M_z = 0$. Por lo tanto, sólo existirá M_y .

$$M_{Y,Ed} = M_{m\acute{a}x} \cdot \cos \alpha = 1547,76 \cdot \cos 5,712 = 1540,08 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

2) ELECCION DEL PERFIL

Una vez calculado el momento máximo se procede con la elección del perfil.

Tabla 13. Perfiles IPE.



VALORES ESTATICOS DE LOS PERFILES IPE

I_T : Módulo de torsión
 I_a : Módulo de alabeo
 h_1 : Altura parte plana del alma
 C : Clase de sección según SE-A para S275 en compresión. En flexión son siempre de Clase 1.

| IPE | Dimensiones en mm | | | | | Sección A cm ² | Peso P kg/m | Referido al eje | | | | | | $W_{pl,y}$ cm ³ | $W_{pl,z}$ cm ³ | I_T cm ⁴ | I_a cm ⁶ | h_1 cm | C | IPE |
|-----|-------------------|-----|-------|-------|----|------------------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|---|-----|
| | h | b | t_w | t_r | r | | | Y-Y | | | Z-Z | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | I_{y_a} cm ⁴ | W_{y_s} cm ³ | i_y cm | I_z cm ⁴ | W_{z_s} cm ³ | i_z cm | | | | | | | |
| 80 | 80 | 46 | 3.8 | 5.2 | 5 | 7.64 | 6.00 | 80.1 | 20.0 | 3.24 | 8.49 | 3.69 | 1.05 | 23.2 | 5.82 | 0.72 | 118 | 60 | 1 | 80 |
| 100 | 100 | 55 | 4.1 | 5.7 | 7 | 10.3 | 8.10 | 171 | 34.2 | 4.07 | 15.9 | 5.79 | 1.24 | 39.4 | 9.15 | 1.14 | 351 | 75 | 1 | 100 |
| 120 | 120 | 64 | 4.4 | 6.3 | 7 | 13.2 | 10.4 | 318 | 53.0 | 4.90 | 27.7 | 8.65 | 1.45 | 60.8 | 13.58 | 1.77 | 890 | 93 | 1 | 120 |
| 140 | 140 | 73 | 4.7 | 6.9 | 7 | 16.4 | 12.9 | 541 | 77.3 | 5.74 | 44.9 | 12.3 | 1.65 | 88.4 | 19.25 | 2.63 | 1981 | 112 | 1 | 140 |
| 160 | 160 | 82 | 5.0 | 7.4 | 9 | 20.1 | 15.8 | 869 | 109 | 6.58 | 68.3 | 16.7 | 1.84 | 123.8 | 26.1 | 3.64 | 3959 | 127 | 1 | 160 |
| 180 | 180 | 91 | 5.3 | 8.0 | 9 | 23.9 | 18.8 | 1320 | 146 | 7.42 | 101 | 22.2 | 2.05 | 166.4 | 34.6 | 5.06 | 7431 | 146 | 1 | 180 |
| 200 | 200 | 100 | 5.6 | 8.5 | 12 | 28.5 | 22.4 | 1940 | 194 | 8.26 | 142 | 28.5 | 2.24 | 220 | 44.61 | 6.67 | 12990 | 159 | 1 | 200 |
| 220 | 220 | 110 | 5.9 | 9.2 | 12 | 33.4 | 26.2 | 2770 | 252 | 9.11 | 205 | 37.3 | 2.48 | 286 | 58.11 | 9.15 | 22670 | 178 | 1 | 220 |
| 240 | 240 | 120 | 6.2 | 9.8 | 15 | 39.1 | 30.7 | 3890 | 324 | 9.97 | 284 | 47.3 | 2.69 | 366 | 73.92 | 12.0 | 37390 | 190 | 2 | 240 |
| 270 | 270 | 135 | 6.6 | 10.2 | 15 | 45.9 | 36.1 | 5790 | 429 | 11.2 | 420 | 62.2 | 3.02 | 484 | 96.95 | 15.4 | 70580 | 220 | 2 | 270 |
| 300 | 300 | 150 | 7.1 | 10.7 | 15 | 53.8 | 42.2 | 8360 | 557 | 12.5 | 604 | 80.5 | 3.35 | 628 | 125.2 | 20.1 | 125900 | 249 | 3 | 300 |
| 330 | 330 | 160 | 7.5 | 11.5 | 18 | 62.6 | 49.1 | 11770 | 713 | 13.7 | 788 | 98.5 | 3.55 | 804 | 153.7 | 26.5 | 199100 | 271 | 3 | 330 |
| 360 | 360 | 170 | 8.0 | 12.7 | 18 | 72.7 | 57.1 | 16270 | 904 | 15.0 | 1040 | 123 | 3.79 | 1020 | 191.1 | 37.3 | 313600 | 299 | 3 | 360 |
| 400 | 400 | 180 | 8.6 | 13.5 | 21 | 84.5 | 66.3 | 23130 | 1160 | 16.5 | 1320 | 146 | 3.95 | 1308 | 229 | 48.3 | 490000 | 331 | 3 | 400 |
| 450 | 450 | 190 | 9.4 | 14.6 | 21 | 98.8 | 77.6 | 33740 | 1500 | 18.5 | 1680 | 176 | 4.12 | 1702 | 276.4 | 65.9 | 791000 | 379 | 4 | 450 |
| 500 | 500 | 200 | 10.2 | 16.0 | 21 | 116 | 90.7 | 48200 | 1930 | 20.4 | 2140 | 214 | 4.31 | 2200 | 335.9 | 91.8 | 1249000 | 426 | 4 | 500 |
| 550 | 550 | 210 | 11.1 | 17.2 | 24 | 134 | 106 | 67120 | 2440 | 22.3 | 2670 | 254 | 4.45 | 2780 | 400.5 | 122 | 1884000 | 468 | 4 | 550 |
| 600 | 600 | 220 | 12.0 | 19.0 | 24 | 156 | 122 | 92080 | 3070 | 24.3 | 3390 | 308 | 4.66 | 3520 | 485.6 | 172 | 2846000 | 514 | 4 | 600 |

Se utiliza un perfil IPE-180 con las siguientes características:

$$Sección A = 23.9 \text{ cm}^2 \quad I_y = 1320 \text{ cm}^4 \quad W_y = 146 \text{ cm}^3$$

3) COMPROBACION A RESISTENCIA

Con este perfil se procede a comprobar si cumple a resistencia mediante la siguiente expresión:

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

En este caso se considera el esfuerzo en el axil nulo ($N_{Ed} = 0$) por lo tanto:

$$0 + \frac{154008}{146 \cdot 1800} = 0.59 \leq 1 \rightarrow CUMPLE$$

4) COMPROBACION A DEFORMACION

Utilizando el mismo perfil se procede al cálculo de la comprobación a deformación, con la diferencia que en este caso se hace a carga desmayorada, por lo tanto, se procede a calcular el coeficiente de mayoracion global utilizado en el cálculo de las correas.

$$F_{mayoración\ global} = \frac{(1.35 \cdot 46 + 1.5 \cdot 130)}{(46 + 130)} = 1.46$$

La expresión que permite la comprobación a deformación se muestra a continuación y debe cumplir el límite (L/200).

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y \cdot \gamma} = \frac{5 \cdot 7.739 \cdot 400^4}{384 \cdot 2.1 \cdot 10^6 \cdot 1320 \cdot 1.46} = 0.64\ cm$$

$$L/200 = 400/200 = 2\ cm > 0.64\ cm \rightarrow CUMPLE$$

El perfil IPE-180 cumple tanto a resistencia como a deformación.

5. CALCULO DE LA CIMENTACIÓN

Para la cimentación se ha optado por una zapata de hormigón armado HA – 25 con las características mencionadas al principio de este anejo.

Para el cálculo de la cimentación se procede con los siguientes puntos:

- Determinación de los esfuerzos (desmayorados)
- Estimación de las características del suelo (densidad, tensión admisible y ángulo de rozamiento)
- Diseño de las dimensiones y comprobación

5.1 Determinación de los esfuerzos

Los esfuerzos ya se han calculado anteriormente en este anejo y se representan en la figura que sigue. En el caso del momento, se toma el momento en la base del pilar; para el cortante (V) se considera la reacción en la base del pilar debida al viento; en cuanto al axil, se considera el del cálculo del pilar. A continuación se procede a desmayorarlos.

$$M = \frac{M_{y,Ed}}{\gamma} = \frac{4914}{1.5} = 3276\ kg \cdot m$$

$$V = \frac{q_v \cdot L_{pilar}}{\gamma} = \frac{420 \cdot 6}{1.5} = 1680\ kg$$

$$N = \frac{R}{Factor\ global}$$

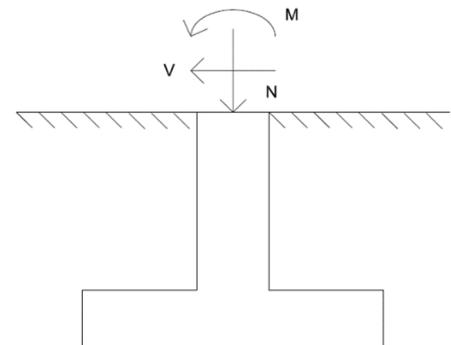


Figura 12. Esfuerzos en la zapata.

El factor global se calcula mediante las reacciones que intervienen en el cálculo de dicho axil, en este caso son las acciones constantes y variables.

$$Factor\ global = (1,35 \cdot 90 + 1,5 \cdot 130) / (90 + 130) = 1,44$$

$$N = R / Factor\ global = 15216 / 1,44 = 10566,67\ kg$$

5.2 Estimación de las características del suelo

En las dos siguientes tablas se especifican las distintas clases de suelo y los datos necesarios para los posteriores cálculos de la zapata.

El suelo en nuestro caso es un suelo de tipo arcilloso con peso específico aparente desde 15 hasta 22 kN/m³ y un ángulo de rozamiento interno con un valor entre 16° y 28°. Al ser un suelo de arcilla muy firme, la presión admisible en este caso es va desde los 0,15 hasta los 0,3 Mpa, por lo tanto, se escoge un valor medio de 0,2 Mpa.

Tabla 14. Peso específico y ángulo de rozamiento interno según la clase de suelo.

| Clase de suelo | | Peso específico aparente (kN/m ³) | Ángulo de rozamiento interno |
|------------------------|----------------|---|------------------------------|
| Terreno natural | Grava | 19 – 22 | 34° - 45° |
| | Arena | 17 – 20 | 30° - 36° |
| | Limo | 17 – 20 | 25 – 32° |
| | Arcilla | 15 – 22 | 16° – 28° |
| Rellenos | Tierra vegetal | 17 | 25° |
| | Terraplén | 17 | 30° |
| | Pedraplén | 18 | 40° |

Tabla 15. Presión admisible según el tipo de suelo.

| Terreno | Tipos y condiciones | Presión admisible [Mpa] | Observaciones |
|---|---|-------------------------|--|
| Rocas | Rocas ígneas y metamórficas sanas ⁽¹⁾ (Granito, diorita, basalto, gneis) | 10 | Para los valores apuntados se supone que la cimentación se sitúa sobre roca no meteorizada |
| | Rocas metamórficas foliadas sanas ^{(1), (2)} (Esquistos, pizarras) | 3 | |
| | Rocas sedimentarias sanas ⁽¹⁾ ⁽²⁾ Pizarras cementadas, limolitas, areniscas, calizas sin karstificar, conglomerados cementados | 1 a 4 | |
| | Rocas arcillosas sanas ^{(2), (4)} | 0,5 a 1 | |
| | Rocas diaclasadas de cualquier tipo con espaciamiento de discontinuidades superior a 0,30m, excepto rocas arcillosas | 1 | |
| | Calizas, areniscas y rocas pizarrosas con pequeño espaciamiento de los planos de estratificación ⁽³⁾ | - | |
| | Rocas muy diaclasadas o meteorizadas ⁽³⁾ | - | |
| Suelos granulares (% finos inferior al 35% en peso) | Gravas y mezclas de arena y grava, muy densas | >0,6 | Para anchos de cimentación (B) mayor o igual a 1 m y nivel freático situado a una profundidad mayor al ancho de la cimentación (B) por debajo de ésta |
| | Gravas y mezclas de grava y arena, medianamente densas a densas | 0,2 a 0,6 | |
| | Gravas y mezclas de arena y grava, sueltas | <0,2 | |
| | Arena muy densa | >0,3 | |
| | Arena medianamente densa | 0,1 a 0,3 | |
| | Arena suelta | <0,1 | |
| Suelos finos (% de finos superior al 35% en peso) | Arcillas duras | 0,3 a 0,6 | Los suelos finos normalmente consolidados y ligeramente sobreconsolidados en los que sean de esperar asentamientos de consolidación serán objeto de un estudio especial. Los suelos arcillosos potencialmente expansivos serán objeto de un estudio especial |
| | Arcillas muy firmes | 0,15 a 0,3 | |
| | Arcillas firmes | 0,075 a 0,15 | |
| | Arcillas y limos blandos | <0,075 | |
| | Arcillas y limos muy blandos | | |
| Suelos orgánicos | | Estudio especial | |
| Rellenos | | Estudio especial | |

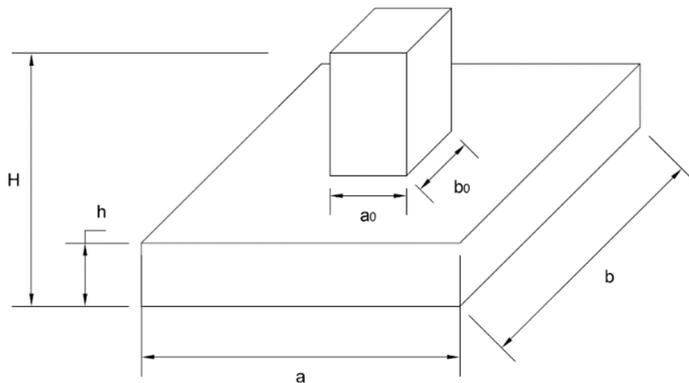
5.3 Diseño de las dimensiones y comprobaciones

Los pasos a seguir para la resolución de este apartado son los siguientes:

- Dimensiones
- Condición de rigidez
- Determinación de pesos
- Comprobación a vuelco
- Comprobación a deslizamiento
- Transmisión de tensiones al terreno
- Comprobación de secciones

1) DIMENSIONES

Las dimensiones adoptadas para la zapata se reflejan en la Figura 13, donde se detallan las medidas de la zapata y las del enano.



$$a = 1,5 \text{ m}$$

$$b = 2 \text{ m}$$

$$a_0 = 0,7 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,7 \text{ m}$$

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$H = 2 \text{ m}$$

Figura 13. Dimensiones de la zapata.

2) CONDICION DE RIGIDEZ

Para el cálculo de la comprobación a rigidez se utiliza la siguiente expresión:

$$v (\text{vuelco}) = a/2 - a_0/2 = 1,5/2 - 0,7/2 = 0,4 \text{ m}$$

Para que la zapata sea rígida, se debe cumplir (siendo el coeficiente de vuelco igual a 2):

$$\gamma_v \cdot h \geq v (\text{vuelco}) \rightarrow 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ m} \geq 0,4 \text{ m} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

3) DETERMINACION DE PESOS

Se detallan a continuación los pesos y esfuerzos que intervienen en la zapata y las expresiones utilizadas en cálculo.

P_e : Peso del enano

P_s : Peso del suelo

P_z : Peso de la zapata

$$P_z = \rho_h \cdot a \cdot b \cdot h = 2400 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 0,6 = 4320 \text{ kg}$$

$$P_e = \rho_h \cdot a_0 \cdot b_0 \cdot (H - h) = 2400 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot (2 - 0,6) = 1646,4 \text{ kg}$$

$$P_s = \rho_h \cdot a \cdot b \cdot (H - h) - \rho_s \cdot a_0 \cdot b_0 \cdot (H - h) = 2400 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot (2 - 0,6) - 1800 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot (2 - 0,6) = 8845,2 \text{ kg}$$

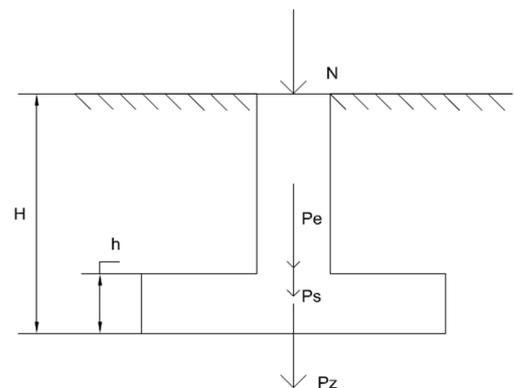


Figura 14. Peso y esfuerzo axial en la zapata.

4) COMPROBACION A VUELCO

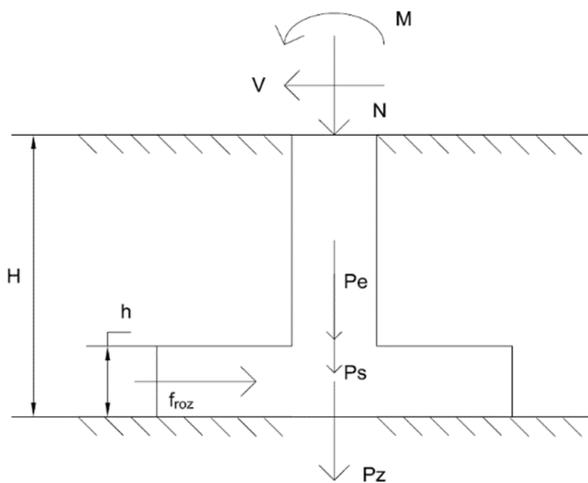
A continuación, procedemos con la comprobación a vuelco mediante las siguientes expresiones para determinar la estabilidad de la zapata.

$$\Sigma M_{desestabilizantes} \cdot \gamma_v \leq \Sigma M_{estabilizantes}$$

Donde γ_v , el coeficiente de vuelco, vale 2.

$$\Sigma M_{desestabilizantes} = M + V \cdot H = 3276 + 1680 \cdot 2 = 6636 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{estabilizantes} &= (N + P_z + P_e + P_s) \cdot a/2 \\ &= (10566,67 + 4320 + 1646,4 + 8845,2) \cdot 1,5/2 = 19033,7 \text{ kg} \end{aligned}$$



En la Figura 15 se representan gráficamente los esfuerzos que actúa en la zapata.

A seguir se comprueba la comprobación a vuelco.

$$\Sigma M_{desestabilizantes} \cdot \gamma_v \leq \Sigma M_{estabilizantes}$$

$$\begin{aligned} 6636 \text{ kg} \cdot 2 &\leq 19033,7 \text{ kg} \rightarrow \\ \rightarrow 13272 &\leq 19033,7 \rightarrow \text{CUMPLE} \end{aligned}$$

Figura 15. Esfuerzos en la determinación a vuelco y deslizamiento

5) COMPROBACION A DESLIZAMIENTO

En la comprobación a deslizamiento se sigue el siguiente procedimiento, utilizando un:

$$\Sigma F_{desestabilizantes} \cdot \gamma_d \leq \Sigma F_{estabilizantes}$$

Donde γ_d , el coeficiente de deslizamiento, vale 1,5.

$$\Sigma F_{desestabilizantes} = V = 1680 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_{estabilizantes} = f_{roz} = \mu \cdot \Sigma N = \tan \delta \cdot \Sigma N$$

$$\delta = 2/3 \cdot 28^\circ = 18,67^\circ; \Sigma N = (10566,67 + 4320 + 1646,4 + 8845,2) = 25378,3 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_{estabilizantes} = f_{roz} = \mu \cdot \Sigma N = \tan \delta \cdot \Sigma N = \tan 18,67^\circ \cdot 25378,3 = 8573,6 \text{ kg}$$

$$1680 \text{ kg} \cdot 1,5 \leq 8573,6 \text{ kg} \rightarrow 2520 \text{ kg} \leq 8573,6 \text{ kg} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Por lo tanto, la zapata cumple con el criterio establecido.

6) TRASMISION DE TENSIONES AL TERRENO

En este apartado se va a estudiar como la relación entre la excentricidad y la trasmisión de tensiones al terreno interactúan. En la siguiente figura se representa el efecto de la excentricidad sobre los esfuerzos aplicado a la zapata. La expresión para calcular la excentricidad es la siguiente:

$$e = \frac{\Sigma M}{\Sigma N}$$

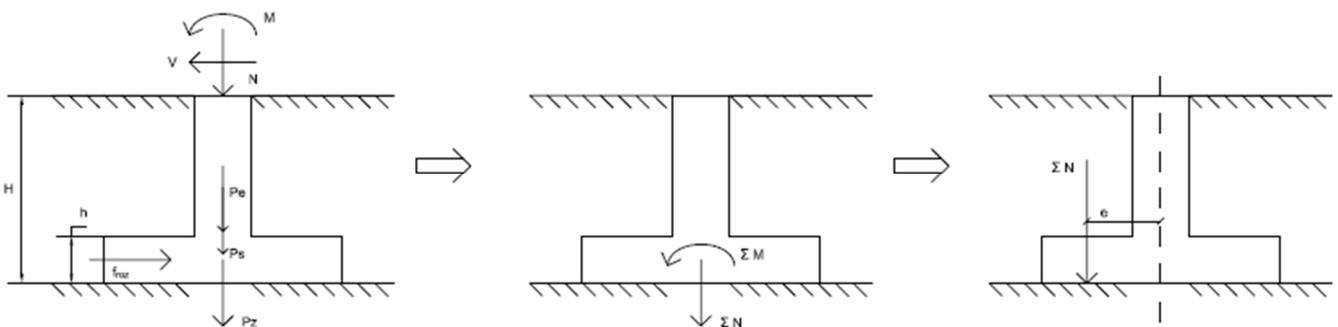


Figura 16. Excentricidad de los esfuerzos en la zapata

Los esfuerzos actúan a una determinada distancia del eje principal. Dicha distancia es la mencionada excentricidad. A continuación, se representa gráficamente la excentricidad y las expresiones utilizadas para su cálculo.

$$e = \frac{\Sigma M}{\Sigma N} = \frac{M + V \cdot H}{N + P_z + P_e + P_s} = \frac{6636}{25378,3} = 0,261 \text{ m}$$

Si, $e \geq \frac{a}{6} \rightarrow \Sigma N$, fuera del núcleo central

$$\frac{a}{6} = \frac{1,5}{6} = 0,25 \text{ m} \rightarrow e \geq 0,25 \text{ m}$$

Según el criterio de excentricidad, los axiles, se encuentran afuera del núcleo central, por lo tanto, la zapata pertenece al CASO III: flexión compuesta.

Ahora hay que localizar el punto en el cual las tensiones cambian desde valor positivo a valor negativo mediante la siguiente expresión.

$$y = 3 \cdot \left(\frac{a}{2} - e\right) = 3 \cdot \left(\frac{1,5}{2} - 0,261\right) = 1,465 \text{ m}$$

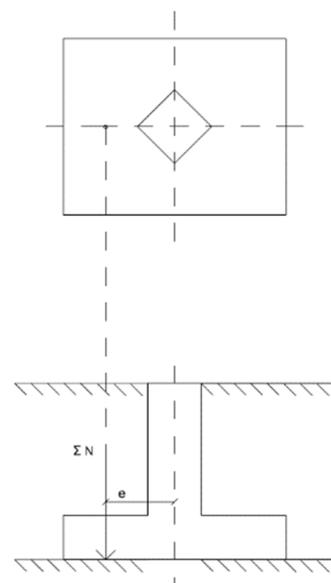


Figura 17. Esfuerzos axiles fuera del núcleo central (CASO III)

Como se puede ver en la Figura 18, en el punto donde y tiene un valor de 1,459 m, las tensiones cambian de signo positivo a signo negativo.

Ahora es posible comparar el valor de tensión máxima con el valor de la tensión admisible, que debe tener un valor mayor para satisfacer los criterios.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{4}{3} \cdot \frac{\Sigma N}{(a - 2 \cdot e)} \cdot \frac{1}{b}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{4}{3} \cdot \frac{25378,3}{(1,5 - 2 \cdot 0,261)} \cdot \frac{1}{2}$$

$$= 17316,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \rightarrow 1,7317 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

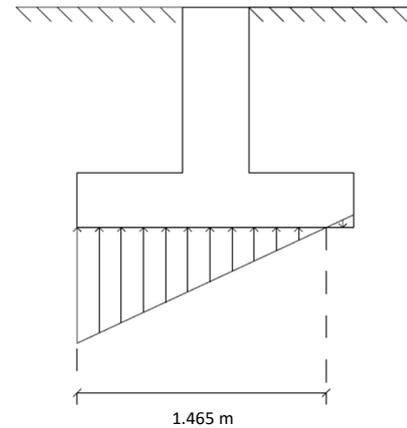


Figura 18. Tensiones producidas.

La tensión admisible del terreno es la antes mencionada, con un valor de 0.2 Mpa para suelos de arcilla muy firme, equivalentes a $2 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$.

$$\sigma_{m\acute{a}x} \leq \sigma_{adm} \rightarrow 1,7317 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} \leq 2 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

7) COMPROBACION DE SECCIONES

En la comprobación de secciones se procede con el cálculo considerando el hormigón como voladizo empotrado tal y como se muestra en la figura.

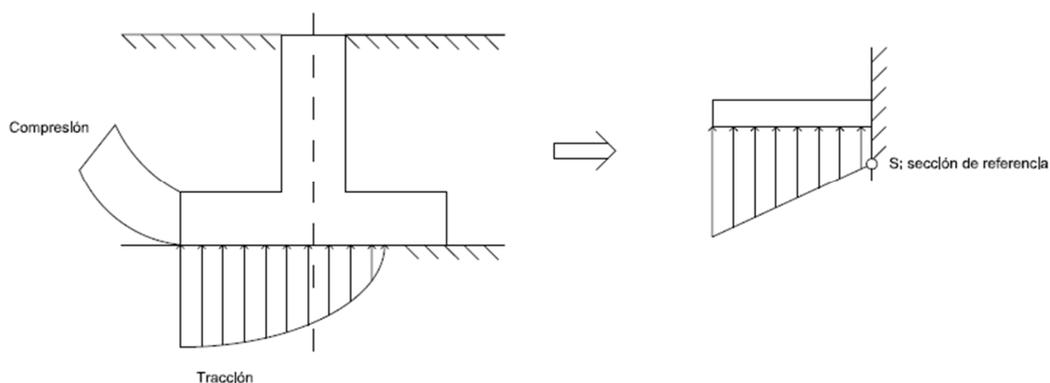


Figura 19. Comportamiento del hormigón como voladizo empotrado.

Para el cálculo del momento en la sección de referencia hay que calcular previamente la longitud de dicha sección mediante la siguiente formula, en la que v es el vuelco calculado anteriormente.

$$l = v + 0,5 \cdot a_0 = 0,4 + 0,5 \cdot 0,7 = 0,75 \text{ m}$$

Una vez que se conoce la longitud se puede calcular el momento, que se mayorará utilizando un coeficiente de mayoración de 1.5.

$$M_s = \sigma_{m\acute{a}x} \cdot b \cdot l^2 / 2 = 1,7317 \cdot 200 \cdot 75^2 / 2 = 974056 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M_d = M_s \text{ (mayorado)} = M_s \cdot \gamma_d = 974056 \cdot 1,5 = 1461084 \text{ kg} \cdot \text{cm} = 14610,84 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

El comportamiento del hormigón y del acero cambia según sea un esfuerzo a compresión o a tracción. En el caso de un esfuerzo a compresión los materiales aguantan cargas mayores respecto a los esfuerzos a tracción.

Tomando como referencia el *Anejo nº 7 del EHE-08*, se establece el recubrimiento mecánico y el canto útil de la cimentación, escogiendo los siguientes valores:

$$r: \text{recubrimiento mecánico} = 5 \text{ cm}$$

$$d: \text{canto útil } (h - r) = 60 - 5 = 55 \text{ cm} = 0,55 \text{ m}$$

A continuación, se muestran los dos métodos para determinar el número de barras que serán necesarias aplicar a la cimentación.

- Cálculo mecánico resistente

Calculando la capacidad mecánica del bloque comprimido y la capacidad mecánica del bloque a tracción y, posteriormente, escogiendo un diámetro de la barra de acero B-500S propuesta por el EHE-8, se obtiene el número de barras de acero necesarias en la cimentación.

U_0 : Capacidad mecánica del bloque comprimido

$$U_0 = 0,85 \cdot b \cdot d \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 200 \cdot 55 \cdot 250 / 1,5 = 155833 \text{ kg}$$

U_s : Capacidad mecánica del bloque a tracción

$$U_s = U_0 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot M_d / U_0 \cdot d} \right)$$

$$U_s = 155833 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 14610,84 / 155833 \cdot 0,55} \right)$$

$$U_s = 26795,5 \text{ kg}$$

Una vez que se conoce la capacidad mecánica del bloque se procede a calcular la capacidad mecánica de las barras, el número mínimo necesario para cumplir con las normas y la separación entre ellas.

$$U_{12\phi} = A_{12\phi} \cdot f_{ym} / \gamma_s = \pi \cdot 1,2^2 / 4 \cdot 5100 / 1,15$$

$$= 5015,62 \text{ kg}$$

$$n^{\circ} \text{ de barras: } n_{calc} = U_s / U_{12\phi} = 26795,5 / 5015,62$$

$$= 5,34 \rightarrow 6 \text{ barras}$$

$$\text{separación entre barras: } s = b - 2 \cdot r / n - 1$$

$$= 200 - 2 \cdot 5 / 6 - 1 = 38 \text{ cm}$$

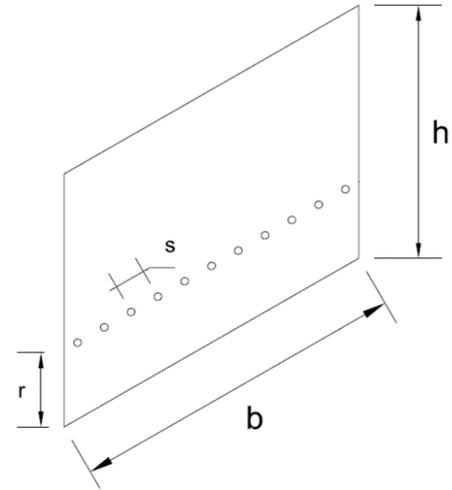


Figura 20..Disposición de las barras en la cimentación

Por lo tanto, tendremos un total de 6 barras por zapata separadas a una distancia de 38 cm. El la figura se respresenta esquematicamente como se disponen las barras a lo largo de la cimentacion.

- Cuantías geométricas

Es otro criterio que se utiliza para el calculo del numero de barras necesarias y se va a resolver mediante las siguientes expresiones:

$$P_g = 0,9 / 1000 \cdot A_{HORMIGÓN} = 0,9 / 1000 \cdot b \cdot h = 0,9 / 1000 \cdot 200 \cdot 60 = 10,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{12\phi} = \pi \cdot 1,2^2 / 4 = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$n^{\circ} \text{ de barras: } n_{calc} = P_g / A_{12\phi} = 10,8 / 1,13 = 9,55 \rightarrow 10 \text{ barras}$$

El número de barras que ha salido mediante el calculo con el segundo criterio (cuantías geométricas) es mayor respecto al primero, por lo tanto, se elige una cimentacion con por lo menos 10 barras de acero en un su interior.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO II: INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE | 1 |
| 1) INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2) MATERIALES | 2 |
| 3) DISEÑO DE LA INSTALACIÓN | 2 |
| 3.1 Agua fría | 3 |
| 3.2 Agua caliente | 3 |
| 4) DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS | 4 |
| 4.1 Procedimiento de cálculo | 4 |
| 4.2 Tabla de datos | 5 |
| 4.3 Calculo de la presión y comprobaciones | 10 |
| INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO | 12 |
| 1) INTRODUCCIÓN | 13 |
| 2) ELEMENTOS DE LA RED Y MATERIALES | 13 |
| 3) CALCULO DE LA RED DE EVACUACION DE AGUAS | 13 |
| 3.1 Aguas residuales | 14 |
| 3.2 Aguas pluviales | 16 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| <i>Tabla 1. Consumo de agua fría.</i> | 3 |
| <i>Tabla 2. Consumo de agua caliente.</i> | 3 |
| <i>Tabla 3. Datos de la instalación.</i> | 5 |
| <i>Tabla 4. Resultados de agua fría I.</i> | 6 |
| <i>Tabla 5. Resultados de agua fría II.</i> | 7 |
| <i>Tabla 6. Resultados de agua caliente I.</i> | 8 |
| <i>Tabla 7. Resultados de agua caliente II.</i> | 9 |
| <i>Tabla 8. Presiones de agua fría.</i> | 10 |
| <i>Tabla 9. Presiones de agua caliente.</i> | 11 |
| <i>Tabla 10. Unidades de desagüe de cada elemento.</i> | 14 |
| <i>Tabla 11. Elementos de la red.</i> | 14 |
| <i>Tabla 12. Diámetros de los ramales colectores.</i> | 15 |
| <i>Tabla 13. Diámetros de los colectores horizontales.</i> | 16 |
| <i>Tabla 14. Diámetros de los canalones.</i> | 17 |
| <i>Tabla 15. Intensidad pluviométrica i (mm/h).</i> | 17 |
| <i>Tabla 16. Diámetros de las bajantes.</i> | 17 |
| <i>Tabla 17. Diámetros de los colectores.</i> | 18 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas..... 16

INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE

1) INTRODUCCIÓN

Es objeto de este anejo diseñar la instalación de agua caliente y fría en una quesería situada en Morella. Además, se realizará el diseño de la red de evacuación de aguas residuales y de aguas pluviales.

Toda la instalación se llevará a cabo acorde con las disposiciones del CTE en su documento básico HS salubridad.

2) MATERIALES

El material utilizado para las conducciones es el polipropileno PPR100 de presión nominal 20 kg/cm², con las siguientes características:

- Resistente a las altas presiones y temperaturas.
- Resistente a la corrosión.
- Dúctil (insensible al congelamiento, bajo nivel de ruidos, mejor resistencia a los golpes de ariete).
- Flexibles (Resiste muy bien las Vibraciones).
- Atóxicidad absoluta.
- Resistente al impacto.
- Alta Resistencia química.
- Termofusión (gran soldabilidad, fácil, segura y confiable).
- Muy baja pérdida de carga.
- Mal conductor de calor (muy baja conductividad térmica 0,23w/m.k).
- Facilidad y Rapidez del Montaje (muy bajo peso específico).

Las conducciones cumplirán con la norma UNE EN ISO 15875:2004 *“sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua fría y de agua caliente.”*

3) DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

Antes de empezar con los cálculos del dimensionado de la tubería, es necesario conocer los caudales instantáneos de los elementos de la instalación de fontanería.

Para los aparatos sanitarios tomaremos los caudales proporcionados por el Código Técnico de la Edificación en su documento HS-4, mientras que para los elementos que no se especifican en el código técnico es necesario conocer su propio caudal, dado por el fabricante.

Otro dato que hay que tener en consideración es la presión mínima requerida en cada punto de consumo. Como establecido por el código técnico, para los grifos se considera una presión mínima de 10 m.c.a y 15 m.c.a para los fluxores y calentadores.

A continuación, se establecerán las necesidades de agua que tiene la instalación, tanto por el agua fría como para agua caliente.

3.1 Agua fría

En las necesidades de agua fría se representan todos los elementos que componen la instalación, debido a que tanto los aparatos sanitarios como a los elementos utilizados en la limpieza necesitan el abastecimiento de agua fría.

Tabla 1. Consumo de agua fría.

| APARATOS | NUMERO | GASTO (l/s) | TOTAL (l/s) |
|------------------------------|--------|-------------|-------------|
| Inodoro cisterna | 2 | 0,1 | 0,2 |
| Ducha | 2 | 0,2 | 0,4 |
| Lavabo | 3 | 0,1 | 0,3 |
| Fregadero no domestico | 1 | 0,3 | 0,3 |
| Hidrolimpiadora de presión | 1 | 0,25 | 0,25 |
| Tanque de almacenamiento | 4 | 0,42 | 1,68 |
| Consumo de agua total | | | 3,13 |

3.2 Agua caliente

Para las necesidades de agua caliente se sigue el mismo criterio. Para los elementos presentes en el código técnico se utiliza el valor proporcionado mientras que por los aparatos ajenos al código se utiliza el valor dado por el fabricante. La diferencia en este caso es el valor de ciertos caudales que al tratarse de agua caliente se reduce por algunos elementos mientras que en otros no se necesita agua caliente.

Tabla 2. Consumo de agua caliente.

| APARATOS | NUMERO | GASTO (l/s) | TOTAL (l/s) |
|------------------------------|--------|-------------|--------------|
| Ducha | 2 | 0,1 | 0,2 |
| Lavabo | 3 | 0,065 | 0,195 |
| Fregadero no domestico | 1 | 0,2 | 0,2 |
| Hidrolimpiadora de presión | 1 | 0,25 | 0,25 |
| Tanque de almacenamiento | 4 | 0,42 | 1,68 |
| Consumo de agua total | | | 2,525 |

4) DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS

4.1 Procedimiento de cálculo

En este apartado vamos a realizar los cálculos necesarios para el dimensionado de las tuberías de agua fría y de agua caliente.

Una vez que se dispone del caudal total que circula por el sistema y en cada tramo, se procede al dimensionado de la tubería. Como velocidad máxima de circulación se escogen 2 m/s. Con este dato se dimensionan las tuberías calculando primero la superficie y por segundo el diámetro mínimo necesario para dicha velocidad.

$$Q = v/S$$

$$D = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}}$$

Donde:

- D: diámetro interior teórico del tubo, en m
- Q: caudal de la línea, en m³/s
- V: velocidad fijada al fluido, en m/s
- S: superficie de la tubería, en m²

Conocido el diámetro teórico, es ahora posible ir a las tablas de diámetros comerciales y elegir el inmediatamente superior. Cuando se conocen el nuevo diámetro interior y el espesor de la tubería se puede recalcular la velocidad, siendo esta la velocidad real de circulación.

El siguiente paso es calcular la pérdida de carga. Esto se realiza calculando primero la pérdida de carga en cada tramo mayorandola utilizando un coeficiente de 1.3 y por segundo sumando todas las pérdidas de carga antecedentes al punto estudiado. Para la resolución de este apartado se ha utilizado la fórmula de Hazen - Williams que se indica a continuación:

$$hr = 10.62 \cdot (C^{-1.85}) \cdot L \cdot \frac{Q^{1.85}}{Dint^{4.87}}$$

Donde:

- C: es la rugosidad de la tubería (150 para tubos de polietileno de alta densidad)
- L: es la longitud del tramo, en m
- Q: es el caudal que circula por el tramo, en m³/s
- D: es el diámetro interior, en m

4.2 Tabla de datos

A continuación, se exponen los datos iniciales necesarios para la resolución de la instalación y los resultados de los cálculos mencionados anteriormente.

Tabla 3. Datos de la instalación.

| | |
|-------------------|----------|
| Presión acometida | 40 m.c.a |
| Velocidad teórica | 2 m/s |
| Cota instalación | 2.5 m |
| Cota acometida | 0 m |

En las tablas que se muestran a continuación detalla la enumeración de los nudos, que se representan con su propia longitud y su propio caudal. Además, se recogen los tamaños de los diámetros nominales de los tramos, el valor de la velocidad del agua en cada nudo y las pérdidas de carga relativas a cada tramo, tanto de agua fría como de agua caliente.

Agua fría

Tabla 4. Resultados de agua fría I.

| Tramo | Nudo inicial | Nudo final | Longitud (m) | Q tramo (l/s) | S teórica (mm ²) | D teórico (mm) | DN |
|-------|--------------|------------|--------------|---------------|------------------------------|----------------|----|
| A | 1 | 2 | 17,5 | 3,13 | 1565 | 44,64 | 75 |
| B | 2 | 3 | 7,5 | 0,30 | 150 | 13,82 | 25 |
| C | 2 | 4 | 2,0 | 2,83 | 1415 | 42,45 | 75 |
| D | 4 | 5 | 13,0 | 2,58 | 1290 | 40,53 | 75 |
| E | 5 | 6 | 2,5 | 2,16 | 1080 | 37,08 | 63 |
| F | 6 | 7 | 2,5 | 1,74 | 870 | 33,28 | 63 |
| G | 7 | 8 | 2,5 | 1,32 | 660 | 28,99 | 50 |
| H | 8 | 9 | 5,5 | 0,90 | 450 | 23,94 | 40 |
| I | 9 | 10 | 4,0 | 0,10 | 50 | 7,98 | 20 |
| L | 9 | 11 | 11,5 | 0,80 | 400 | 22,57 | 40 |
| M | 11 | 12 | 1,5 | 0,60 | 300 | 19,54 | 32 |
| N | 12 | 13 | 1,5 | 0,40 | 200 | 15,96 | 32 |
| O | 13 | 14 | 1,5 | 0,30 | 150 | 13,82 | 25 |
| P | 14 | 15 | 4,5 | 0,20 | 100 | 11,28 | 20 |
| Q | 15 | 16 | 1,5 | 0,10 | 50 | 7,98 | 20 |

ANEJO II: INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO

Tabla 5. Resultados de agua fría II.

| Tramo | DN | D interior (mm) | Espesor (mm) | S (mm ²) | Velocidad (m/s) | hr (m.c.a) | ΔH (m.c.a) | Hr (m.c.a) |
|-------|----|-----------------|--------------|----------------------|-----------------|------------|------------|------------|
| A | 75 | 50,00 | 12,50 | 1963 | 1,59 | 0,88 | 1,15 | 1,15 |
| B | 25 | 16,60 | 4,20 | 216 | 1,39 | 1,06 | 1,38 | 2,53 |
| C | 75 | 50,00 | 12,50 | 1963 | 1,44 | 0,08 | 0,11 | 1,26 |
| D | 75 | 50,00 | 12,50 | 1963 | 1,31 | 0,46 | 0,60 | 1,85 |
| E | 63 | 42,00 | 10,50 | 1385 | 1,56 | 0,15 | 0,19 | 2,05 |
| F | 63 | 42,00 | 10,50 | 1385 | 1,26 | 0,10 | 0,13 | 2,18 |
| G | 50 | 33,40 | 8,30 | 876 | 1,51 | 0,18 | 0,24 | 2,41 |
| H | 40 | 26,60 | 6,70 | 556 | 1,62 | 0,60 | 0,78 | 3,19 |
| I | 20 | 13,20 | 2,70 | 137 | 0,73 | 0,23 | 0,29 | 3,49 |
| L | 40 | 26,60 | 6,70 | 556 | 1,44 | 1,01 | 1,31 | 4,50 |
| M | 32 | 21,20 | 5,40 | 353 | 1,70 | 0,23 | 0,30 | 4,80 |
| N | 32 | 21,20 | 5,40 | 353 | 1,13 | 0,11 | 0,14 | 4,94 |
| O | 25 | 16,60 | 4,20 | 216 | 1,39 | 0,21 | 0,28 | 5,22 |
| P | 20 | 13,20 | 3,40 | 137 | 1,46 | 0,92 | 1,19 | 6,42 |
| Q | 20 | 13,20 | 2,70 | 137 | 0,73 | 0,08 | 0,11 | 6,53 |

Agua caliente

Tabla 6. Resultados de agua caliente I.

| Tramo | Nudo inicial | Nudo final | Longitud (m) | Q tramo (l/s) | S teórica (mm ²) | D teórico (mm) | DN |
|-------|--------------|------------|--------------|---------------|------------------------------|----------------|----|
| A | 1 | 2 | 17,5 | 2,53 | 1263 | 40,09 | 63 |
| B | 2 | 3 | 7,5 | 0,20 | 100 | 11,28 | 25 |
| C | 2 | 4 | 2,0 | 2,33 | 1163 | 38,47 | 63 |
| D | 4 | 5 | 13,0 | 2,08 | 1038 | 36,35 | 63 |
| E | 5 | 6 | 2,5 | 1,66 | 828 | 32,46 | 63 |
| F | 6 | 7 | 2,5 | 1,24 | 618 | 28,04 | 50 |
| G | 7 | 8 | 2,5 | 0,82 | 408 | 22,78 | 40 |
| H | 8 | 9 | 5,5 | 0,40 | 198 | 15,86 | 32 |
| I | 9 | 10 | 4,0 | 0,07 | 33 | 6,43 | 20 |
| L | 9 | 11 | 11,5 | 0,33 | 165 | 14,49 | 32 |
| M | 11 | 12 | 1,5 | 0,23 | 115 | 12,10 | 25 |
| N | 12 | 13 | 7,5 | 0,13 | 65 | 9,10 | 20 |
| O | 13 | 14 | 1,5 | 0,06 | 33 | 6,43 | 20 |

ANEJO II: INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO

Tabla 7. Resultados de agua caliente II.

| Tramo | DN | D interior (mm) | Espesor (mm) | S (mm ²) | Velocidad (m/s) | hr (m.c.a) | ΔH (m.c.a) | Hr (m.c.a) |
|-------|----|-----------------|--------------|----------------------|-----------------|------------|------------|------------|
| A | 63 | 42,00 | 10,50 | 1385 | 1,82 | 1,39 | 1,80 | 1,80 |
| B | 25 | 16,60 | 4,20 | 216 | 0,92 | 0,50 | 0,65 | 2,46 |
| C | 63 | 42,00 | 10,50 | 1385 | 1,68 | 0,14 | 0,18 | 1,98 |
| D | 63 | 42,00 | 10,50 | 1385 | 1,50 | 0,72 | 0,93 | 2,91 |
| E | 63 | 42,00 | 10,50 | 1385 | 1,19 | 0,09 | 0,12 | 3,03 |
| F | 50 | 33,40 | 8,30 | 876 | 1,41 | 0,16 | 0,21 | 3,24 |
| G | 40 | 26,60 | 6,70 | 556 | 1,47 | 0,23 | 0,29 | 3,54 |
| H | 32 | 21,20 | 5,40 | 353 | 1,12 | 0,39 | 0,51 | 4,05 |
| I | 20 | 13,20 | 2,70 | 137 | 0,47 | 0,10 | 0,13 | 4,18 |
| L | 32 | 21,20 | 5,40 | 353 | 0,93 | 0,59 | 0,77 | 4,81 |
| M | 25 | 16,60 | 4,20 | 216 | 1,06 | 0,13 | 0,17 | 4,98 |
| N | 20 | 13,20 | 3,40 | 137 | 0,95 | 0,69 | 0,90 | 5,88 |
| O | 20 | 13,20 | 2,70 | 137 | 0,47 | 0,04 | 0,05 | 5,93 |

4.3 Cálculo de la presión y comprobaciones

Una vez que se conoce el diámetro real de la tubería y la pérdida de carga en cada tramo, es posible calcular la presión en cada nudo. Es indispensable conocer este dato para comprobar que este dentro del límite mínimo para el correcto funcionamiento de la instalación. La presión se calcula mediante la ecuación de Bernoulli.

$$\frac{P_i}{\gamma} + z_i + \frac{v_i^2}{2 \cdot g} = \frac{P_f}{\gamma} + z_2 + \frac{v_f^2}{2 \cdot g} + \Delta H$$

Donde:

- P/λ es la presión en un punto, en m.c.a
- z es la cota de la instalación, en m
- v es la velocidad del fluido, en m/s
- g es la aceleración de gravedad, en m/s²
- ΔH es la pérdida de carga entre los dos puntos, en m.c.a

Siendo la presión en la acometida de 40 m.c.a., la presión en cada punto de la instalación será la que se expone en las siguientes tablas:

Agua fría

Tabla 8. Presiones de agua fría.

| Tramo | Nudo in. | Nudo fin. | hr (m.c.a) | ΔH (m.c.a) | Hr (m.c.a) | P (m.c.a) |
|-------|----------|-----------|------------|--------------------|------------|-----------|
| A | 1 | 2 | 0,88 | 1,15 | 1,15 | 36,35 |
| B | 2 | 3 | 1,06 | 1,38 | 2,53 | 35,00 |
| C | 2 | 4 | 0,08 | 0,11 | 1,26 | 36,27 |
| D | 4 | 5 | 0,46 | 0,60 | 1,85 | 35,69 |
| E | 5 | 6 | 0,15 | 0,19 | 2,05 | 35,46 |
| F | 6 | 7 | 0,10 | 0,13 | 2,18 | 35,37 |
| G | 7 | 8 | 0,18 | 0,24 | 2,41 | 35,10 |
| H | 8 | 9 | 0,60 | 0,78 | 3,19 | 34,30 |
| I | 9 | 10 | 0,23 | 0,29 | 3,49 | 34,12 |
| L | 9 | 11 | 1,01 | 1,31 | 4,50 | 33,02 |
| M | 11 | 12 | 0,23 | 0,30 | 4,80 | 32,68 |
| N | 12 | 13 | 0,11 | 0,14 | 4,94 | 32,62 |
| O | 13 | 14 | 0,21 | 0,28 | 5,22 | 32,31 |
| P | 14 | 15 | 0,92 | 1,19 | 6,42 | 31,11 |
| Q | 15 | 16 | 0,08 | 0,11 | 6,53 | 31,08 |

Agua caliente

Tabla 9. Presiones de agua caliente.

| Tramo | Nudo in. | Nudo fin. | hr (m.c.a) | ΔH (m.c.a) | Hr (m.c.a) | P (m.c.a) |
|-------|----------|-----------|------------|--------------------|------------|-----------|
| A | 1 | 2 | 1,39 | 1,80 | 1,80 | 35,70 |
| B | 2 | 3 | 0,50 | 0,65 | 2,46 | 35,17 |
| C | 2 | 4 | 0,14 | 0,18 | 1,98 | 35,54 |
| D | 4 | 5 | 0,72 | 0,93 | 2,91 | 34,64 |
| E | 5 | 6 | 0,09 | 0,12 | 3,03 | 34,57 |
| F | 6 | 7 | 0,16 | 0,21 | 3,24 | 34,33 |
| G | 7 | 8 | 0,23 | 0,29 | 3,54 | 34,02 |
| H | 8 | 9 | 0,39 | 0,51 | 4,05 | 33,56 |
| I | 9 | 10 | 0,10 | 0,13 | 4,18 | 33,48 |
| L | 9 | 11 | 0,59 | 0,77 | 4,81 | 32,81 |
| M | 11 | 12 | 0,13 | 0,17 | 4,98 | 32,63 |
| N | 12 | 13 | 0,69 | 0,90 | 5,88 | 31,74 |
| O | 13 | 14 | 0,04 | 0,05 | 5,93 | 31,73 |

Como demostrado en las tablas, en ningún punto de la instalación la presión va por debajo de la presión mínima de funcionamiento, de 10 m.c.a para grifos y de 15 m.c.a para fluxores. De hecho, son muy elevados, por lo tanto, se instalan válvulas reductoras de presión.

INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

1) INTRODUCCIÓN

En este anejo se realiza el diseño y dimensionado de la red de recogida y evacuación de residuos líquidos generados por la industria.

Los tres tipos de residuos líquidos son:

- Agua pluvial: agua recogida por la cubierta de la industria en caso de precipitaciones
- Agua negra: agua recogida desde los aparatos sanitarios
- Aguas residuales: aguas generadas por la limpieza de locales y maquinaria

El dimensionado consiste en el diseño de una serie de conducciones que permitan la evacuación de los vertidos desde su punto de origen hasta la descarga.

2) ELEMENTOS DE LA RED Y MATERIALES

Las conducciones del sistema de evacuación de aguas están hechas de PVC. Es un material económico y de fácil instalación, por lo tanto, es muy utilizado en los sistemas hidráulicos. Entre otras características cabe destacar que se comporta muy bien tanto al frío como al calor, y también por su buen comportamiento frente a productos químicos y disolventes.

A continuación, se describen brevemente los elementos que componen la instalación:

- Canalones: son los elementos encargados de evacuar el agua pluvial que se acumularía en la cubierta.
- Derivaciones: en estos conductos se descargan las aguas de los aparatos sanitarios.
- Bajantes: son las conducciones que recogen las aguas de los canalones y de las derivaciones.
- Colectores: son las conducciones que recogen las aguas de todos elementos anteriores.

3) CALCULO DE LA RED DE EVACUACION DE AGUAS

La resolución de una red de desagüe mediante un cálculo hidráulico sería muy complicada, debido a que se trata de agua mezclada con otros elementos, por esto se utilizan los métodos expuestos en el CTE, Documento básico HS salubridad, sección 5: "evacuación de aguas".

3.1 Aguas residuales

Derivaciones individuales

En la industria encontramos distintos puntos de salida del agua, cada una de ellas tiene asociado un determinado número de unidades de desagüe que han sido utilizados para el cálculo. En la siguiente tabla se recoge el número de unidades que corresponde a cada elemento.

Tabla 10. Unidades de desagüe de cada elemento.

| 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 | 8 | 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 | 7 | 100 | - |
| | Inodoro con fluxómetro | 8 | 100 | - |
| Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha) | Inodoro con cisterna | 6 | 100 | - |
| | Inodoro con fluxómetro | 8 | 100 | - |

En el caso de los elementos que no se encuentran en la tabla se utiliza el caudal, un valor de 0,47 dm³/s corresponde a 1 unidad de desagüe, por lo tanto, la hidrolimpiadora (0,25 dm³/s) y los tanques de almacenamientos (0,42 dm³/s) necesitan 1 unidad de desagüe para cada elemento.

A continuación, se muestran las salidas de agua junto con sus respectivas unidades de desagüe y el diámetro de la derivación individual requerido.

Tabla 11. Elementos de la red.

| Elemento | Nº de elementos | Nº unidades | Diámetro |
|--------------------------|-----------------|-------------|----------|
| Ducha | 2 | 4 UD | 40 mm |
| Lavabo | 3 | 3 UD | 32 mm |
| Inodoro | 2 | 8 UD | 100 mm |
| Fregadero no domestico | 1 | 3 UD | 40 mm |
| Hidrolimpiadora | 1 | 1 UD | 32 mm |
| Tanque de almacenamiento | 4 | 4 UD | 32 mm |

El número total de unidades que se va a abastecer es de 23 unidades de desagüe.

Ramales colectores

Para el cálculo del diámetro de los colectores se han tenido en cuenta los diámetros calculados anteriormente y se procede con la elección de la tubería mediante la siguiente tabla.

Tabla 12. Diámetros de los ramales colectores.

| 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 |

Para la evacuación de residuos de la zona del vestuario se ha optado por utilizar un diámetro igual o mayor lo que se ha utilizado por el inodoro al tener dimensiones suficientes para evacuar los aparatos presentes. Siendo el diámetro de 100 mm, se ha optado por instalar una tubería de diámetro de 110 mm, con una pendiente de 1%, que puede abastecer un total de 123 UD.

El resto de ramales colectores se ha sobredimensionado para poder evacuar eventuales residuos sólidos originado en el proceso u otros elementos que puedan causar obturaciones, por lo tanto, se utiliza en todos unos diámetros de 110 mm igual que el anterior.

Bajantes de aguas residuales

En la fábrica tan solo hay una planta por tanto se mantendrá el diámetro utilizado anteriormente ya que es suficiente para desaguar las unidades requeridas.

Colectores horizontales de aguas residuales

Los colectores se suelen dimensionarse para funcionar a media sección. El diámetro de los colectores se obtiene en la tabla 13.

Tabla 13. Diámetros de los colectores horizontales.

| Máximo número de UD | | | Diámetro (mm) |
|---------------------|--------|--------|---------------|
| Pendiente | | | |
| 1 % | 2 % | 4 % | |
| - | 20 | 25 | 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 |

El diámetro elegido para los colectores horizontales es de 75 mm y con una pendiente de del 2%, que corresponde a 38 unidades de desagüe.

3.2 Aguas pluviales

Canalones

En el cálculo de los canalones se considera la tabla 14, donde se recogen los valores de los diámetros nominales según la pendiente del canalón y la superficie que tiene que servir, por un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Para las situaciones de pluviometría distinta se tiene que aplicar un factor de corrección debido al distinto clima de las distintas zonas.



Figura 1. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas.

Tabla 14. Diámetros de los canalones.

| Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²) | | | | Diámetro nominal del canalón (mm) |
|--|-----|-----|-----|-----------------------------------|
| Pendiente del canalón | | | | |
| 0.5 % | 1 % | 2 % | 4 % | |
| 35 | 45 | 65 | 95 | 100 |
| 60 | 80 | 115 | 165 | 125 |
| 90 | 125 | 175 | 255 | 150 |
| 185 | 260 | 370 | 520 | 200 |
| 335 | 475 | 670 | 930 | 250 |

Tabla 15. Intensidad pluviométrica i (mm/h).

| Isoyeta | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|---------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Zona A | 30 | 65 | 90 | 125 | 155 | 180 | 210 | 240 | 275 | 300 | 330 | 365 |
| Zona B | 30 | 50 | 70 | 90 | 110 | 135 | 150 | 170 | 195 | 220 | 240 | 265 |

En Morella, situada en la zona B en la isoyeta 50, el régimen pluviométrico (i) es de 110 mm/h, por lo tanto, el factor de corrección será:

$$f = \frac{i}{100} = \frac{110}{100} = 1.1$$

Conociendo el factor de corrección se procede al dimensionado del canalón. Primero mayorando la superficie de la fábrica multiplicando el área real por el coeficiente de mayoración y por segundo se elige desde la tabla el diámetro que más se ajusta a las necesidades.

$$S_{mayorada} = S \cdot f = 576 \cdot 1.1 = 633.6 \text{ m}^2$$

En la tabla 14, la superficie inmediatamente superior es de 670 m² por una pendiente del 2%, por lo tanto, el diámetro elegido para la instalación es 250 mm.

Bajantes

Igual que por los canalones, en el caso de precipitaciones diferentes a los 100 mm/h, se tiene que utilizar un factor de corrección para aumentar la superficie de cubierta.

Tabla 16. Diámetros de las bajantes.

| Superficie en proyección horizontal servida (m ²) | Diámetro nominal de la bajante (mm) |
|---|-------------------------------------|
| 65 | 50 |
| 113 | 63 |
| 177 | 75 |
| 318 | 90 |
| 580 | 110 |
| 805 | 125 |
| 1.544 | 160 |
| 2.700 | 200 |

Siendo el factor de corrección lo mismo que el calculado en el apartado anterior, se procede a la elección del diámetro. La superficie inmediatamente superior a la calculada presente en la tabla es de 805 m², a la cual corresponde un diámetro nominal de 125 mm.

Colectores

De la misma forma, para los colectores, se procede a mayorar la superficie en proyección horizontal de la cubierta según la zona y su distinto régimen pluviométrico.

Tabla 17. Diámetros de los colectores.

| Superficie proyectada (m ²) Pendiente del colector | | | Diámetro nominal del colector (mm) |
|---|-------|-------|---------------------------------------|
| 1 % | 2 % | 4 % | |
| 125 | 178 | 253 | 90 |
| 229 | 323 | 458 | 110 |
| 310 | 440 | 620 | 125 |
| 614 | 862 | 1.228 | 160 |
| 1.070 | 1.510 | 2.140 | 200 |
| 1.920 | 2.710 | 3.850 | 250 |
| 2.016 | 4.589 | 6.500 | 315 |

Para una superficie mayorada de 670 m² se utiliza una pendiente del colector del 2%, que sirve hasta superficies de 862 m² y que utiliza un diámetro nominal de 160 mm.

Colectores mixtos

En el dimensionado de los colectores mixtos, deben transformarse las unidades de desagüe correspondientes a las aguas residuales en superficies equivalentes de recogida de agua y sumarse a las correspondientes a las aguas pluviales. Igual que antes la superficie de cubierta va mayorada con el coeficiente calculado anteriormente.

Por un número de unidad de desagüe menor de 250 UD la superficie equivalente es de 90 m², por lo tanto, la superficie total será la siguiente:

$$S_{mayorada} = (90 + 576) \cdot 1.1 = 732.6 \text{ m}^2$$

Se vuelve a utilizar la tabla 17 de donde se elige el colector con la misma pendiente del 2% y diámetro de 160 mm, lo que puede abastecer hasta una superficie de 862 m².