

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Rediseño de las instalaciones de las oficinas de nave industrial para mejora de eficiencia energética



Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico

Trabajo Fin de Grado

Autora: Lucas Alonso, Estibaliz

Director: Latorre Biel, Juan Ignacio

Tudela, 20 de Junio de 2016



RESUMEN

En este TFG se realizará un estudio centrado en las instalaciones de generación de calor, climatización y ventilación para una mejora de la eficiencia energética de las oficinas de una nave industrial.

La motivación de esta mejora se basa en el impacto que tienen este tipo de instalaciones en el medio ambiente y por ello se deben analizar más exhaustivamente. Por esto se ha realizado un estudio de viabilidad energética de las distintas alternativas y de su rentabilidad económica para una recuperación de la inversión a corto plazo y para contribuir eficientemente con el medio ambiente. Para ello se han analizadp diferentes opciones de equipos generadores de calor, como captadores solares, biomasa y bomba de calor y diferentes tipos de instalaciones, como radiadores, suelo radiante, climatización por conductos o fancoils.

Además se analiza y resuelve un problema surgido en la futura instalación y puesta en obra del anclaje de los conductos al forjado o a cubierta, haciendo un diseño superficial sin dañar ningún elemento estructural, que se integre en el edificio y su estructura pueda soportar.

PALABRAS CLAVE

Eficiencia energética, generación de calor, climatización, ventilación, fancoil.

ÍNDICE

1. Contextualización y planteamiento de la necesidad a resolver	1
1.1. Contextualización	1
1.2. Necesidad a resolver	2
2. Objetivos del TFG y especificaciones	3
3. Normativa aplicable	5
3.1. CTE: Código Técnico de la Edificación	5
3.2. RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios	6
4. Estudio de soluciones alternativas al problema planteado	7
4.1. Calefacción	7
4.1.1. Opción 1: Calefacción por suelo radiante	11
4.1.2. Opción 2: Calefacción por radiadores	14
4.1.3. Elección del sistema más adecuado para la instalación de calefacción	23
4.2. Ventilación	27
4.3. Refrigeración	32
4.3.1. Opción 1: Refrigeración por conductos	32
4.3.2. Opción 2: Refrigeración por fancoils	34
4.3.3. Elección del sistema más adecuado para la instalación de refrigeración	38
4.4. Fuentes de generación de calor	40
4.4.1. Caldera de gas natural	41
4.4.2. Solar Térmica	42
4.4.3. Biomasa	43
4.4.4. Bomba de calor: Aerotermia	46
4.4.5. Estudio de viabilidad de cada tipo de instalación	50
5. Elección justificada de una solución	57
5.1. Generación de calor: Aerotermia	57
5.2. Climatización: Suelo radiante refrescante con apoyo de fancoils	66
5.3. Fancoils	72
5.4. Ventilación	74
6. Presupuesto de la instalación	79
7. Problema surgido para la futura ejecución en obra de las instalaciones	81

8. Estudio de soluciones alternativas al problema planteado	83
8.1. Alternativas desarrolladas en el mismo ámbito o sector	83
8.2. Alternativas desarrolladas en otros sectores	88
8.3. Soluciones parciales a subproblemas concretos	89
8.4. Alternativas nuevas desarrolladas por la autora	94
9. Elección justificada de una solución	97
10. Desarrollo de la solución	99
10.1. Piezas necesarias para el sistema de sujeción desarrollado	99
10.2. Solución completa por ensamblaje de los diferentes sistemas desarrollados	101
10.3. Proceso de fabricación	103
10.4. Posibles utilizaciones del conjunto	106
10.5. Sistema mecánico. Cálculos	109
11. Ensayos	113
11.1. Ensayos virtuales (elementos finitos)	113
11.2. Ensayos reales	116
12. Presupuesto del sistema de sujeción	119
13. Conclusiones	121
14. Bibliografía	125
Anexos	127
Anexo 1: Planos	127
Anexo 2: Presupuesto Detallado	138
Anexo 3: Fichas Técnicas	149
Anexo 4: Certificados de eficiencia energética	163
Anexo 5: Informe de elementos finitos	176

1. CONTEXTUALIZACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD A RESOLVER

1.1. CONTEXTUALIZACIÓN

La actual normativa española (CTE – Código Técnico de la Edificación; RITE – Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y Real Decreto 47/2007 de Certificación Energética de Edificios de Nueva Construcción), surgen para limitar la emisión de gases de efecto invernadero en lo que respecta a los edificios y así mitigar el calentamiento global y fomentar la eficiencia energética de los edificios.

Esta normativa ha dado lugar a que se desarrollen distintos programas informáticos para verificar su cumplimiento. Así será mucho más económico hacer una estimación por ordenador que una medición real de los que consume cada edificio durante varios años. Incluso permite tomar decisiones antes de construir el edificio que permiten ahorros difíciles de conseguir a posteriori.

El objetivo último de la normativa es poder estimar el valor esperado de energía primaria consumida (gas, gasóleo, electricidad, solar, etc.) y su traducción en kilogramos de CO₂ no renovables (o fósiles) emitidos.

Con toda esta normativa hay que plantearse si es mejor, utilizar un equipo de generación de calor más caro con mejores prestaciones, o gastar más en un mejor diseño de las instalaciones, porque sabemos que a la larga da mejor resultado y nos ahorra problemas de mantenimiento y consumo ya que una instalación bien planteada en la que se tienen en cuenta todos los factores, como necesidades, potencias, rendimientos, funcionamiento, y no sólo los económicos individualmente al elegir un equipo de buenas prestaciones pero que en el conjunto de la instalación no da mejores resultados porque no se le saca todo el rendimiento por estar mal planteado.

Por ejemplo, estudios realizados en Holanda para aumentar el ahorro energético en edificios, han indicado que el 58% de las instalaciones tenía un problema básico de diseño, el 30% tenía un problema de mala regulación de caudales y puntos de consigna y el resto tenía que ver con problemas diversos. Por lo que se realizará un estudio de las diferentes opciones a instalar y ver cuál es globalmente más eficiente y duradera.

La directiva europea EPBD (Energy Performance in Buildings Directive) 2002/91/EC y otras que han surgido después, pretenden cambiar el esquema del mercado actual que analiza los equipos y las instalaciones individualmente, ya que se ha mostrado ineficiente y está contribuyendo al cambio acelerado del clima del planeta porque siendo ineficientes gastamos más energía no renovable que daña el medio ambiente, y dar prioridad a la conservación de éste optimizando las instalaciones.

1.2. NECESIDAD A RESOLVER

Es por esto, entre otras cosas, por lo que se elabora este proyecto para el acondicionamiento de las instalaciones térmicas del local de oficinas de una nave industrial para un proveedor de materiales de construcción situada en Tudela para la mejora de la eficiencia energética de las mismas.

La nave está situada en el polígono CAT, nave 6-14 de Tudela (Navarra), consta de 898,84 m² construidos, de los cuales 729,96 m² son en planta baja y 168,88 m² en planta primera. Del total de ellos, que sólo están construidos pero sin acondicionar, se utilizarán para oficinas 96,53 m² en planta baja y 168,88 m² en planta primera.

Se pretende por lo tanto, dotar a la nave de las instalaciones necesarias para el confort de los ocupantes, sin olvidarnos de la normativa y del ahorro energético. Para ello se van a estudiar las instalaciones térmicas en su conjunto con el objetivo de optimizarlas al máximo limitando las emisiones de CO₂. Se estudiará todo para que la instalación final elegida reduzca un consumo de energía no renovable a la mitad.

Todo ello se conseguirá estudiando la viabilidad de las diferentes alternativas disponibles, tanto en los equipos de generación de calor, sistemas de climatización y ventilación, llegando a la solución óptima para aumentar la vida útil de la instalación, dar confort a los ocupantes, siendo lo más económica posible y con recuperación de la inversión a medio plazo. Consiguiendo así una mayor sostenibilidad, un equilibrio entre las personas y el entorno, y garantizar una calidad térmica del ambiente, del aire interior, acústica y de higiene del local que cumpla normativa y por lo tanto sea acorde a lo necesario para un confort en el trabajo.

Todo esto se podrá obtener con diversos programas informáticos, regulando el rendimiento de las instalaciones y sus equipos, optimizándolos en la fase de proyecto, consiguiendo una instalación térmica que tenga un ahorro energético, con la limitación de la energía proveniente de fuentes no renovables, y una alta eficiencia energética del edificio, reduciendo al máximo la emisión de gases de efecto invernadero.

Se analizan en el presente proyecto las instalaciones de calefacción, refrigeración, y ventilación obligada por la normativa actual para que circule aire entre locales secos y húmedos que evite la formación de elevadas concentraciones de contaminantes en los locales.

Además se estudiará un problema surgido para la futura puesta en marcha de las instalaciones ya que el techo de la primera planta es la propia cubierta, y ésta está formada por viguetas y panel tipo sándwich. Se plantea un problema en la forma de anclaje de los elementos de la instalación, de las tuberías y canalizaciones que van por techo de la primera planta, particularmente los de ventilación y climatización por aire, en el caso de que los hubiese.

A este tipo de cubiertas no se les puede crear una carga extra de la previamente calculada para su construcción. Como en este caso la nave ya está construida y sólo se realiza una adecuación de una zona para instalar oficinas, se plantea este problema por lo que se deberá resolver y diseñar un sistema de fijación a cubierta de los elementos de la instalación.

2. OBJETIVOS DEL TFG Y ESPECIFICACIONES

2.1. CUALITATIVOS

Respecto a las instalaciones térmicas a proyectar:

- Cumplir con normativa actual en lo referente a calidad térmica del aire interior, higiene del local y eficiencia energética.
- Estudio exhaustivo de toda la instalación en su conjunto para que sea eficiente globalmente y no individualmente cada equipo.
Se escogerán los equipos de mayor rendimiento individualmente pero que también aporten esto a la instalación en su conjunto, ya que individualmente pueden ser muy eficientes, pero no funcionar así conjuntamente.
- Confort térmico
- Instalación viable técnica y económicamente.

Respecto al diseño del mecanismo:

- Producto que no dañe elementos estructurales.
- Producto manejable para fácil instalación.
- Producto versátil para varios tipos de perfiles.
- Bajo coste.

2.2. CUANTITATIVOS

- Reducción de un 50% del consumo energético proveniente de energías no renovables para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
- Recuperación de la inversión a medio plazo.

3. NORMATIVA APLICABLE

Al tratarse de las instalaciones de una zona destinada a oficinas dentro de una nave industrial, veremos más adelante que no nos afectan todos los documentos del CTE ya que en su ámbito de aplicación están excluidos los edificios no residenciales, y este documento nos direccionará a cumplir el RITE, Reglamento de Instalaciones térmicas de los edificios. Veremos punto a punto los documentos e iremos estudiándolos.

3.1. CTE: Código Técnico de la Edificación

- **DB-HS: Documento Básico-Salubridad:**

De este documento del Código Técnico de la Edificación nos afecta su sección 3, Calidad del aire interior.

HS3: Calidad del aire interior

Ámbito de aplicación: Esta sección se aplica, en los edificios de viviendas, al interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y, en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes. Se considera que forman parte de los aparcamientos y garajes las zonas de circulación de los vehículos.

Para locales de cualquier otro tipo se considera que se cumplen las exigencias básicas si se observan las condiciones establecidas en el RITE.

Por lo tanto, en este punto del proyecto tendremos que cumplir las condiciones establecidas en el RITE.

- **DB-HE: Documento Básico-Ahorro de energía:**

HE0: Limitación del consumo energético

Ámbito de aplicación:

- Edificios de nueva construcción y ampliaciones de edificios existentes
- Edificaciones o partes de las mismas que, por sus características de utilización, estén abiertas de forma permanente y sean acondicionadas

Por lo tanto vemos que si es de aplicación este documento.

HE1: Limitación de la demanda energética

Ámbito de aplicación:

- Edificios de nueva construcción
- Intervenciones en edificios existentes
 - Ampliación: aquellas en las que se incrementa la superficie o el volumen construido;

- Reforma: cualquier trabajo u obra en un edificio existente distinto del que se lleve a cabo para el exclusivo mantenimiento del edificio;
- Cambio de uso.

Por lo tanto vemos que si es de aplicación este documento.

HE2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.

3.2. RITE: Reglamento de Instalaciones térmicas en los edificios:

- A efectos de la aplicación del RITE se considerarán como instalaciones térmicas las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.
- El RITE se aplicará a las instalaciones térmicas en los edificios de nueva construcción y a las instalaciones térmicas que se reformen en los edificios existentes, exclusivamente en lo que a la parte reformada se refiere, así como en lo relativo al mantenimiento, uso e inspección de todas las instalaciones térmicas, con las limitaciones que en el mismo se determinan.
- Se entenderá por reforma de una instalación térmica todo cambio que se efectúe en ella y que suponga una modificación del proyecto o memoria técnica con el que fue ejecutada y registrada. En tal sentido, se consideran reformas las que estén comprendidas en alguno de los siguientes casos:
 - a) La incorporación de nuevos subsistemas de climatización o de producción de agua caliente sanitaria o la modificación de los existentes.
- Con independencia de que un cambio efectuado en una instalación térmica sea considerado o no reforma de acuerdo con lo dispuesto en el apartado anterior, todos los productos que se incorporen a la misma deberán cumplir los requisitos relativos a las condiciones de los equipos y materiales en el artículo 18 de este Reglamento.

Por lo tanto tendremos que aplicar este documento por completo.

4. ESTUDIO DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS AL PROBLEMA PLANTEADO

Se realizará el estudio de las diferentes alternativas de las instalaciones a proyectar, para la generación de calor, climatización, refrigeración y ventilación.

Primero se hará un estudio para analizar las posibles versiones para la calefacción de las oficinas y así decantarse por una de ellas seguir avanzando con ella las instalaciones del proyecto en estudio. No se tiene en cuenta la fuente de energía ya que también se analizarán diferentes posibilidades en el presente proyecto.

4.1. CALEFACCIÓN

Para empezar se ha calculado la potencia necesaria en cada espacio a calefactar. Para esto se han tenido en cuenta las dimensiones de los espacios, su orientación, los huecos o ventanas. Las transmitancias de los cerramientos se han estimado ya que es una nave ya construida. También es necesario saber su contacto con el exterior, con espacios no habitables que son aquellos no calefactados, y con espacios habitables, todo ello en relación con sus muros verticales y suelo y techo de cada espacio. Sabiendo la potencia necesaria podemos fijar las potencias que tendrá que tener la futura fuente de generación de calor y la climatización necesaria de cada espacio para conseguir una temperatura uniforme en cada uno de ellos.

Todo ello se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 1. Localización del edificio y características ambientales de la zona.

Localización	NAVARRA - Pamplona	Latitud (°)	42,8
Datos generales			
Temperatura exterior proyecto (°C)	-4,7		
Tasa renovación edificio (1/h)	0,8	n	
% estimado de pérdidas de calor en tuberías	5%		
Resultados Calefacción			
Superficie a calefactar (m2)	213		
Rendimiento medio caldera calefacción	0,9		
Potencia caldera para calefacción	23,4	(kW)	

Tabla 2. Cálculo de la transmitancia y potencia necesaria para climatizar el hall de acceso a oficinas.

Espacio 01		HALL ACCESO OFICINAS			
Área espacio climatizado(m ²)	18,83				
Altura libre espacio climatizado (m)	5,36				
Renovación aire (1/h)	0,8				
Tipo de uso	Vestibulos y pasillo				
Temperatura confort interior espacio	21				
Suplementos		% pérdida por suplementos			
Orientación norte	SI	0,06			
Tipo intermitencia	Reducción nocturna	0,05			
Más de 2 paredes exterior	NO	0			
		0,11	Total suplemento (%)		
Pérdidas por cerramientos	Área (m²)	U (W/m² K)	En contacto con	T intercambio	Pérdida (W)
Cerramiento vertical 1	16,98	0,66	Exterior	0	235,3428
Cerramiento vertical 2	21,2	0,66	Exterior	-4,7	359,5944
Cerramiento vertical 3		0,66			
Cerramiento vertical 4		0,66			
Ventanas o puertas	3,1625	3	Exterior	-4,7	243,8288
Suelo	18,83	0,49	Terrano debajo de la solera planta baja	0	193,7607
Techo	18,83	0,49	Locales rodeados de otros con calefacción	5	147,6272
					Pérdidas a través de cerramientos (kW)
					1,18
					Pérdidas por renovación e infiltración (kW)
					0,71
					Potencia necesaria en espacio (kW)
					2,09

Tabla 3. Cálculo de la transmitancia y potencia necesaria para climatizar la oficina de recepción.

Espacio 02		OFICINA RECEPCIÓN			
Área espacio climatizado(m ²)	15,05				
Altura libre espacio climatizado (m)	5,36				
Renovación aire (1/h)	0,8				
Tipo de uso	Salas de estar				
Temperatura confort interior espacio	21				
Suplementos		% pérdida por suplementos			
Orientación norte	SI	0,06			
Tipo intermitencia	Reducción nocturna	0,05			
Más de 2 paredes exterior	NO	0			
		0,11	Total suplemento (%)		
Pérdidas por cerramientos	Área (m²)	U (W/m² K)	En contacto con	T intercambio	Pérdida (W)
Cerramiento vertical 1	21,1	0,66	Exterior	0	292,446
Cerramiento vertical 2		0,66			
Cerramiento vertical 3		0,66			
Cerramiento vertical 4		0,66			
Ventanas o puertas	1,7	3	Exterior	0	107,1
Suelo	15,05	0,49	Terrano debajo de la solera planta baja	0	154,8645
Techo	15,05	0,49	Locales rodeados de otros con calefacción	5	117,992
					Pérdidas a través de cerramientos (kW)
					0,67
					Pérdidas por renovación e infiltración (kW)
					0,56
					Potencia necesaria en espacio (kW)
					1,37

Tabla 4. Cálculo de la transmitancia y potencia necesaria para climatizar los aseos.

Espacio 03		ASEOS			
Área espacio climatizado(m ²)	10,46				
Altura libre espacio climatizado (m)	5,36				
Renovación aire (1/h)	0,8				
Tipo de uso	Aseos				
Temperatura confort interior espacio	21				
Suplementos		% pérdida por suplementos			
Orientación norte	NO	0			
Tipo intermitencia	Reducción nocturna	0,05			
Más de 2 paredes exterior	NO	0			
		0,05	Total suplemento (%)		
Pérdidas por cerramientos	Área (m²)	U (W/m² K)	En contacto con	T intercambio	Pérdida (W)
Cerramiento vertical 1	11,256	0,66	Exterior	-4,7	190,9243
Cerramiento vertical 2	11,4168	0,66	Exterior	0	158,2368
Cerramiento vertical 3		0,66			
Cerramiento vertical 4		0,66			
Ventanas o puertas		3			
Suelo	10,46	0,49	Terrano debajo de la solera planta baja	0	107,6334
Techo	10,46	0,49	Locales rodeados de otros con calefacción	5	82,0064
					Pérdidas a través de cerramientos (kW)
					0,54
					Pérdidas por renovación e infiltración (kW)
					0,39
					Potencia necesaria en espacio (kW)
					0,98

Tabla 5. Cálculo de la transmitancia y potencia necesaria para climatizar la sala técnica.

Espacio 04		SALA TÉCNICA			
Área espacio climatizado(m ²)	32,05				
Altura libre espacio climatizado (m)	5,36				
Renovación aire (1/h)	0,8				
Tipo de uso	Salas de estar				
Temperatura confort interior espacio	21				
Suplementos		% pérdida por suplementos			
Orientación norte	SI	0,06			
Tipo intermitencia	Reducción nocturna	0,05			
Más de 2 paredes exterior	NO	0			
		0,11	Total suplemento (%)		
Pérdidas por cerramientos	Área (m²)	U (W/m² K)	En contacto con	T intercambio	Pérdida (W)
Cerramiento vertical 1	40,2	0,66	Exterior	-4,7	681,8724
Cerramiento vertical 2	40,2	0,66	Exterior	0	557,172
Cerramiento vertical 3	23,3696	0,66	Exterior	0	323,9027
Cerramiento vertical 4		0,66			
Ventanas o puertas	3,4	3	Exterior	0	214,2
Suelo	32,05	0,49	Terrano debajo de la solera planta baja	0	329,7945
Techo	32,05	0,49	Locales rodeados de otros con calefacción	5	251,272
					Pérdidas a través de cerramientos (kW)
					2,36
					Pérdidas por renovación e infiltración (kW)
					1,20
					Potencia necesaria en espacio (kW)
					3,95

Tabla 6. Cálculo de la transmitancia y potencia necesaria para climatizar el aseo de planta primera.

Espacio 05		ASEO P.1			
Área espacio climatizado(m ²)	3,6				
Altura libre espacio climatizado (m)	2,7				
Renovación aire (1/h)	0,8				
Tipo de uso	Aseos				
Temperatura confort interior espacio	21				
Suplementos		% pérdida por suplementos			
Orientación norte	SI	0,06			
Tipo intermitencia	Reducción nocturna	0,05			
Más de 2 paredes exterior	NO	0			
		0,11	Total suplemento (%)		
Pérdidas por cerramientos	Área (m²)	U (W/m² K)	En contacto con	T intercambio	Pérdida (W)
Cerramiento vertical 1	4,995	0,66	Exterior	-4,7	84,72519
Cerramiento vertical 2		0,66			
Cerramiento vertical 3		0,66			
Cerramiento vertical 4		0,66			
Ventanas o puertas	1,7	3	Locales rodeados de otros con calefacción	5	81,6
Suelo	3,6	0,49	Locales rodeados de otros con calefacción	5	28,224
Techo	3,6	0,49	Ático con forjado plano y cubierta inclinada	5	28,224
					Pérdidas a través de cerramientos (kW)
					0,22
					Pérdidas por renovación e infiltración (kW)
					0,07
					Potencia necesaria en espacio (kW)
					0,32

Tabla 7. Cálculo de la transmitancia y potencia necesaria para climatizar el hall de planta primera.

Espacio 06		HALL P.1			
Área espacio climatizado(m ²)	5,03				
Altura libre espacio climatizado (m)	2,7				
Renovación aire (1/h)	0,8				
Tipo de uso	Vestíbulos y pasillo				
Temperatura confort interior espacio	21				
Suplementos		% pérdida por suplementos			
Orientación norte	NO	0			
Tipo intermitencia	Reducción nocturna	0,05			
Más de 2 paredes exterior	NO	0			
		0,05	Total suplemento (%)		
Pérdidas por cerramientos	Área (m²)	U (W/m² K)	En contacto con	T intercambio	Pérdida (W)
Cerramiento vertical 1		0,66			
Cerramiento vertical 2		0,66			
Cerramiento vertical 3		0,66			
Cerramiento vertical 4		0,66			
Ventanas o puertas	7,2	3	Locales rodeados de otros con calefacción	5	345,6
Suelo	5,03	0,49	Locales rodeados de otros con calefacción	5	39,4352
Techo	5,03	0,49	Ático con forjado plano y cubierta inclinada	5	39,4352
					Pérdidas a través de cerramientos (kW)
					0,42
					Pérdidas por renovación e infiltración (kW)
					0,09
					Potencia necesaria en espacio (kW)
					0,55

Tabla 8. Cálculo de la transmitancia y potencia necesaria para climatizar la sala de reuniones.

Espacio 07		SALA REUNIONES			
Área espacio climatizado(m ²)	29,09				
Altura libre espacio climatizado (m)	2,7				
Renovación aire (1/h)	0,8				
Tipo de uso	Salas de estar				
Temperatura confort interior espacio	21				
Suplementos		% pérdida por suplementos			
Orientación norte	SI	0,06			
Tipo intermitencia	Reducción nocturna	0,05			
Más de 2 paredes exterior	NO	0			
		0,11	Total suplemento (%)		
Pérdidas por cerramientos	Área (m²)	U (W/m² K)	En contacto con	T intercambio	Pérdida (W)
Cerramiento vertical 1	14,04	0,66	Exterior	0	194,5944
Cerramiento vertical 2		0,66			
Cerramiento vertical 3		0,66			
Cerramiento vertical 4		0,66			
Ventanas o puertas	9,91	3	Exterior	-4,7	764,061
Suelo	29,09	0,66	Locales rodeados de otros con calefacción	5	307,1904
Techo	29,09	0,49	Ático con forjado plano y cubierta inclinada	5	228,0656
					Pérdidas a través de cerramientos (kW) 1,49
					Pérdidas por renovación e infiltración (kW) 0,55
					Potencia necesaria en espacio (kW) 2,27

Tabla 9. Cálculo de la transmitancia y potencia necesaria para climatizar el espacio de trabajo.

Espacio 08		ESPACIO TRABAJO			
Área espacio climatizado(m ²)	65				
Altura libre espacio climatizado (m)	2,7				
Renovación aire (1/h)	0,8				
Tipo de uso	Salas de estar				
Temperatura confort interior espacio	21				
Suplementos		% pérdida por suplementos			
Orientación norte	NO	0			
Tipo intermitencia	Reducción nocturna	0,05			
Más de 2 paredes exterior	NO	0			
		0,05	Total suplemento (%)		
Pérdidas por cerramientos	Área (m²)	U (W/m² K)	En contacto con	T intercambio	Pérdida (W)
Cerramiento vertical 1	9,069	0,66	Exterior	0	125,6963
Cerramiento vertical 2		0,66			
Cerramiento vertical 3		0,66			
Cerramiento vertical 4		0,66			
Ventanas o puertas	8,4	3	Exterior	-4,7	647,64
Suelo	65	0,66	Exterior	0	900,9
Techo	65	0,49	Ático con forjado plano y cubierta inclinada	5	509,6
					Pérdidas a través de cerramientos (kW) 2,18
					Pérdidas por renovación e infiltración (kW) 1,23
					Potencia necesaria en espacio (kW) 3,58

Tabla 10. Cálculo de la transmitancia y potencia necesaria para climatizar el despacho.

Espacio 09		DESPACHO			
Área espacio climatizado(m ²)	36,35				
Altura libre espacio climatizado (m)	2,7				
Renovación aire (1/h)	0,8				
Tipo de uso	Salas de estar				
Temperatura confort interior espacio	21				
Suplementos		% pérdida por suplementos			
Orientación norte	NO	0			
Tipo intermitencia	Reducción nocturna	0,05			
Más de 2 paredes exterior	NO	0			
		0,05	Total suplemento (%)		
Pérdidas por cerramientos	Área (m²)	U (W/m² K)	En contacto con	T intercambio	Pérdida (W)
Cerramiento vertical 1	19,98	0,66	Exterior	0	276,9228
Cerramiento vertical 2	5,64	0,66	Exterior	-4,7	95,66568
Cerramiento vertical 3		0,66			
Cerramiento vertical 4		0,66			
Ventanas o puertas	5,16	3	Exterior	-4,7	397,836
Suelo	36,35	0,66	Exterior	0	503,811
Techo	36,35	0,49	Ático con forjado plano y cubierta inclinada	5	284,984
					Pérdidas a través de cerramientos (kW) 1,56
					Pérdidas por renovación e infiltración (kW) 0,69
					Potencia necesaria en espacio (kW) 2,36

Con estos datos ya se puede calcular la potencia necesaria para cada sistema a instalar, o suelo radiante o radiadores, por lo que se analizarán ambas opciones. Primero se hará una breve introducción de que consiste cada sistema, se verá un esquema de los principales elementos que contienen y un breve presupuesto de cada opción. Para ayudar a la elección también se verán las ventajas y desventajas de cada sistema.

4.1.1. OPCIÓN 1: CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE

A partir del año 80 A.C. en Roma se comenzaron a calentar los espacios cerrados, haciendo circular por debajo del suelo y a través de chimeneas integradas en la estructura del edificio, el humo producido por la combustión de carbón o madera en un horno de modo que el calor se irradiase hacia el pavimento. Este tipo de calefacción, se denominaba hipocausto.

Lejos de ser una novedad, se utilizaban sistemas similares aunque menos sofisticados en el siglo XII antes de Cristo. En España, en la Edad Media se utilizaba un sistema de suelo radiante rudimentario que consistía en hacer circular aire y gases calientes por unos conductos situados por debajo del pavimento. Estos gases emanaban de un hogar ubicado más abajo que el suelo. Generalmente, se utilizaba paja como combustible. El sistema dispensaba un bienestar tal que se decía de la gente que lo disfrutaba que “estaba en la gloria”. Ahora podemos entender por qué este sistema se llamaba “las glorias”.

Este sistema ha ido evolucionando a lo largo del tiempo hasta convertirse en los actuales sistemas de Climatización Invisible por suelo radiante.

La calefacción por suelo radiante consiste en una tubería empotrada en la capa de mortero que discurre por toda la superficie del local a calefactar. Esta tubería conduce agua caliente (a baja temperatura respecto a otros sistemas de calefacción) producida generalmente por una caldera. El agua cede el calor al suelo a través de la tubería y el suelo, a su vez, lo transmite al ambiente del edificio.

En los años 30 estos sistemas contaban con tuberías de acero, mientras que en la década de los 60 y 70 estas tuberías eran de cobre, existiendo un riesgo notable de corrosión y fuga de agua a lo largo del tiempo, impidiendo que dichos sistemas se convirtieran en un estándar.

Con el fin de garantizar la durabilidad y el correcto funcionamiento en el tiempo de los sistemas de suelo radiante, actualmente se realizan con tubería de Polietileno reticulado, siendo esta la solución perfecta.

Gracias a las tuberías plásticas se ha reducido considerablemente el tiempo de montaje optimizando a la vez la calidad y el rendimiento de la instalación: hoy en día no es concebible una calefacción sin las tuberías plásticas por sus grandes ventajas, tanto económicas como técnicas, respecto a las tuberías metálicas.

Dos grandes factores han sido de suma importancia para que se desarrolle la calefacción por suelo radiante en toda Europa:

- La crisis del petróleo en los años 70 que obligó a buscar nuevas técnicas para un mayor ahorro energético (la calefacción es una de las actividades de mayor consumo de energía).
- La tendencia de los arquitectos a diseñar unos grandes espacios despejados, acogedores y con muchos ventanales. La combinación perfecta para que este tipo de construcción sea, sin duda alguna, instalar un suelo radiante.

Descripción del suelo radiante a estudiar:

En este proyecto se harán los cálculos necesarios para dimensionar y presupuestar y así poder analizar técnica y económicamente para elegir una de las opciones.

En el caso del suelo radiante se tendrán en cuenta las dos plantas a calefactar, por lo que se instalarán dos colectores de distribución, uno por planta. Cada uno de ellos estará compuesto por 2 colectores de impulsión y retorno para planta baja y 3 colectores de impulsión y retorno para planta primera debido a la mayor superficie a calefactar. A continuación se detallan los cálculos necesarios para todos los componentes del sistema de calefacción por suelo radiante.

Tabla 11. Dimensionado del suelo radiante.

PLANTA BAJA	Superficie [m2]	Paso (m)	Longitud tubo (m)	Nº circuitos teóricos	Nº circuitos reales	Colector	Armario	Panel aislante NOPAS (m²)	Banda (m)	Codo guía	Aditivo para mortero (kg)	Racores
HALL ACCESO	14,25	0,15	95,00	1,06	2	5 circuitos	1	14,25	14,25	4	0,71	4,00
OFICINA RECEPCION	15,05	0,15	100,33	1,11	2			15,05	15,05	4	0,75	4,00
ACCESO OFICINAS	4,58	0,15	30,53	0,34	1			4,58	4,58	2	0,23	2,00
ASEOS	10,46	0,15	69,73	0,77	1	4 circuitos	1	10,46	10,46	2	0,52	2,00
SALA TECNICA	32,05	0,15	213,67	2,37	3			32,05	32,05	6	1,60	6,00
Total Planta	76,39		509,27		9,00		2,00	76,39	76,39	18,00	3,82	18,00
PLANTA PRIMERA	Superficie [m2]	Paso (m)	Longitud tubo (m)	Nº circuitos teóricos	Nº circuitos	Colector	Armario	Panel aislante NOPAS (m²)	Banda (m)	Codo guía	Aditivo para mortero (kg)	Racores
ASEO	3,60	0,15	24,00	0,27	1	3 circuitos	3	3,60	3,60	2	0,18	2,00
HALL	5,03	0,15	33,53	0,37				5,03	5,03	0	0,25	0,00
SALA REUNIONES	26,09	0,15	173,93	1,93	2			26,09	26,09	4	1,30	4,00
ESPACIO TRABAJO	65,00	0,15	433,33	4,81	5	5 circuitos		65,00	65,00	10	3,25	10,00
DESPACHO	36,35	0,15	242,33	2,69	3	3 circuitos		36,35	36,35	6	1,82	6,00
Total Planta	136,07		907,13		11,00		3,00	136,07	136,07	22,00	6,80	22,00
TOTAL PROYECTO	212,46		1416,40	0,00	20,00	0,00	5,00	212,46	212,46	40,00		40,00

Con todos estos datos se puede elaborar un presupuesto lo más fiable posible, con precios actuales teniendo en cuenta todos los componentes de la instalación necesarios, para así después poder comparar las diferentes opciones tanto en el ámbito técnico como económico.

En este presupuesto no se ha tenido en cuenta la fuente de generación de calor debido a que se elegirá una para todo el conjunto, por lo que al ser la misma para todo no influye directamente para este análisis.

Tabla 12. Presupuesto del suelo radiante.

<i>Ud</i>	<i>Resumen</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario (€)</i>	<i>Total (€)</i>
SUELO RADIANTE				
ML	Tubo Sysclima PE-RT EVOH 5 Capas-	1.450,00	1,06	1.537,00
Ud	PLACA DE NOPAS PARA INSTALACIÓN UNIFORME NP 20/25	240,00	9,84	2.361,60
ML	TIRA PERIMETRAL AUTOADHESIVA BP-AD 150/80	240,00	0,82	196,80
ML	TUBO MULTICAPA GENERALES SR	86,00	4,89	420,54
ML	COQUILLA CAUCHO GENERALES SR	86,00	3,27	281,22
Ud	COLECTOR COMPACTO SYSCLIMA HZ 3	2,00	83,38	166,76
Ud	COLECTOR COMPACTO SYSCLIMA HZ 4	1,00	93,31	93,31
Ud	COLECTOR COMPACTO SYSCLIMA HZ 5	2,00	108,98	217,96
Ud	CAJA BLANCA EMPOTRABLE H 3	2,00	71,47	142,94
Ud	CAJA BLANA EMPOTRABLE H 4/5	3,00	77,28	231,84
Ud	RACOR 16 X 2 PARA RETICULADO	40,00	2,33	93,20
Ud	CODO GUIA 14-18 PLASTICO	40,00	1,06	42,40
Ud	GRAPA DE FIJACIÓN PARA NOPAS	50,00	0,05	2,50
Ud	VALVULA CORTE 1" PARA COLECTORES HZ/CL	5,00	15,64	78,20
Ud	VALVULA ZONA RECTA MAX CAUDAL 3/4	5,00	24,68	123,40
Ud	CRONOTERMOSTATO SEMANAL RT 500	5,00	58,09	290,45
Ud	ACTUADOR ELECTROTÉRMICO M28 NC 230V	5,00	33,43	167,15
Ud	ADITIVO SYSCLIMA PARA MORTERO Z1 10Kg	4,00	23,25	93,00
Ud	GRUPO HIDRÁULICO HERZ PUNTO FIJO DN25	2,00	329,24	658,48
Ud	MATERIAL CABLEADO ELECTRICO	1,00	84,37	84,37
	TOTAL			7.283,12

4.1.2. OPCIÓN 2: CALEFACCIÓN POR RADIADORES

Los radiadores son emisores de calor, que conectados a otros generadores de calefacción (calderas de condensación, bombas de calor,..), se ocupan de calentar la temperatura ambiente del hogar. Su colocación en lugares visibles y accesibles de la vivienda, su facilidad de uso y su velocidad de respuesta para conseguir confort térmico les convierten en uno de los sistemas más utilizados para calentar el hogar en nuestro país.

Los radiadores se conectan a la caldera, generan calor mediante el agua caliente que circula a través de sus tuberías, y distribuyen el calor por las estancias.

Descripción del sistema de radiadores a estudiar:

En el caso del sistema de calefacción mediante radiadores de este proyecto se tendrán en cuenta las dos plantas a calefactar, por lo que se instalarán dos colectores de distribución, uno por planta. Cada uno de ellos estará compuesto por 2 anillos para planta baja y 3 para planta primera debido a que lo más conveniente es no superar los 5 radiadores por anillo. A continuación se detallan los cálculos necesarios para todos los componentes del sistema de calefacción por radiadores.

Tabla 13. Dimensionado de la calefacción por radiadores.

LOCAL	TIPO	POTENCIA DISEÑO (KW)	COEF. CORRECCIÓN	Nº ELEMENTO	RADIADORES	Nº real elementos	POTENCIA REAL (kW)
Espacio 01	HALL ACCESO OFICINAS	2,09	1,15	20,60	2	21	2,45
Espacio 02	OFICINA RECEPCIÓN	1,37	1,15	13,50	1	14	1,64
Espacio 03	ASEOS	0,98	1,15	9,62	1	10	1,17
Espacio 04	SALA TÉCNICA	3,95	1,15	38,88	3	39	4,56
Espacio 05	ASEO P.1	0,32	1,15	3,18	1	4	0,47
Espacio 06	HALL P.1	0,55	1,15	5,37	1	6	0,70
Espacio 07	SALA REUNIONES	2,27	1,15	22,32	2	23	2,69
Espacio 08	ESPACIO TRABAJO	3,58	1,15	35,24	2	36	4,21
Espacio 09	DESPACHO	2,36	1,15	23,20	2	24	2,80
TOTALES		17,47			15	177	20,68

	Nº DE ELEMENTOS	Nº DE RADIADORES	P.REAL (kW)	SOPORTES	VÁLVULAS	VÁLV. TERMOST.	TERMOSTATOS	PURGADORES
TOTAL	177	15	20,68	30	2	13	5	15

Con todos estos datos se puede elaborar un presupuesto lo más fiable posible para así después poder comparar las diferentes opciones tanto en el ámbito técnico como económico.

En este presupuesto no se ha tenido en cuenta la fuente de generación de calor debido a que se elegirá una para todo el conjunto, por lo que al ser la misma para todo no influye directamente para este análisis.

Tabla 14. Presupuesto de la instalación de radiadores.

Ud	Resumen	CanPres	Precio unitario (€)	Total (€)
RADIADORES				
UD	ELEMENTO ALUMINIO DUBAL 70 (100.5 Kcal/h)	177,00	16,76	2.966,52
UD	TUBO MULTICAPA PRESSMAN ROLLO 20/2 CON AISLAMIENTO	300,00	5,11	1.533,00
UD	ACCESORIOS RADIADOR	15,00	32,74	491,10
UD	CABEZA TERMOTATICA WAFT SENSOR LIQUIDO	13,00	43,84	569,92
UD	CRNOTERMOSTATO AMBIENTE DIGITAL RT 500	5,00	59,15	295,75
UD	CAJA DE CONEXIÓN CON MODULO DE CONTROL BOMBA-CALDERA	1,00	134,52	134,52
	TOTAL			5.990,81

Una vez hecho el análisis de las dos opciones y para ayudar a decidir se verán las ventajas y desventajas de cada uno de ellos para elegir la opción más adecuada.

- **Ventajas suelo radiante:**

1. Distribución ideal de la Temperatura. Temperatura uniforme en toda la vivienda.

Para las personas existe una distribución ideal de la temperatura en un local (ver imagen 1).



Fig. 1.1 - Calefacción ideal

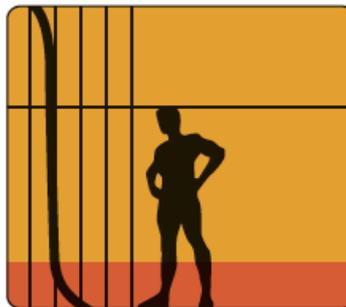


Fig. 1.2 - Suelo radiante Uponor



Fig. 1.3 - Radiadores



Fig. 1.4 - Convectores

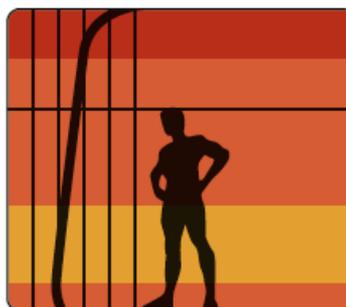


Fig. 1.5 - Calefacción por techo

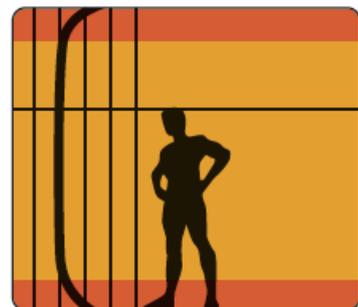


Fig. 1.6 - Calefacción por pared

Imagen 1. Distribución de la temperatura ideal de un local.

Interpretando esta curva, se ve que es conveniente conseguir una mayor temperatura en el suelo que en el techo ya que el calor en los pies produce bienestar mientras que un fuerte calor al nivel de la cabeza se traduce en malestar.

De entre todos los sistemas existentes de climatización, los sistemas radiantes son los que mejor se ajustan a la emisión óptima de calor del cuerpo humano por radiación, convección, transmisión y evaporación.

La sensación de temperatura de las personas no se corresponde con la temperatura del aire, sino que equivale a la temperatura de confort, denominada también temperatura operativa. De forma práctica, podemos decir que la temperatura operativa en el interior de los edificios equivale al valor promedio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media de las superficies interiores de la habitación (suelo, techo, paredes, puertas, ventanas, etc.)

Es decir, si en invierno se desea mantener una temperatura de confort determinada, se podría influir sobre la temperatura del aire o la temperatura radiante de las superficies de la habitación. Por tratarse de un sistema radiante, bastaría con mantener la temperatura del aire y aumentar la temperatura radiante media de la habitación para lograr la temperatura de confort deseada. Si el sistema radiante está funcionando en modo de refrigeración en verano, bastaría con mantener la temperatura del aire y disminuir la temperatura radiante media de la habitación para lograr de nuevo la temperatura de confort.

2. Confort durante todo el año

La calefacción por suelo radiante elimina el efecto de “paredes frías” y permite respirar un aire más fresco con el consiguiente aumento de la sensación de bienestar.

El suelo radiante asimismo mantiene el grado de humedad natural del ambiente.

A través de diferentes ensayos, se ha demostrado que para una persona la sensación de calor depende tanto de la temperatura de las paredes (T_p) como de la temperatura ambiente (T_a).

En la medida en que las paredes estén más frías, será necesario aumentar la temperatura del aire para conseguir la misma sensación de calor.

Con la calefacción por suelo radiante conseguimos un ambiente más agradable y fresco que con otros sistemas de calefacción tradicionales.

La calefacción por suelo radiante es también el sistema de calefacción más confortable por su grado de cumplimiento de la normativa actual. Para garantizar una adecuada sensación de bienestar, el Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria, en su IT.IC.02, impone la condiciones de que la temperatura resultante de los locales, medida en su centro y a 1,50 m del suelo, esté comprendida entre 18 °C y 22 °C y que, además de la temperatura resultante a 1,80 m del suelo no habrá de ser superior en más de 2 °C, ni inferior en más de 4 °C, a la temperatura a nivel de suelo. En el caso de la calefacción por suelo radiante, la temperatura media superficial no sobrepasará los 29 °C. El suelo radiante es seguramente el sistema de calefacción que más se ajusta a esta normativa.

3. Inercia térmica

La inercia térmica es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente, disminuyendo de esta forma la necesidad de aportación de climatización.

La inercia térmica o capacidad de almacenar energía de un material depende de su masa, su densidad y su calor específico. Edificios de gran inercia térmica tienen variaciones térmicas más estables ya que el calor acumulado durante el día se libera en el periodo nocturno, esto quiere decir que a mayor inercia térmica mayor estabilidad térmica.

La inercia térmica es un concepto clave en las técnicas bioclimáticas ya que la capacidad de acumulación térmica de las soluciones que conforman un elemento arquitectónico es básica para conseguir el adecuado nivel de confort y la continuidad en las instalaciones de climatización.

La inercia térmica conlleva dos fenómenos, uno de ellos es el de la amortiguación en la variación de las temperaturas y otro es el retardo de la temperatura interior respecto a la exterior.

En los edificios modernos se presentan grandes variaciones de la temperatura interior debido a la influencia de factores externos, por ejemplo: radiación solar, frío radiante, aire frío, aire caliente. La principal causa de este problema es el bajo nivel de aislamiento térmico (incluyendo puertas y ventanas) y del alto nivel de infiltraciones de aire en los edificios.

Una forma de minimizar este efecto es el aprovechamiento de los elementos constructivos del edificio (suelo, techo, paredes) como elementos acumuladores de energía (inercia térmica).

Mientras podamos acumular más energía en estos elementos, menor será el efecto exterior negativo, manteniéndose temperaturas interiores muy estables durante todo el día y año.

Por esta misma razón, los sistemas de climatización radiante requieren menos energía que otros sistemas para mantener las condiciones de confort; y en especial, durante las horas de máximo consumo energético en invierno y verano.

4. Emisión y absorción térmica uniforme

La unidad terminal del sistema es todo el suelo del área climatizada. Esto da lugar a que el intercambio térmico sea uniforme en toda la superficie. Este fenómeno se contrapone al de “zonas calientes” y “zonas frías” que se obtiene con otros sistemas de climatización en los cuales existe un número limitado de unidades terminales.

5. Climatización sin movimientos de aire

La velocidad de migración de las capas de aire caliente hacia las zonas frías es proporcional a la diferencia de temperaturas del aire entre ambas zonas, caliente y fría. Una de las causas que generan este fenómeno es la presencia de cuerpos muy calientes, como los radiadores.

En una vivienda con climatización invisible, las diferencias de temperatura entre las superficies (suelo, techo, paredes) y el aire son mínimas tanto en invierno como en verano, por lo que el movimiento de aire por convección es imperceptible.

La ausencia de movimiento de aire produce menor movimiento de polvo y como consecuencia también un entorno más higiénico y saludable.

6. Ahorro energético

Se ha comentado anteriormente que la sensación térmica de las personas no corresponde a la temperatura de aire, sino a la denominada temperatura operativa en el interior de los edificios

y que equivale al valor promedio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media de las superficies interiores de la habitación (suelo, techo, paredes). Por tanto, si en invierno deseamos mantener una temperatura operativa o de confort determinada, podemos disminuir la temperatura del aire y aumentar la temperatura radiante media. En cambio, en verano, podemos aumentar la temperatura del aire y disminuir la temperatura radiante media. Por esta razón, al ser menores las diferencias de temperaturas entre el aire interior y exterior del local, en invierno y verano, también son menores las pérdidas o ganancias energéticas (por cerramientos, por ventilación y por infiltración) ya que estas son proporcionales a dichas diferencias de temperaturas.

Contrariamente a los sistemas de calefacción por radiadores, que necesitan una temperatura media del agua de 80 °C, en los circuitos de calefacción por suelo radiante es suficiente una temperatura media del agua de 40 °C – 45 °C. Al trabajar a baja temperatura se reducen las pérdidas de calor en las conducciones generales, tuberías que enlazan la fuente de calor con los circuitos, y se puede producir el agua caliente mediante cualquier fuente de calor. Por este motivo, el suelo radiante genera ahorros en el consumo energético de hasta un 30%.

Otro importante factor de ahorro energético lo constituye la disminución de pérdidas o ganancias de calor en sala de máquinas y en las conducciones hasta colectores debido a que la temperatura del agua es más moderada durante todo el año.

Por otra parte, habrá que tener en cuenta que uno de los componentes del sistema de climatización Invisible es la plancha de aislamiento, elemento con el que no cuentan otros sistemas de climatización y que contribuye a mejorar el aislamiento térmico del edificio.

7. Compatible con energías renovables

La moderada temperatura de impulsión de agua que necesita el sistema hace que este sea fuente energética (electricidad, combustibles derivados del petróleo, energía solar, energía geotérmica, carbón, gas natural, etc.). En particular, es el único sistema de climatización que puede ser alimentado energéticamente por paneles solares térmicos o bomba de calor geotérmica.

8. Estética. Invisible. No ensucia paredes

Es un sistema de climatización que ofrece una total libertad de decoración de interiores ya que los emisores no son visibles.

El espacio habitable útil es mayor al no existir dentro de estos elementos visibles (por ejemplo radiadores o Split).

Los radiadores provocan movimientos de aire que acaban ennegreciendo la pared en la parte superior del radiador. El suelo radiante elimina de raíz este problema ya que no genera corrientes de aire por trabajar a baja temperatura.

9. Ausencia de ruido

El sistema es compatible con cualquier tipo de recubrimiento: pétreos, madera, plásticos, etc.

Pero si el sistema se va a utilizar como sistema de refrigeración en verano se recomienda el uso de recubrimientos pétreos como cerámica, mármol, etc. (Habrá que tener en cuenta las diferencias de funcionamiento del sistema debido a las distintas resistencias térmicas de los materiales de recubrimiento habituales)

10. Libertad de elección de suelos

Con el suelo radiante se puede elegir cualquier tipo de suelo ya que con todos ellos se tendrá una agradable sensación de confort al tener siempre los pies calientes.

11. Seguridad

El suelo radiante elimina los radiadores que siempre suponen un riesgo de quemaduras tanto para los niños como para los ancianos.

- **Ventajas Radiadores**

1. Mínima mano de obra y manipulación de la habitación

Una de sus ventajas es la simplicidad de su instalación. No requiere grandes obras para instalar los radiadores. Éstos se pueden manipular fácilmente y colocar en el lugar más adecuado.

2. Adaptables

Una de sus mayores ventajas es su versatilidad para combinarse con otros generadores de calor y agua caliente ya que pueden trabajar en combinación con calderas de condensación, de biomasa, bombas de calor, sistemas geotérmicos, captadores solares...y en el caso de realizarse una sustitución de equipos generadores por otros más eficientes será necesario bajar la temperatura de funcionamiento de los radiadores ya instalados o aumentar su superficie con unos nuevos para satisfacer las necesidades de confort.

3. Confort térmico rápido

La rapidez a la hora de transmitir el calor y su velocidad de respuesta convierten al radiador en una opción ideal para generar calor en el hogar. De ahí que sea uno de los sistemas más utilizados para calefactor segundas residencias.

4. Método simple y regulable para cada ambiente.

Puede dar calor a una inmensa cantidad de estancias.

Además permite administrar el calor de forma independiente en cada ambiente, gracias a las válvulas reguladoras que tiene cada radiador que permite controlar la temperatura de cada estancia de forma individual.

5. Coste de la instalación

Es una de las instalaciones más baratas, ya que no son necesarios muchos accesorios que encarecen la instalación. Solo necesitan tubería, los propios radiadores y los accesorios para su enlace entre ellos y con la tubería.

6. Fluido circulante barato

La elección del agua como caloportador se debe a que es una sustancia barata, común en todas las edificaciones y su calor específico es mayor que el de otras sustancias, por lo que requiere un caudal menor para transportar la misma cantidad de calor.

7. Estéticos.

La extensa gama de radiadores existentes en el mercado permite integrarlos en cualquier espacio: radiadores de diseño, toalleros, verticales, horizontales,...Se puede encontrar el radiador que se adapte a las necesidades dada la variedad existente de tipologías, materiales y colores.

8. Ecológicos.

La posibilidad de instalarlos junto a generadores de calor de alta eficiencia como bombas de calor, calderas de condensación, y otros sistemas renovables, reduce las emisiones de CO₂ respecto a otros equipos emisores de calor. La nueva generación de generadores de calor Clase 5 en emisiones de No y el incremento de las instalaciones de baja temperatura consiguen un mayor rendimiento de la instalación de calefacción, puesto que trabajan en función de las necesidades de confort, y también se consigue una reducción importante en la emisión de partículas contaminantes.

9. Eficientes

Las últimas modificaciones al RITE están enfocadas a mejorar la eficiencia energética en las instalaciones. Por un lado, se exigen generadores de calor más eficientes en cuanto a rendimientos y reducción de emisiones. También respecto a los radiadores se establecen modificaciones en cuanto al cálculo de emisores, siendo la temperatura media de emisor de cada radiador de 60°C y sistemas de regulación y control en los edificios de nueva construcción para adaptarse a la demanda energética y las condiciones climáticas. Tanto la normativa española (RITE, CTE,...) como la futura normativa europea (Rep., Energía Relatad Producto) exigen un mayor rendimiento, reducción de partículas contaminantes y obligatoriedad en el uso de energías renovables. Por eso, la fabricación de radiadores, regida por la norma UNE-E es cada vez más exigente para garantizar la eficiencia de estos productos.

- **Desventajas Suelo Radiante**

1. Coste de la instalación

El coste de la instalación de suelo radiante es menos económico que el de una instalación de radiadores. Pero hay que decir que cada año es más barato, por lo que se posiciona como una alternativa a tener en cuenta.

Si la obra no es de nueva construcción habría que levantar el suelo de las instancias donde se quiera instalar. Este sistema necesita un espesor en el suelo para su correcta instalación, por lo que se ha de tener en cuenta la altura total con la que contamos en la estancia.

2. Mantenimiento de la instalación

En grandes instalaciones puede llegar a convertirse en un problema debido a que en hogares de más de una planta, a veces es complicado localizar fugas que se detecten. Estamos hablando de una infinidad de conexiones, llaves, purgadores, racores que pueden causar un mal funcionamiento de partes de la instalación. Para ello debe existir un protocolo de mantenimiento planificado y regular.

3. Adaptación a los cambios bruscos de temperatura exterior

Este tipo de sistema no se adapta bien a los cambios bruscos de temperatura exterior (olas de calor o frío, días soleados o nublados) ya que, los termostatos no responden inmediatamente a las órdenes, pues el suelo requiere una gran cantidad de tiempo en calentarse o enfriarse.

4. Elección de los suelos

Hay que tener en cuenta que no tiene el mismo rendimiento para todos los tipos de suelo. Funcionaria bien con todos ellos pero se gastaría más en la generación de calor por lo que se pierde eficiencia en suelos de madera u otro material aislante.

- **Desventajas Radiadores**

1. Baja inercia térmica

Un aspecto a comentar de la instalación de radiadores es la rapidez con la que se va el calor que emiten. Calientan el ambiente más rápido pero el confort es peor.

Es un sistema con baja inercia térmica, es decir, que conserva el calor sólo poco tiempo después de ser apagado.

2. Colocación de los radiadores

Siempre surgen cuestiones relacionadas con su posición, colocación y el número que es necesario para aclimatar un espacio. En espacios reducidos o con mucho mobiliario puede haber problemas de espacio para su colocación.

3. Consumo

Tiene un consumo medio alto ya que el agua que se distribuye por la tubería tiene que ir a más temperatura, por lo que la fuente de generación de calor tiene que calentar el agua más alto por lo que su consumo es mayor.

4. Conductos y distribución

El tamaño de los conductos y la eventual aparición de ruidos si no es correctamente calibrado puede ser un problema.

4.1.3. ELECCIÓN DEL SISTEMA MÁS ADECUADO PARA LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Con todo este estudio ahora se puede elegir uno de los dos sistemas a implantar en nuestra instalación.

Se vieron las ventajas y desventajas con el cliente. Alguna de las principales es que en esta instalación y por la distribución de su mobiliario no se podía optar con el sistema de radiadores. También analizando los distintos presupuestos y las especificaciones de cada uno de ellos, se vio que por una diferencia de precio algo mayor daba mejores prestaciones el suelo radiante, se tuvo mucho en cuenta el confort de esta instalación. Además es una empresa proveedora de materiales para suelo radiante, entre otras cosas, por lo que se eligió esta opción.

A continuación se analizará y se decidirá qué tipo de suelo radiante se instalará:

- Suelo radiante sólo calor: para invierno.
- Suelo radiante refrescante: tiene las dos opciones, tanto calor para invierno como frío para verano.

- **SUELO RADIANTE SÓLO CALOR**

Es el sistema anteriormente analizado.

- **SUELO RADIANTE REFRESCANTE**

De la misma manera que realizamos una instalación de suelo radiante para calefacción, podemos utilizar la misma instalación para enfriar o refrescar el ambiente. Hoy en día los avances tecnológicos en regulación calor / frío con sondas ambiente de temperatura y humedad, permiten controlar un vivienda con una precisión fantástica, generando en el interior de una vivienda un altísimo confort.

Consiste en un sistema de climatización del ambiente con dos versiones en función de la temperatura y la necesidad en cada época del año. En circunstancias frías se tendría el aporte de calor a la estancia y por los conductos del suelo radiante iría el agua caliente, y en las circunstancias de calor en la que es necesario refrigerar la estancia se pondría en marcha el suelo radiante refrescante y circularía agua fría por los conductos, lo transmitiría al suelo y refrescaría el ambiente.

De este modo en los meses cálidos se hará circular el agua en torno a los 15-18 °C por la instalación, que absorberá el exceso de calor del local y proporcionará una agradable sensación de frescor. Al contrario en los meses fríos en los que el agua circulará en torno a los 40 °C.

Es un sistema más eficiente y confortable que otros sistemas de climatización por aire.

Para esta instalación son necesarios más metros de tubería ya que se instalan a menos distancia los tubos, por lo que también influye a los colectores que serán para más circuitos y sus correspondientes racores. También hay que instalar un sistema de regulación más característico que tenga opción de cambio de calor a frío y así poder regular desde el mismo aparato cada época del año.

Para hacer un presupuesto lo más real posible se vuelven a calcular los elementos de la instalación con las nuevas modificaciones.

Tabla 15. Dimensionado del suelo radiante refrescante.

PLANTA BAJA	Superficie [m2]	Paso (m)	Longitud tubo (m)	Nº circuitos reales	Colector	Armario	Panel aislante NOPAS (m²)	Banda (m)	Codo guía	Aditivo para mortero (kg)	Racores
HALL ACCESIO	14,25	0,1	142,50	2	7 circuitos	1	14,25	14,25	4	0,71	4,00
OFICINA RECEPCION	15,05	0,1	150,50	4			15,05	15,05	8	0,75	8,00
ACCESO OFICINAS	4,58	0,1	45,80	1			4,58	4,58	2	0,23	2,00
ASEOS	10,46	0,1	104,60	2	6 circuitos	1	10,46	10,46	4	0,52	4,00
SALA TECNICA	32,05	0,1	320,50	4			32,05	32,05	8	1,60	8,00
Total Planta	76,39		763,90	13,00		2,00	76,39	76,39	26,00	3,82	26,00
PLANTA PRIMERA	Superficie [m2]	Paso (m)	Longitud tubo (m)	Nº circuitos	Colector	Armario	Panel aislante NOPAS M²	Banda (m)	Codo guía	Aditivo para mortero (kg)	Racores
ASEO	3,60	0,1	36,00	1	4 circuitos	1	3,60	3,60	2	0,18	2,00
HALL	5,03	0,1	50,30	0			5,03	5,03	0	0,25	0,00
SALA REUNIONES	26,09	0,1	260,90	3			26,09	26,09	6	1,30	6,00
ESPACIO TRABAJO	65,00	0,1	650,00	8	8 circuitos		65,00	65,00	16	3,25	16,00
DESPACHO	36,35	0,1	363,50	4	4 circuitos		36,35	36,35	8	1,82	8,00
Total Planta	136,07		1360,70	16,00		1,00	136,07	136,07	32,00	6,80	32,00
TOTAL PROYECTO	212,46		2124,60	29,00	0,00	3,00	212,46	212,46	58,00	10,62	58,00

Con todos estos datos se puede elaborar un presupuesto lo más fiable posible para así después poder comparar las diferentes opciones tanto en el ámbito técnico como económico.

En este presupuesto no se ha tenido en cuenta la fuente de generación de calor debido a que se elegirá una para todo el conjunto, por lo que al ser la misma para todo no influye directamente para este análisis.

Tabla 16. Presupuesto del suelo radiante refrescante.

Ud	Resumen	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
SUELO RADIANTE				
ML	Tubo Sysclima PE-RT EVOH 5 Capas-	2.200,00	1,06	2.332,00
Ud	PLACA DE NOPAS PARA INSTALACIÓN UNIFORME NP 20/25	240,00	9,84	2.361,60
ML	TIRA PERIMETRAL AUTOADHESIVA BP-AD 150/80	240,00	0,82	196,80
ML	TUBO MULTICAPA GENERALES SR	86,00	4,89	420,54
ML	COQUILLA CAUCHO GENERALES SR	86,00	3,27	281,22
Ud	COLECTOR COMPACTO SYSCLIMA HZ 4	2,00	93,31	186,62
Ud	COLECTOR COMPACTO SYSCLIMA HZ 6	1,00	125,18	125,18
Ud	COLECTOR COMPACTO SYSCLIMA HZ 7	1,00	140,86	140,86
Ud	COLECTOR COMPACTO SYSCLIMA HZ 8	1,00	154,44	154,44
Ud	CAJA BLANCA EMPOTRABLE H 5/6	2,00	77,28	154,56
Ud	CAJA BLANA EMPOTRABLE H 7/8/9	3,00	84,84	254,52
Ud	RACOR 16 X 2 PARA RETICULADO	58,00	2,32	134,56
Ud	CODO GUIA 14-18 PLASTICO	58,00	1,05	60,90
Ud	GRAPA DE FIJACIÓN PARA NOPAS	100,00	0,04	4,00
Ud	VALVULA CORTE 1" PARA COLECTORES HZ/CL	5,00	15,64	78,20
Ud	VALVULA ZONA RECTA MAX CAUDAL 3/4	5,00	24,68	123,40
Ud	CRONOTERMOSTATO SEMANAL IT 600	5,00	58,09	290,45
Ud	ACTUADOR ELECTROTÉRMICO M28 NC 230V	5,00	33,43	167,15
Ud	ADITIVO SYSCLIMA PARA MORTERO Z1 10Kg	4,00	23,25	93,00
Ud	GRUPO HIDRÁULICO HERZ PUNTO FIJO DN25	2,00	329,24	658,48
Ud	MATERIAL CABLEADO ELECTRICO	1,00	84,35	84,35
Ud	CENTRAL DE REGULACIÓN CALOR/FRIO	1,00	450,81	450,81
Ud	CAJA DE CONEXIÓN KL 06	1,00	76,20	76,20
TOTAL				8.829,84

Tras lo comentado anteriormente se ve que el presupuesto aumenta **1546,72 €** respecto al suelo radiante sólo calor. Con esta diferencia se tendrá que ver si nos compensa uno u otro. Así como la elección de suelo radiante fue rápida esta no lo es tanto y para poder compararlos se debe añadir al suelo radiante solo calor un equipo de climatización. Así se compararán dos cosas con las mismas características.

4.2. VENTILACIÓN

La instalación del sistema de ventilación es obligada por normativa. El CTE en su Documento Básico – Calidad de Aire Interior dice que las viviendas y los locales deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser híbrida o mecánica. El aire debe circular de los locales secos a los húmedos.

La exigencia de calidad del aire interior en este proyecto hace que el local tenga que disponer de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite la formación de elevadas concentraciones de contaminantes de acuerdo a lo indicado en la IT1.1.4.2.

Respecto al caudal por persona que nos exige el apartado HS3 del CTE y el RITE se calcula el caudal necesario en cada espacio a climatizar y ventilar.

Se ha calculado mediante el método indirecto de caudal por persona, para una ocupación total del local de 15 personas, para una categoría de aire interior IDA 2 (oficinas y residencias) ($12,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ por persona = $45 \text{ m}^3/\text{h}$ por persona). En la siguiente tabla se resumen los caudales mínimos calculados para cada local.

Tabla 17. Dimensionado de la instalación de ventilación.

	IDA 2
Caudal / Persona (dm^3/s) HS3	12,5
Caudal / Persona (m^3/h)	450

PLANTA BAJA	nº personas	Caudal necesario (m^3/h)	Factor seguridad (1,1)
OFICINA RECEPCION	1,00	45,00	49,50
SALA TECNICA	2,00	90,00	99,00
Total Planta	3,00	135,00	148,50
PLANTA PRIMERA	nº personas	Caudal necesario (m^3/h)	Factor seguridad (1,1)
SALA REUNIONES	4,00	180,00	198,00
ESPACIO TRABAJO	6,00	270,00	297,00
DESPACHO	2,00	90,00	99,00
Total Planta	12,00	540,00	594,00
TOTAL PROYECTO	15,00	675,00	742,50

El aire de entrada del exterior será filtrado mediante un filtro tipo F6+F8, de acuerdo a las categorías IDA 2 y ODA2, según lo especificado en la IT 1.1.4.2.4

La extracción de aire de los locales de servicio (aseos), se hará de manera independiente, con extractores individuales, asegurando una extracción mínima de $2\text{dm}^3/\text{s}$ por m^2 de superficie del local, de acuerdo a lo indicado en la IT 1.1.4.2.5.

Las redes de conductos deberán estar equipadas de aperturas de servicio para permitir las operaciones de limpieza y desinfección de los mismos.

Con esto ya se puede elegir las máquinas para estas prestaciones. Se dispondrá un extractor de impulsión que asegure un caudal mínimo de $745,50\text{ m}^3/\text{h}$, capaz de vencer las pérdidas de carga de los filtros necesarios y las generadas por el trazado de conductos de impulsión hasta las rejillas de cada local.

También se dispondrá de un segundo extractor con el caudal mínimo de extracción que será menor, venciendo las pérdidas de carga ocasionada por las rejillas de cada local y las ocasionadas por el trazado de conductos hasta el exterior.

Para esto también hay diferentes sistemas a instalar:

- **Admisión natural y extracción natural:**

Instalando rejillas en las ventanas con aperturas de paso en las puertas y un conducto general hasta cubierta para la extracción. Con este sistema se tiene un control nulo y el aire sucio pasa por todos los locales.

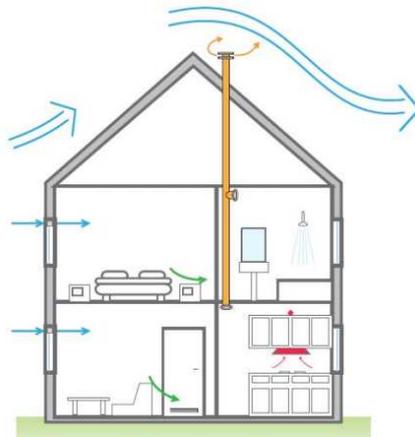


Imagen 2. Ventilación con admisión y extracción natural.

Para este proyecto queda descartado ya que no es nada eficiente, no se pueden hacer huecos en los marcos de las ventanas ya que es cristalera y no tiene cabida en este proyecto.

- **Admisión mecánica y extracción natural:**

Instalando un ventilador mecánico para la entrada de aire y un conducto general hasta cubierta para la extracción.



Imagen 3. Ventilación con admisión mecánica y extracción natural.

Con esto se obtiene un mejor control de la entrada de aire pero aun así no es suficiente para este proyecto.

- **Admisión natural y extracción mecánica:**

Extracción mecánica de las zonas húmedas y paso mediante rejillas y aperturas del aire por las zonas secas.

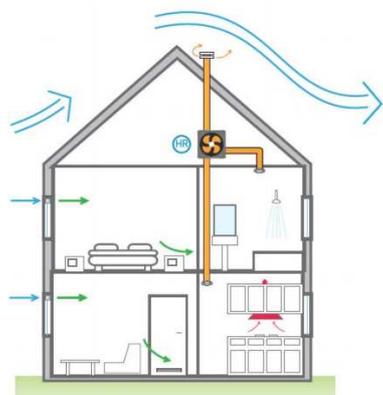


Imagen 4. Ventilación con admisión natural y extracción mecánica.

Con este sistema se consigue algo más de control pero a la vez desconfort ya que no hay filtros, por lo que también queda descartado en este proyecto.

- **Admisión mecánica y extracción mecánica:**

Instalación de extractores para admisión y extracción. Es un sistema más equilibrado aunque tiene un mayor consumo eléctrico.

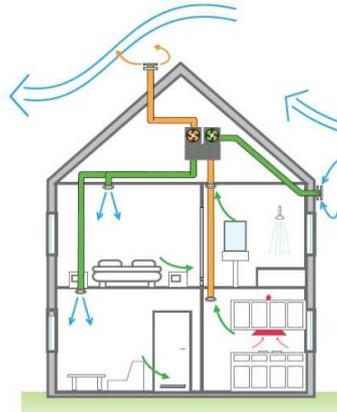


Imagen 5. Ventilación con admisión y extracción mecánica.

Para este proyecto se elige este sistema ya que aporta una buena ventilación y un ahorro energético.

Como se ha reflejado anteriormente se necesitarán dos extractores para la admisión de los locales secos y extracción de los locales húmedos y además en los baños y aseos un extractor independiente unido al conducto de extracción.

Los conductos para este tipo de instalación y en un local de oficinas son mediante tubo de chapa de acero galvanizado rectangular o circular.

En el caso de este proyecto al proponer también un sistema de climatización por conductos de fibra de vidrio, se podría instalar unos iguales para ventilación así ser más uniformes y mejorar el impacto visual.

A continuación se calculan los tramos reales de conducto, véanse también planos para ver a que tramo en particular pertenecen. Las medidas del conducto han sido calculadas con el Software Climavert para producto Climavert Neto.

Tabla 18. Dimensionado de los conductos a instalar.

Q calculo RITE	Q (m ³ /h)	Medidas Conducto (cm)
675	742,5	30X20
540	594	25X20
135	148,5	10x15
45	49,5	10x10
90	99	10x10
450	495	20x20
270	297	20x15
180	198	20x10

velocidad de cálculo: 3,5 m/s en ramal principal

3,0 m/s en ramificación

Con esto podemos saber ya los metros lineales de cada conducto para así reflejarlos en el presupuesto y que sea lo más real posible.

Para los tramos de impulsión:

Tabla 19. Dimensionado de los metros lineales necesarios de conducto de impulsión.

SECCIÓN CONDUCTO (cm)	m ² /ml	ml	TOTAL MEDICIÓN
30X20	1,2	4	4,8
25X20	1,1	12	13,2
20X20	1	5,5	5,5
20X15	0,9	1	0,9
10X20	0,8	7	5,6
10X15	0,7	12	8,4
10X10	0,6	13	7,8
			46,20

Para los tramos de retorno:

Tabla 20. Dimensionado de los metros lineales necesarios de conducto de retorno.

SECCIÓN CONDUCTO (cm)	m ² /ml	ml	TOTAL MEDICIÓN
30X20	1,2	4	4,8
25X20	1,1	19,5	21,45
20X20	1	12	12
10X20	0,8		0
10X15	0,7	15	10,5
10X10	0,6	22	13,2
			61,95

También hay que calcular la dimensión de las rejillas de retorno, que sabiendo que caudal pasa por cada una de ellas y consultando las tablas de los proveedores se podrá saber sus medidas.

- Para caudales de hasta 90 m³/h serán de 200x100 (mm)
- Para caudales de hasta 180 m³/h serán de 250x100 (mm)
- Para caudales de hasta 270m³/h serán de 300x100 (mm)

A continuación se muestra el presupuesto de esta instalación lo más fiable posible.

Tabla 21. Presupuesto de la ventilación por conductos de fibra de vidrio.

Ud	Resumen	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
UD VENTILACIÓN POR CONDUCTOS				
UD	M2 CONDUCTO FIBRA DE VIDRIO "CLIMAVERT"	108,15	25,00	2.703,75
UD	EXTRACTOR EN LINEA CONDUCTO 250MM SV-250/L	1,00	324,97	324,97
UD	REGULADOR ELECTRONICO DE VELOCIDAD RM-02	1,00	70,73	70,73
UD	EXTRACTOR EN LINEA CONDUCTO SV/FILTER 315 F6+F8	1,00	869,44	869,44
UD	REGULADOR ELECTRONICO DE VELOCIDAD RM-02	1,00	70,73	70,73
UD	REJILLA IMPULSIÓN 200X100 90M3/H MARCO INCLUIDO	3,00	43,88	131,64
UD	REJILLA IMPULSIÓN 250X100 180M3/H MARCO INCLUIDO	1,00	46,90	46,90
UD	REJILLA IMPULSIÓN 300X100 270M3/H MARCO INCLUIDO	1,00	47,34	47,34
UD	REJILLA RETORNO 200X100 90M3/H MARCO INCLUIDO	3,00	40,38	121,14
UD	REJILLA RETORNO 250X100 180M3/H MARCO INCLUIDO	1,00	43,49	43,49
UD	REJILLA RETORNO 300X100 270M3/H MARCO INCLUIDO	1,00	43,93	43,93
TOTAL				4.474,06

4.3. REFRIGERACIÓN

Para ello analizaremos a continuación diferentes sistemas de climatización, siendo:

- Climatización por conductos de fibra de vidrio ya que no va a ser instalación vista.
- Climatización mediante la instalación de fancoils.

El espacio a climatizar son espacios de trabajo y salas comunes de ambas plantas, exceptuando el hall de acceso y los baños. Por lo que se tendría una superficie total de: 174,54 m² distribuidos en 5 salas.

4.3.1 OPCIÓN 1: REFRIGERACIÓN POR CONDUCTOS

Un climatizador, también llamado Unidad de tratamiento del aire (UTA, en la normativa española), es el aparato fundamental en el tratamiento del aire en las instalaciones de climatización, en cuanto a los caudales correctos de ventilación (aire exterior), limpieza (filtrado), temperatura (calentamiento o enfriamiento) y humedad.

Por sí mismos no producen calor ni frío, les llega de fuentes externas (caldera o máquinas frigoríficas) por tuberías de agua o gas refrigerante.

Consta de una entrada de aire exterior, un filtro, un ventilador, uno o dos intercambiadores de frío/calor un humidificador (para invierno), y un separador de gotas.

Su objetivo es suministrar un caudal de aire tratado o acondicionado para ser distribuido por una red de conductos a los espacios habitados.

Por lo que hay que realizar una red de conductos para la distribución de aire en instalaciones de ventilación y aire acondicionado.

Se distribuye mediante paneles rígidos de lana de vidrio aglomerada con resinas termoendurecibles. Una de sus caras, la que constituirá la superficie externa del conducto, está recubierta de un revestimiento que actúa de barrera de vapor y proporciona la estanqueidad al conducto. La otra cara, la interior del conducto, puede aparecer con revestimiento de aluminio o con tejido neto. Estos paneles se pueden construir adaptándose a cualquier medida de conducto.

Este sistema precisa de un recorrido de impulsión y otro de retorno como los de ventilación por lo que nos sirven los cálculos realizados anteriormente.

Se hará una separación por plantas y se dispondrá de una unidad interior de climatización en cada una de ellas que asegure la potencia necesaria en cada una de ellas y que sea capaz de vencer las pérdidas de carga de los filtros necesarios y las generadas por el trazado de conductos de impulsión hasta las rejillas de cada local. Las dos estarán unidas a una unidad exterior común.

Al igual que en suelo radiante una forma rápida de saber cuántos kW se necesitan refrigerar y así saber que potencia han de dar las máquinas de climatización a instalar es haciendo una estimación de unos 80-120 w/m² dependiendo de la orientación y de los cerramientos. En este caso al ser una zona que no necesita mucha refrigeración durante muchos meses se coge el dato menor. Además si finalmente se opta también por el suelo radiante refrescante, éstas sólo estarán para apoyo del encendido de la climatización de suelo radiante, ya que como se ha visto en apartados anteriores debido a su inercia térmica tardaría más en aportar la sensación de frescor al ambiente.

Con el dato de 80 w/m² necesarios se calcula la potencia en las salas necesarias de disponer climatización:

Tabla 22. Potencia necesaria de climatización en los locales.

	Superficie (m ²)	w/m ²	W necesarios	W instalados
OFICINA-RECEPCIÓN+HALL ACCESO	29,30	80	2344,00	3000
SALA TÉCNICA	32,05	80	2564,00	3000
		TOTAL	4908,00	6000
SALA DE REUNIONES	26,09	80	2087,20	3000
ESPACIO TRABAJO	65,00	80	5200,00	6000
DESPACHO	36,35	80	2908,00	3000
		TOTAL	10195,20	12000

Por lo tanto se instalarán máquinas de estas potencias.

También hay que calcular la dimensión de las rejillas de retorno, que sabiendo que caudal pasa por cada una de ellas y consultando las tablas de los proveedores se pueden saber sus medidas.

- Para caudales de hasta 90 m³/h serán de 200x100 (mm)
- Para caudales de hasta 180 m³/h serán de 250x100 (mm)
- Para caudales de hasta 270m³/h serán de 300x100 (mm)

Para la impulsión elijo difusores circulares con regulación de caudal.

Con todo esto se pasa al presupuesto elaborado lo más real posible para poder compararlo con las demás opciones.

Tabla 23. Presupuesto de la climatización por conductos.

Ud	Resumen	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
UD	CLIMATIZACIÓN POR CONDUCTOS			
UD	M2 CONDUCTO FIBRA DE VIDRIO "CLIMAVERT"	108,15	25,00	2.703,75
UD	UD INTERIOR CONDUCTOS KOSNER KRV CD 56T	1,00	580,34	580,34
UD	UD INTERIOR CONDUCTOS KOSNER KRV CD 112T	1,00	768,38	768,38
UD	UD EXT. MINI KRV V4+ KOSNER PLUS 6HP 160SW 1PH	1,00	2.794,69	2.794,69
ML	ML TUBERÍA DOBLE AISLADA FRIO 1/4 - 1/2	40,00	4,86	194,40
UD	DIFUSOR CIRCULAR CON REGULACIÓN	5,00	38,76	193,80
UD	REJILLA RETORNO 200X100 90M3/H MARCO INCLUIDO	3,00	40,38	121,14
UD	REJILLA RETORNO 250X100 180M3/H MARCO INCLUIDO	1,00	43,49	43,49
UD	REJILLA RETORNO 300X100 270M3/H MARCO INCLUIDO	1,00	43,93	43,93
	TOTAL			7.443,92

4.3.2 OPCIÓN 2: REFRIGERACIÓN POR FANCOILS

Un fancoil es un dispositivo relativamente sencillo, consistente en una batería o intercambiador de frío o de calor y un ventilador.

Normalmente éstos climatizan un local o varios conectados a una red de tuberías que le proporcionan la energía térmica (calor o frío) y tienen un sistema de regulación propio, generalmente un termostato todo o nada. Pueden tener distintos diseños incluyendo el horizontal (montaje en cielorraso) y vertical (montaje como consola en el suelo).

Debido a su sencillez, son más económicos de instalar que un sistema de climatización por conductos de aire con unidad de tratamiento del aire (UTA). Sin embargo, regulan peor la humedad ambiente y pueden causar ruidos dado que el ventilador está en el mismo local climatizado.

Por lo tanto en nuestro caso a estudio habría que instalar un fancoil en cada espacio a refrigerar.

Al igual que antes en el apartado de refrigeración por conductos se necesita saber cuántos kW se necesitan refrigerar que en este caso serán los mismos anteriormente calculados pero de manera independiente ya que se instalaría un fancoil por cada espacio a climatizar, no de forma conjunta, por lo que la tabla quedaría así.

Tabla 24. Potencia necesaria de climatización en los locales.

	Superficie (m ²)	w/m ²	W necesarios	W instalados
OFICINA-RECEPCIÓN+HALL ACCESO	29,30	80	2344,00	3000
SALA TÉCNICA	32,05	80	2564,00	3000
SALA DE REUNIONES	26,09	80	2087,20	3000
ESPACIO TRABAJO	65,00	80	5200,00	6000
DESPACHO	36,35	80	2908,00	3000
			15103,20	18000

Por lo tanto se instalarán máquinas de estas potencias.

También hay que tener en cuenta el espacio disponible para su colocación. Al ser muchos de los cerramientos de cristal en algunas de las salas hay que optar por fancoils tipo suelo. Así también quedarán más ocultos y dejarán un espacio visual amplio y limpio.

Para esta instalación sólo son necesarios tubería de cobre asilada, para transportar el líquido refrigerante y el gas, conductos para desagüe y los propios fancoils, como indica el siguiente presupuesto.

Tabla 25. Presupuesto de climatización mediante fancoils.

Ud	Resumen	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
UD	SYSCLIMA FANCOILS			
UD	FANCOIL MURAL KFC-SP 400	2,00	422,50	845,00
ML	ML TUBERIA DOBLE AISLADA 1/2 - 1/4	16,00	4,86	77,76
UD	COMPLEMENTOS CONEXIÓN A CAJA Y SIFÓN	2,00	4,38	8,76
ML	ML TUBO MULTICAPA D.25	40,00	7,13	285,20
UD	FANCOIL SUELO KFC-SL 400	4,00	343,75	1.375,00
ML	ML TUBO EVACUACION	16,00	4,86	77,76
UD	COMPLEMENTOS CONEXIÓN A CAJA Y SIFÓN	4,00	4,38	17,52
ML	ML TUBERIA DOBLE AISLADA 1/2 - 1/4	60,00	7,13	427,80
	TOTAL			3.114,80

Una vez hecho el análisis de las dos opciones y para ayudar a decidir se verán las ventajas y desventajas de cada uno de ellos para elegir la opción más adecuada.

- **Ventajas refrigeración por conductos:**

1. Varias salas a climatizar

Es la mejor opción cuando hay más de una habitación a climatizar. Se ahorra instalar más de un aparato y el coste que esto conlleva.

2. Estética

Estéticamente es mucho más sencillo y desapercibido, pues sólo están a la vista las rejillas de salida del aire. Además, hay creadores de aire acondicionado que ofrecen diseños originales y a la última, con una gama de colores amplia para rejillas o para los termostatos.

3. Acústica

Acústicamente es mucho más discreto. Apenas hace ruido, si bien es cierto que los fancoils de hoy en día han ganado mucho en silencio.

4. Ahorro de energía

Estos aparatos permiten controlar cada habitación, imponiendo la temperatura en cada una de ellas de forma independiente, además de poder cerrar los que estén desocupados y parar la máquina de aire acondicionado cuando las zonas alcanzan la temperatura que hayas configurado en los diferentes termostatos.

Para conseguir una mayor eficiencia, es imprescindible que los conductos instalados cuenten con un correcto aislamiento y hermetismo que evite las pérdidas de energía y garantice un confort térmico adecuado y ahorros de energía.

- **Ventajas refrigeración por fancoils:**

1. Menor mantenimiento

Ya que no disponen de partes mecánicas en los equipos individuales, por lo que aumenta su duración o vida útil.

2. Menor red de suministro eléctrico

Para la alimentación de los elementos terminales al carecer de ventiladores.

3. Integración de las luminarias

Se pueden integrar las luminarias en el propio equipo.

4. Menos espacio

Precisan de menos espacio pero hay que saber ubicarlos para que no sean perjudiciales y no aporten el aire directamente a las personas en su puesto de trabajo.

- **Desventajas refrigeración por conductos**

1. Requiere obra y complicada instalación

Normalmente es una buena opción cuando se compra la nave con este tipo de aire preinstalado. De lo contrario hay que encastrarlo en el falso techo y si no tiene, hay que fabricarlo. Si bien es cierto que también existen instalaciones de aire acondicionado por conductos a la vista, una opción que puede resultar antiestética para muchos, pero que ofrece un estilo industrial en auge en el mundo del interiorismo.

2. Elevado coste

Debido a la obra necesaria y a la cantidad de material que implica (tuberías, rejillas, sistemas de regulación y control enclaustrados...), instalar un sistema de aire acondicionado por conductos puede ser caro.

Queda en la decisión de cada usuario, valorar si compensa realizar esta inversión que más adelante puede traducirse en un mayor ahorro energético y un mayor confort.

3. Mantenimiento y limpieza

La limpieza y desinfección de los conductos de aire acondicionado del polvo y las partículas nocivas que se acumulan en ellos es fundamental para mantener una instalación de aire acondicionado sana y evitar el llamado síndrome del edificio enfermo.

Existen modernos sistemas de limpieza de los conductos de aire acondicionado que generalmente aprovechan las entradas o salidas de los conductos del aire (rejillas, difusores, etc) para introducir robots mecánicos con distintos sistemas de limpieza, como cepillos rotativos, aspiración y recogida de residuos, o limpieza por inyección de aire o agua.

- **Desventajas refrigeración por fancoils**

1. Ruido

Pueden originar ruido producto de la alta velocidad del aire requerida si el sistema no está bien dimensionado y ejecutado.

2. Potencia limitada

Por lo que en locales con cargas térmicas elevadas puede resultar necesario un tratamiento adicional específico en fachada.

3. Regulación más complicada

Regulación más complicada, ya que si generamos más caudal de aire del previsto aumenta el nivel de ruido, y si lo generamos de menos no será capaz de inducir lo suficiente como para compensar las cargas.

4.3.3 ELECCIÓN DEL SISTEMA MÁS ADECUADO PARA LA INSTALACIÓN DE REFRIGERACIÓN

Con todo este análisis ya se pueden ver las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas y ver las diferentes opciones disponibles para así decantarse por una de ellas.

Se tendrían tres opciones:

- **OPCIÓN 1:**

Suelo radiante refrescante, es decir para transmitir calor en invierno y frío en verano. Debido a la inercia de este sistema que trabaja a menos temperatura que el sistema convencional de radiadores y tarda más en calentarse o enfriarse y transmitir el calor o frío, se apoyará la climatización en verano con el aporte de fancoils. Esto es debido ya que en esta zona no es necesario diariamente refrescar el local por las condiciones climáticas, por lo que el suelo refrescante no tiene por qué estar en uso todos los días y para que el día que sea necesario no tarde demasiado en refrescarse el local se instalan fancoils que se usarán al principio hasta que el suelo refrescante se ponga en marcha y se note térmicamente.

A todo esto habría que añadirle la instalación de ventilación por conductos de fibra de vidrio o de chapa.

- **OPCIÓN 2:**

Suelo radiante calor para invierno y aire acondicionado mediante conductos de fibra de vidrio distribuidos por todo el local para verano.

Además en esta opción también se podría incluir la ventilación por conductos de fibra de vidrio y combinarlos con los de climatización por aire, es decir usar los mismo conductos para ventilación y refrigeración, lo que ahorraría un coste importante. Este método no se suele usar normalmente pero es importante tenerlo en cuenta ya que reduciríamos espacio de los conductos y al ser las oficinas de una nave no quedaría tan industrial.

Al ser la refrigeración sólo para aire frío en los meses cálidos y la ventilación necesaria durante todas las épocas del año habría que instalar en los extractores una compuerta de caudal constante para que cuando el sistema de climatización esté apagado siga funcionando la ventilación. Esto encarece un poco la instalación pero se ve recompensada con el ahorro de los conductos.

- **OPCIÓN 3:**

Una mezcla de las dos anteriores, eligiendo suelo radiante refrescante con climatización por conductos de ventilación. Frente al confort sería la más adecuada, aunque frente al precio, éste será algo más elevado.

Hacemos un análisis económico de las tres opciones y comparamos precio con las ventajas y desventajas de cada uno de ellos para llegar a la solución más adecuada técnica y económicamente, sin olvidarnos de la eficiencia energética.

Con los presupuestos mostrados anteriormente se hace una tabla resumen de las 2 opciones.

Tabla 26. Opción 1: Suelo radiante refrescante con climatización mediante fancoils.

OPCIÓN 1	PRECIO (€)
SR REFRESCANTE	8.829,84 €
VENTILACIÓN	4.474,06 €
REFRIGERACIÓN POR FANCOILS	3.114,80 €
TOTAL (€)	16.418,70 €

Tabla 27. Opción 2: Suelo radiante con climatización mediante conductos de fibra de vidrio.

OPCIÓN 2	PRECIO (€)
SR CALOR	7.283,12 €
VENTILACIÓN	4.474,06 €
REFRIGERACIÓN POR CONDUCTOS	7.443,92 €
Descontar conductos por repetición en las 2 opciones	- 2.628,56 €
TOTAL (€)	16.572,54 €

Se puede ver que hay muy poca diferencia entre ellos por lo que el precio no será lo que más ayude a elegir una u otra de estas dos opciones. Habrá que ver la instalación de generación de calor que se pone para así ver qué tipo de instalación es más adecuado, ya que los fancoils es un sistema agua-aire y la refrigeración por conductos es aire-aire. Entonces depende de que instalación de generación de calor se instale, puede ayudar en uno de estos dos sistemas y evitar poner más máquinas con consumo eléctrico que es mucho menos eficiente. Además la regulación del sistema de refrigeración implicaría un menor consumo innecesario.

Tabla 28. Opción 3: Suelo radiante refrescante con climatización mediante conductos de fibra de vidrio.

OPCIÓN 3	PRECIO (€)
SR REFRESCANTE	8.829,84 €
VENTILACIÓN	4.474,06 €
REFRIGERACIÓN POR CONDUCTOS	7.443,92 €
Descontar conductos por repetición en las 2 opciones	- 2.628,56 €
TOTAL (€)	18.119,26 €

Esta opción como se ha comentado anteriormente es la de mayor precio, pero más confort.

Teniendo en cuenta el uso y la zona de las oficinas de la nave industrial se podría decantar más por la segunda opción, ya que el suelo radiante puede parecer un lujo para unas oficinas pero el confort que aporta para trabajar es muy óptimo y eficientemente también, ya que reduce considerablemente el consumo de energía y el consecuente aporte de CO₂ al medio ambiente.

La climatización por conductos es más típica en una nave de estas características y debido al uso que va a tener donde no todas las salas estarán climatizadas al mismo tiempo pero si ventiladas, permite una mayor regulación y ahorro energético. Por la ubicación de la nave y su gran superficie de almacén no climatizado aparte de las oficinas se considera que no sería utilizado durante muchos meses ya que no es una zona de un calor excesivo y la zona no climatizada también reducirá la temperatura de las oficinas en verano. Esta condición también hace pensar que para qué poner el sistema más caro de climatización si va a ser poco usado, pero se considera que al unificar los conductos de ventilación y climatización se ahorraría espacio destinado a las instalaciones y quedaría más limpio visualmente, ya que sólo se verían las rejillas que sí o sí estarían si sólo hubiese ventilación.

El sistema mediante fancoils depende de su ubicación ya que pueden molestar a las personas trabajando y su aporte de ruido continuamente es perjudicial. En el caso de este proyecto su ubicación sería algo difícil debido a las grandes paredes de armarios por lo que se tendrían que elegir fancoils de suelo en la parte inferior de la pared exterior acristalada y en la zona de medianeras en las demás salas.

Con todas estas dudas aún no se puede elegir el sistema más adecuado, también se necesita saber la fuente de generación de calor con la que se dispondrá ya que esta puede ayudar a elegir el sistema más adecuado. Debido a que se quiere ser eficientes en las instalaciones, si el sistema de generación ayuda también al apoyo de refrigeración sería lo ideal y se ahorraría mucho.

4.4. FUENTES DE GENERACIÓN DE CALOR

Se analizarán en el presente proyecto las distintas posibles fuentes de generación de calor tratando de ser eficientes y sin dañar el medio ambiente. En el caso de esta nave se tienen ciertas limitaciones ya que por normativa interna de la hilera de las naves donde está situada no es posible instalar placas en la cubierta ni en fachada. Aun así se estudiarán también esas alternativas para poder compararlas con las demás.

Se estudiarán distintas fuentes como caldera de gas natural, habitual en viviendas actuales, debido a la normativa éstas deberán de ser de condensación o bajo NOx. No será aplicable en este proyecto pero se estudiará para comparar esta energía con las demás en el estudio de viabilidad. Ésta se usará de referencia para estudiar las demás.

Se estudiará la energía solar térmica con la instalación de dos placas solares en cubierta, con un depósito de acumulación y con apoyo de caldera de condensación. Esta opción se

descartará debido a la normativa interna, ya que se estudió o se está estudiando la posibilidad de hacer una instalación fotovoltaica en todas las cubiertas.

Además se estudiará como fuente de energía la biomasa que tendría como combustible pellets. Esta si está considerada energía renovable y cumpliría con la normativa actual.

Y por último también se analizará la aerotermia, que como tal no está considerada como energía renovable, pero se estudiará detenidamente ya que utiliza como fuente primaria la temperatura en el ambiente exterior y también usa electricidad como fuente de apoyo en los casos límites. Es por esto que no está considerada energía renovable pero con lo últimos avances en estos años están llegando a rendimientos muy altos y preveo que en el futuro se considerara renovable.

En algunas comunidades de España si la aceptan como energía renovable por sus rendimientos. Más adelante se hará un estudio de eficiencia energética y se comparará esta energía con el caso objeto que aporta la normativa y se verá si cumple o no con los mínimos exigidos de eficiencia energética.

4.4.1. CALDERA DE GAS NATURAL

Se analiza en el presente proyecto para tener datos como base y así poder comparar las demás opciones mediante un estudio de viabilidad, aunque no es factible en este proyecto ya que trata de ser eficientes y reducir el consumo de energías no renovables.

La normativa actual exige instalar calderas de condensación o de bajo NOx ya que son más eficientes y reducen la emisión de CO₂. No es de aplicación en este proyecto ya que se quiere ser eficientes, por lo que se decantará por una fuente de energía limpia.

A continuación se muestra un presupuesto de una caldera de condensación convencional. Se realiza para usar estos datos en el estudio de viabilidad y comparar las demás opciones con esta como muestra. Así se comparará todo con lo mismo y se podrá usar esos datos para elegir una de las opciones, ya que será algo real si se compara todo con el mismo punto base.

Tabla 29. Presupuesto caldera de condensación.

Ud	Resumen	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
CALDERA DE CONDENSACIÓN				
UD	INTERGAS KOMBI KOMPAKT HR 30/36 NAT CONDENSACIÓN	1,00	1.182,15	1.182,15
ML	ML COBRE 28	6,00	26,32	157,92
ML	ML COQUILLA CAUCHO EQ 25MM 28 (RUBAFLEX)	6,00	8,44	50,64
UD	VASO EXPANSIÓN 35L	1,00	85,52	85,52
UD	VALVULAS DE SEGURIDAD, RETENCIÓN, CORTE	1,00	232,09	232,09
UD	TERMOSTATO DE SEGURIDAD	2,00	23,01	46,02
UD	COMPLEMENTOS HIDRÁULICOS	1,00	188,70	188,70
UD	COMPLEMENTOS ELÉCTRICOS	1,00	283,05	283,05
	TOTAL			2.226,09

4.4.2. SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica es la más utilizada en estos casos para cumplir la normativa de eficiencia energética. En este caso no se puede utilizar ya que por normativa interna no se puede instalar nada en cubierta ni fachada. Aun así se estudiará para ver que es la más barata, aunque necesita una caldera de apoyo ya que las placas por si solas en muchos momentos no aportan lo suficiente para que la instalación funcione, en esos casos la caldera de apoyo entra en funcionamiento. Con esto se puede llegar a la conclusión de que es la más barata pero la menos eficiente con el medio ambiente, ya que cumple la normativa pero si la mayoría de veces entra en funcionamiento la caldera ya no sería una energía tan renovable. Para ello se instalan depósitos acumuladores de agua caliente, pero estos si las placas no funcionan durante mucho tiempo se acaban gastando y necesitan el aporte de la caldera a la instalación. Sin embargo con las demás alternativas que se propondrán después esto no sería así ya que tanto con la biomasa como con la bomba de calor, están siempre estarían funcionando salvo en condiciones extremas que por la zona en la que está situada la nave rara vez sucedería.

Se realiza el análisis instalando solo 2 placas, se podrían instalar más y así no necesitar casi el apoyo de la caldera, pero en este caso como por normativa interna no se puede instalar en cubierta, se hará sólo el estudio básico para ver qué es y cuánto costaría su instalación y ver que de las planteadas es la más económica.

A continuación se ve un esquema de principio básico de un kit drainback de placas solares. Este consta de 2 paneles solares instalados en paralelo o en serie que mediante una tubería aislada inox en circuito cerrado llegan al depósito solar de acumulación que mediante un serpentín aportan el calor al agua del depósito y está ya puede ser utilizada para consumo. Siempre pasaría por caldera, pero ésta solo funcionaría cuando el agua no esté lo suficientemente caliente para consumo, por lo tanto la caldera entraría en funcionamiento aportando el calor necesario.

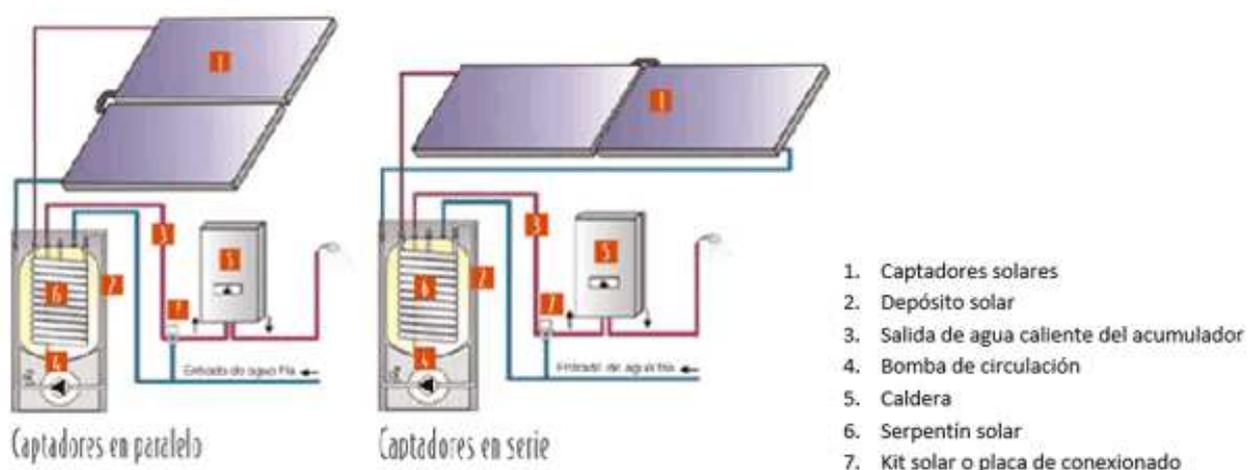


Imagen 6. Esquema básico de principio del kit Drainback de placas solares con acumulador.

A continuación se muestra el presupuesto de la instalación solar térmica. Como lo comentado anteriormente, no es factible para este proyecto pero si en un futuro cambia la normativa se podría instalar como apoyo a la instalación existente y ser aún más eficiente y tender al autoconsumo.

Tabla 30. Presupuesto instalación solar térmica.

<i>Ud</i>	<i>Resumen</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario (€)</i>	<i>Total (€)</i>
SOLAR TÉRMICA				
UD	KIT DRAINBACK: 2 CAPTADORES + ACUMULADOR 300L	1,00	2.878,72	2.878,72
UD	ROLLO 20M KIT MANGUERAS INOX AIS. Ø12MM	1,00	423,91	423,91
ML	Aistamiento 30mm Rubaflex C. Recubierta blanca D15	20,00	12,36	247,20
UD	INTERGAS KOMBI KOMPAKT HR 30/36 NAT CONDENSACIÓN	1,00	1.182,15	1.182,15
ML	ML COBRE 28	6,00	26,32	157,92
ML	ML COQUILLA CAUCHO EQ 25MM 28 (RUBAFLEX)	6,00	8,44	50,64
UD	VASO EXPANSIÓN 35L	1,00	85,52	85,52
UD	VALVULAS DE SEGURIDAD, RETENCIÓN, CORTE	1,00	232,09	232,09
UD	TERMOSTATO DE SEGURIDAD	2,00	23,01	46,02
UD	COMPLEMENTOS HIDRÁULICOS	1,00	188,70	188,70
UD	COMPLEMENTOS ELÉCTRICOS	1,00	283,05	283,05
	TOTAL			5.775,92

4.4.3. BIOMASA

Durante el crecimiento de las plantas, la fotosíntesis transforma la energía radiante del sol en energía química, que queda almacenada en forma de materia orgánica.

En una caldera de biomasa se pueden usar varios tipos de materias orgánicas como fuente de energía. Estos pueden ser pellets de madera, huesos de aceituna, residuos forestales, cáscaras de frutos secos. En este proyecto se plantea el uso de pellets.

El uso de la biomasa puede considerarse neutro en términos de emisiones de CO₂, puesto que el CO₂ que las plantas absorben durante su crecimiento será prácticamente el mismo al que emiten durante su combustión. Por tanto, todo el CO₂ emitido en el uso energético de la biomasa no contribuye al incremento de su porcentaje en la atmósfera, ayudando a reducir el efecto invernadero y a evitar el continuo cambio climático.

Una caldera de biomasa funciona de forma similar a una caldera de gas. El quemador de combustible quema el pellet que se le proporciona, generando una llama horizontal que entra en la caldera, como suele suceder en los sistemas de gasóleo.

El calor generado durante esta combustión (en este caso de combustible natural) es transmitido al circuito de agua en el intercambiador incorporado en la caldera.

El agua caliente generada se utiliza para calefacción y agua caliente sanitaria, climatización de piscinas, etc. La calefacción puede ser por cualquiera de los sistemas convencionales de agua, por ejemplo, suelo radiante o radiadores.

Las calderas de biomasa necesitan un contenedor o silo para el almacenaje de biocombustible situado próximo a la caldera. Desde el mismo, un alimentador usualmente de tornillo sin fin o de succión, lo lleva a la caldera, donde se realiza la combustión.

Como vemos requieren muchos más elementos que una caldera de combustible fósil. Por tanto es lógico que sean más caras, pero el precio del biocombustible sólido, mucho más barato que el de los combustibles fósiles convencionales hará que se recupere la inversión inicial pronto como veremos más adelante en el estudio de viabilidad.



Imagen 7. Caldera de biomasa y silo de acumulación del combustible.

A continuación se muestra el presupuesto de la posible instalación de biomasa. Ésta se comparará con la bomba de calor aerotérmica y así llegar a la solución más adecuada para el proyecto.

Tabla 31. Presupuesto instalación de biomasa.

Ud	Resumen	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
BIOMASA SYSLIMA				
UD	BIOCOM BOX 30 (CON SILO DE 7,5M3)	1,00	11.941,32	11.941,32
UD	PUESTA EN MARCHA	1,00	249,78	249,78
UD	PATAS AMORTIGUADORAS	1,00	43,25	43,25
UD	SONDA AMBIENTE RFF25	2,00	76,23	152,46
UD	SET MKR (Control de calefacción y ACS según temperatura exterior)	1,00	351,23	351,23
UD	ACCESORIOS	1,00	257,54	257,54
ML	ML CHIMENEA D.150	7,00	127,40	891,80
UD	DEPOSITO DE INERCIA 200L GH DPV/CE	1,00	608,88	608,88
ML	ML COBRE D.28 CON AISLAMIENTO	5,00	31,51	157,55
UD	VASO DE EXPANSIÓN 50L	1,00	96,10	96,10
UD	PEQUEÑO MATERIAL (Válculas y accesorios)	1,00	180,95	180,95
TOTAL				14.930,86

- Ventajas

1. Fuente de energía inagotable y no contaminante

Es una fuente de energía inagotable y además apenas contamina el Medio ambiente: no contribuye a la destrucción de la Capa de Ozono. Por lo tanto disminuye la dependencia de los combustibles fósiles.

Ayuda a la limpieza de los montes y al uso de los residuos de las industrias: debido a que las calderas se alimentan con ramas, hojas caídas de los árboles.

2. Coste inferior a la energía convencional

Tiene un coste muy inferior al de la energía convencional: es hasta cuatro veces más barato. Además cuenta con una gran variedad de combustibles disponibles aptos para consumo en la misma caldera.

3. Tecnología avanzada

Existe una tecnología muy avanzada, con garantía de funcionamiento, alto rendimiento, y fiabilidad.

4. Mejora del suelo de la tierra

La implantación de cultivos energéticos en tierras abandonadas evita la erosión y degradación del suelo. También esto ayuda a evitar incendios. Y además en nuestro país hay un gran excedente de biomasa.

- Desventajas

1. Rendimientos inferiores a otra calderas

Los rendimientos de las calderas de biomasa son algo inferiores a los de las calderas que usan un combustible fósil líquido o gaseoso.

2. Almacenamiento de la materia prima

La biomasa posee menor densidad energética, lo que hace que los sistemas de almacenamiento sean mayores. Esto es una gran desventaja para este proyecto ya que el cliente ha comprado una nave más grande porque la anterior era pequeña, por lo que es algo negativo ocupar un sitio grande para la colocación del silo y la caldera.

3. Sistemas de alimentación y eliminación de ceniza

Los sistemas de alimentación de combustible y eliminación de cenizas son más complejos y requieren unos mayores costes de operación y mantenimiento.

4. Distribución de la biomasa

Los canales de distribución de la biomasa no están tan desarrollados como los de los combustibles fósiles. Muchos de estos recursos tienen elevados contenidos de humedad, lo que hace que en determinadas aplicaciones pueda ser necesario un proceso previo de secado.

5. Conducto de evacuación

Necesitan de un conducto o chimenea de evacuación. En este caso al ser una nave adosada ya construida esto sería un problema ya que se tendría que sacar el conducto hasta cubierta, lo que sería necesario realizar obra en una parte de la nave que no estaba contemplado cambiar.

4.4.4. BOMBA DE CALOR: AEROTERMIA

La aerotermia se basa en extraer energía gratuita del aire exterior mediante una bomba de calor inverter de alta eficiencia y cederla al agua que se aporta al sistema de calefacción y agua caliente. A través de un ciclo de compresión de un gas refrigerante, potencia esa energía hasta 4 veces más para climatizar la vivienda. Por ello en los sistemas de aerotermia, las bombas de calor son del tipo aire-agua. Estas bombas están diseñadas y construidas para obtener el máximo rendimiento en condiciones climáticas severas, tanto en invierno, como en verano. Este sistema es altamente eficiente incluso con el aire a una temperatura tan baja como los -20 °C.

La alta eficiencia de estos generadores lo sitúa entre los mejores, con la más alta clasificación energética posible A++. Siempre utiliza la mayor cantidad de energía renovable posible y apenas emite CO₂ al medio ambiente.

Las bombas de calor aire-agua no necesitan grandes reformas o espacios interiores para su instalación, por lo que son perfectas para este proyecto y para reducir espacio. Los sistemas con bombas de calor aire-agua también se pueden ampliar fácilmente, por ejemplo, con paneles solares y calderas de condensación.

Los sistemas de aerotermia, están inicialmente diseñados para utilizarse en viviendas unifamiliares, así como pequeño edificio terciario como es nuestro caso.

La combinación perfecta sería con un sistema de calefacción de baja temperatura como el suelo radiante y sistema de paneles solares térmicos. En este caso, por lo tanto es idóneo porque se dispone de suelo radiante, aunque no los paneles solares porque no se podrían instalar en cubierta.

Proporciona prestaciones para agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración. Por esto es idónea para este proyecto.



Imagen 8. Unidades interior y exterior de bomba de calor aerotermia

A continuación se muestra el presupuesto de la posible instalación de aerotermia.

Tabla 32. Presupuesto instalación de bomba de calor: aerotermia.

Ud	Resumen	Cantidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
AEROTERMIA				
UD	BOMBA DE CALOR HPI-2 27 DE DIETRICH	1,00	9.335,30	9.335,30
UD	INTERACUMULADOR BPB 200 DE DIETRICH	1,00	922,01	922,01
UD	VÁLVULA DIVERSORA 3VIAS	1,00	124,80	124,80
ML	ML COBRE 28	6,00	26,32	157,92
ML	ML COQUILLA CAUCHO EQ 25MM 28 (RUBAFLEX)	6,00	8,44	50,64
ML	ML TUBO MULTICAPA PRESSMAN ROLLO 25/2,5	20,00	6,06	121,20
UD	ML COQUILLA CAUCHO EQ 20MM 25 (RUBAFLEX)	20,00	3,92	78,40
UD	VASO EXPANSIÓN 35L	1,00	85,52	85,52
UD	VALVULAS DE SEGURIDAD, RETENCIÓN, CORTE	1,00	168,54	168,54
UD	TERMOSTATO DE SEGURIDAD	1,00	23,01	23,01
UD	COMPLEMENTOS HIDRÁULICOS	1,00	104,80	104,80
UD	COMPLEMENTOS ELÉCTRICOS	1,00	170,30	170,30
UD	TERMÓMETRO POSTERIOR	2,00	10,56	21,12
	TOTAL			11.363,56

- Ventajas

1. Alto rendimiento

Las bombas de calor aerotérmicas, poseen un rendimiento muy alto. El COP máximo (Coeficient of Perfomance) o coeficiente de funcionamiento, está en torno a 4 ó 5, dependiendo del fabricante. Esto quiere decir, que por cada kW·h eléctrico consumido, el equipo de aerotermia, puede producir en condiciones óptimas de funcionamiento 5 kW·h térmicos. Como vemos en el siguiente gráfico, hasta un 75% procede de energía renovable (aire exterior) y únicamente hasta un 25% es consumo eléctrico (ventilador y compresor).

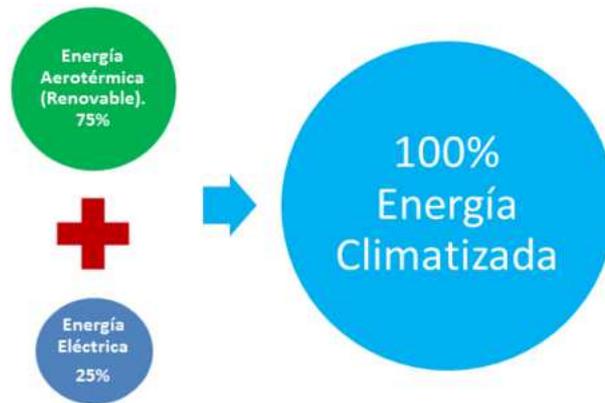


Imagen 9. Distribución de la energía eléctrica y renovable para climatizar.

Los sistemas vienen garantizados para trabajar hasta $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. En el caso de que no puedan aportar la temperatura correcta, integran un equipo automático de apoyo. También se dispone en el mercado de equipos que pueden trabajar combinados con calderas, generalmente de condensación.

2. Adecuadas para climas intermedios

Como todas las bombas de calor, la aerotermia, es un sistema ideal para climas templados, ya que su rendimiento disminuye a medida que la temperatura exterior disminuye. Pero no es este caso ya que en Tudela no se tiene un clima demasiado frío.

En el siguiente gráfico, se observa cómo varían los rendimientos del equipo en función de la temperatura exterior y la consigna de temperatura de impulsión del agua.

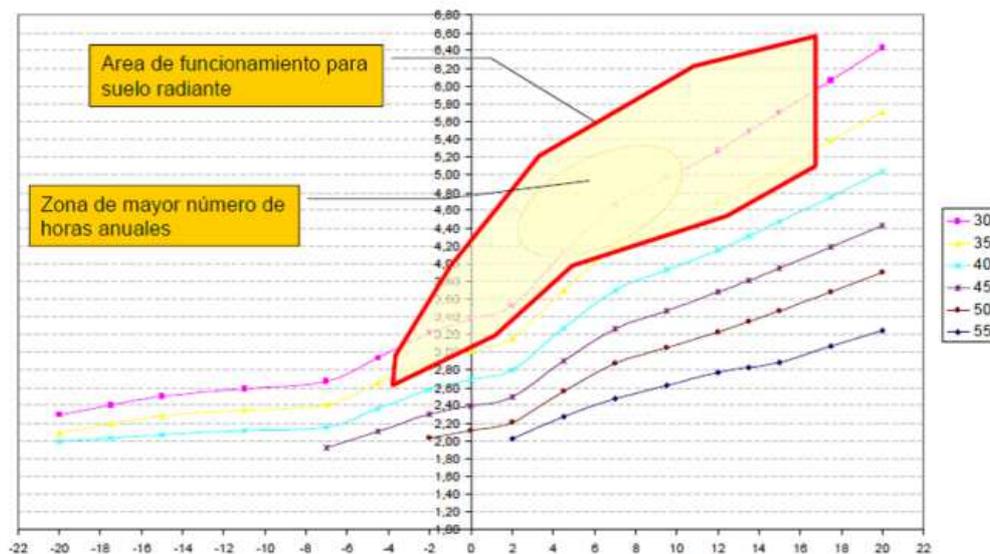


Imagen 10. Variación del rendimiento en función de la temperatura exterior y la impulsión del agua.

En el eje de abscisas, se representan los valores de la temperatura exterior, y en el ordenadas el valor del COP. Como se puede observar, a menor temperatura de impulsión y mayor temperatura exterior, el COP aumenta. Vemos que con temperaturas de impulsión de

30 °C (correspondientes a un sistema de suelo radiante en régimen de funcionamiento), el COP, a una temperatura exterior entre 4 y 6 °C puede llegar al 3,80 y 4,40 aproximadamente. De forma inversa, cuanto menor sea la temperatura exterior, el COP disminuye notablemente, aunque se puede mantener en un valor de 2 incluso con temperaturas muy bajas.

3. Ahorro energético

Un sistema de aerotermia proporciona un ahorro energético considerable en comparación con sistemas convencionales de producción de calor y ACS. Pero como se ha visto, todo dependerá de las condiciones climáticas de la zona y del sistema de calefacción del que dispongamos.

Además el ahorro aumenta con sistemas de calefacción a baja temperatura, como es nuestro caso con el suelo radiante.

4. Periodo de amortización

Su periodo de retorno es medio-bajo ya que no se recupera a muy corto plazo debido a que su instalación y maquinaria es cara, pero debido a su alto rendimiento ésta se recupera rápido.

5. Instalación sencilla

Su instalación es sencilla, ya que solo consta de una máquina exterior y otra interior, que en muchos casos se usa máquina compacta que contiene las dos en una sola.

Además requiere poco espacio, por lo que es ideal si no se dispone de sala de calderas.

6. Energía limpia

Energía limpia debido a sus bajas emisiones de CO₂. Usa electricidad en caso de que entren en funcionamiento las resistencias de apoyo pero esto se ve compensando con su alto rendimiento.

7. No es necesario la instalación de chimenea

No se necesitan chimeneas de evacuación de humos y requiere de poco mantenimiento.

- **Desventajas**

1. Inversión inicial mayor

Inversión inicial más elevada en comparación con un sistema convencional.

2. Ubicación de unidad exterior

En ocasiones es difícil la ubicación de unidad exterior, por estética ruido y zona, ya que a ser posible es mejor que esté protegida.

3. Peor rendimiento en zonas climáticas frías

En zonas climáticas muy frías el rendimiento estacional se reduce, por lo que es aconsejable realizar un estudio económico en profundidad.

4.4.5. ESTUDIO DE VIABILIDAD DE CADA TIPO DE INSTALACIÓN

Después de este análisis podemos sacar conclusiones para decidir que se instalará.

Como se ve, las opciones que cumplen con normativa y eficiencia energética, son las más caras. Esto puede ser un contra si no se estudia ni se explica bien, ya que la inversión inicial puede ser elevada comparándola con otras opciones pero a medio plazo, la inversión se recuperaría y se ganaría más, y lo más importante, se ayudaría al medio ambiente y reduciendo mucho las emisiones perjudiciales para él. Es algo de lo que se debe concienciar la sociedad porque solo tiene ventajas para las personas, ya que no se llegarían a límites extremos con la capa de ozono y ayudaría personalmente en el ahorro a medio plazo.

Se hace un estudio de viabilidad de las distintas opciones seleccionadas, biomasa y bomba de calor aerotérmica para ayudar a decidir y comprobar que las dos opciones son eficientes, que es lo que se busca en este proyecto.

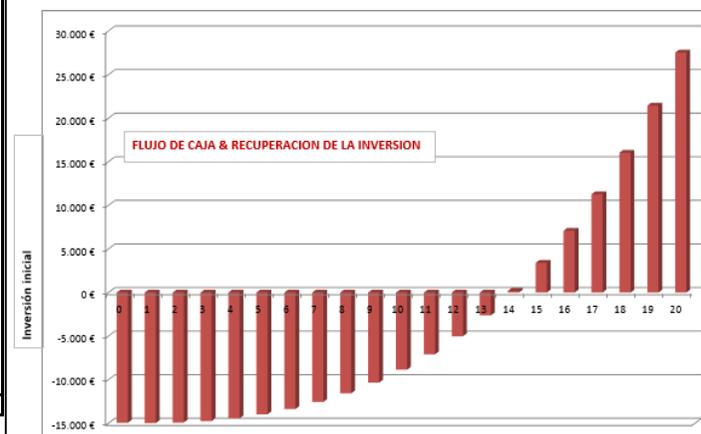
- **BIOMASA:**

Tabla 33. Estudio de viabilidad de la instalación de Biomasa.

BALANCE ECONOMICO: NAVE SYSClima										
CASO A: CONSUMO ENERGÉTICO MEDIO										
Proyecto/Inversión / Financiación			Análisis energético				Factura económica			
Vida del proyecto: 20 años			Superficie útil a climatizar: 210 m2				Precio combustible primario: 0,20 €/ kilo			
Tipo de proyecto: 4 - Biomasa			Estado constructivo edificio: 3 - Regular				Poder calorífico combustible: 4,5 kWh / kg			
Aplicación: ACS & Calefacción			Carga. E. FINAL Calefacción: 120 kWh term/m2				Cantidad anual combustible: 6125 Nm3/Litros/kgPel/kWh Elect			
Inversión inicial real: 14.930 €			Consumo medio E.Electrica: 3200 kWh elect				Inflación anual combustible: 2%			
Subvención Navarra: 0 €			Combustible primario: Pellets				Factura anual combustible: 1.225 €			
Inversión después subvenc: 14.930 €			Rendimiento Optimo: 95%				Ahorros/Ingresos			
Financiación: (Amortización decelerada)			Rendimiento Estacional: 85%				Sist convencional referencia: 1 - Gas natural			
Aportación: 100%			Perdidas distribución: 5%				Inversión inicial relativa: 14.930 €			
Importe financiado: 0 €			E. PRIMARIA ACS: 1621 kWh term/Elec				Factura anual combus ref.: 1.331 €			
Período de amortización: 10 años			E. PRIMARIA Calefacción: 25941 kWh term/Elec				Inflación anual combus ref.: 10%			
Ratio de interés: 5,5%			E. PRIMARIA Refrigeración: N/A kWh term/Elec				Factura anual combustible estudio: 1.225 €			
Amortización préstamo/año: 0 €			TOTAL E.PRIMARIA TERM: 27563 kWh term				Inflación anual combustible: 2%			
			TOTAL E.PRIMARIA ELEC: N/A kWh elect				Ahorro económico (año 1): 106 €			
							Costes:			
							Mto preventivo combustible estudio: 200 €			
							Mto preventivo combustible referencia: 150 €			
							Mto preventivo relativo: 50 €			
							Ratio de inflación: 3,0%			

Año	Factura Combust 1	Factura Combust 2	Ahorros Anuales	Costes Anuales	Financiación			Flujo de caja	Flujo de caja Acumulado	VAN	TIR
					Cap. Pendiente	Interes	Amortización				
0								-14.930 €	-14.930 €		
1	1.331 €	1.225 €	106 €	150 €	0 €	0 €	0 €	-44 €	-14.974 €	-14.972 €	#NUM!
2	1.465 €	1.250 €	215 €	155 €	0 €	0 €	0 €	61 €	-14.913 €	-14.915 €	-93,78%
3	1.611 €	1.274 €	336 €	159 €	0 €	0 €	0 €	177 €	-14.736 €	-14.753 €	-76,69%
4	1.772 €	1.300 €	472 €	164 €	0 €	0 €	0 €	308 €	-14.428 €	-14.479 €	-59,90%
5	1.949 €	1.326 €	623 €	169 €	0 €	0 €	0 €	454 €	-13.973 €	-14.087 €	-46,12%
6	2.144 €	1.352 €	792 €	174 €	0 €	0 €	0 €	618 €	-13.355 €	-13.570 €	-35,31%
7	2.359 €	1.380 €	979 €	179 €	0 €	0 €	0 €	800 €	-12.555 €	-12.919 €	-26,86%
8	2.594 €	1.407 €	1.187 €	184 €	0 €	0 €	0 €	1.003 €	-11.553 €	-12.128 €	-20,0%
9	2.854 €	1.435 €	1.419 €	190 €	0 €	0 €	0 €	1.229 €	-10.324 €	-11.186 €	-14,3%
10	3.139 €	1.464 €	1.675 €	196 €	0 €	0 €	0 €	1.480 €	-8.844 €	-10.085 €	-10,6%
11	3.453 €	1.493 €	1.960 €	202 €	0 €	0 €	0 €	1.758 €	-7.086 €	-8.815 €	-7,16%
12	3.799 €	1.523 €	2.275 €	208 €	0 €	0 €	0 €	2.068 €	-5.018 €	-7.365 €	-4,29%
13	4.178 €	1.554 €	2.625 €	214 €	0 €	0 €	0 €	2.411 €	-2.607 €	-5.723 €	-1,90%
14	4.596 €	1.585 €	3.012 €	220 €	0 €	0 €	0 €	2.791 €	184 €	-3.878 €	0,11%
15	5.056 €	1.616 €	3.440 €	227 €	0 €	0 €	0 €	3.213 €	3.397 €	-1.815 €	1,82%
16	5.561 €	1.649 €	3.913 €	234 €	0 €	0 €	0 €	3.679 €	7.076 €	477 €	3,27%
17	6.118 €	1.682 €	4.436 €	241 €	0 €	0 €	0 €	4.195 €	11.271 €	3.015 €	4,52%
18	6.729 €	1.715 €	5.014 €	248 €	0 €	0 €	0 €	4.766 €	16.037 €	5.815 €	5,61%
19	7.402 €	1.750 €	5.653 €	255 €	0 €	0 €	0 €	5.397 €	21.434 €	8.893 €	6,55%
20	8.143 €	1.785 €	6.358 €	263 €	0 €	0 €	0 €	6.095 €	27.529 €	12.268 €	7,38%
								42.459 €			

Tasa de Descuento	3,00%	(~ Inflación+intereses)
VAN	12.268 €	
TIR (Rentabilidad)	7,38%	(a los 20 años)
PAY- BACK (Período de retorno)	13 años	



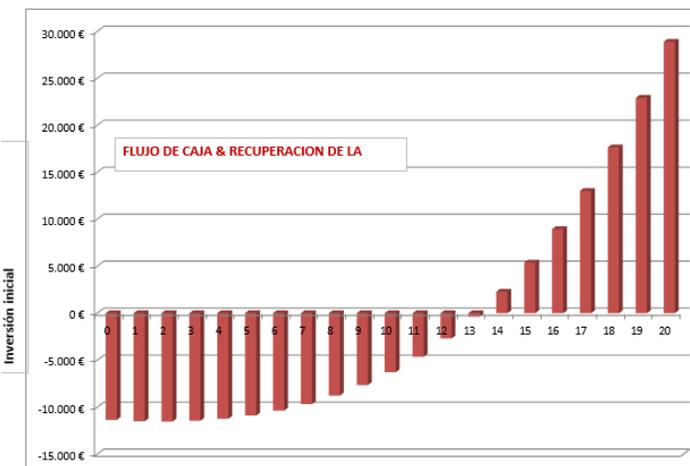
BOMBA DE CALOR AEROTERMIA:

Tabla 34. Estudio de viabilidad de la instalación de Aerotermia.

BALANCE ECONOMICO: NAVE SYSLIMA-BOMBA DE CALOR-AEROTERMIA									
CASO A: CONSUMO ENERGÉTICO MEDIO									
Proyecto/Inversión / Financiación		Análisis energético				Factura económica			
Vida del proyecto 20 años		Superficie útil a climatizar 210 m2				Precio combustible primario 0,14 € / kWh elec			
Tipo de proyecto: 6 - Aerotermia		Estado constructivo edificio 3 - Regular				Poder calorífico combustible N/A			
Aplicación: ACS & Calefacción & Refrigeración		Carga. E. FINAL Calefacción 120 kWh term/m2				Cantidad anual combustible 9251 Nm³/Litros/kgPel/kWh Elect			
Inversión inicial real: 11.364 €		Consumo medio E.Electrica 3200 kWh elect				Inflación anual combustible 2%			
Subvención Navarra: 0% 0 €		Combustible primario E. electrica				Factura anual combustible 1.316 €			
Inversión despues subvenci 11.364 €		Rendimiento Optimo COP Max = 4,1/ EER Max = 3,5				Ahorros/Ingresos			
Financiación: (Amortización decelerada)		Rendimiento Estacional COP est= 2,9/ EER est= 1,9				Sist convencional referencia: 1 - Gas natural			
Aportación 100% 11.364 € EUROS		Perdidas distribución 5%				Inversión inicial relativa: 11.364 €			
Importe financiado 0 € EUROS		E. PRIMARIA ACS 475 kWh term/Elec				Factura anual combus ref. 1.331 €			
Período de amortización 10 años		E. PRIMARIA Calefacción 7350 kWh term/Elec				Inflación anual combus ref. 10%			
Ratio de interes 5,5%		E. PRIMARIA Refrigeración 1426 kWh term/Elec				Factura anual combustible estudio 1.316 €			
Amortización prestamo/año 0 € EUROS		TOTAL E.PRIMARIA TERM N/A kWh term				Inflación anual combustible 2%			
		TOTAL E.PRIMARIA ELEC 9251 kWh elect				Ahorro economico (año 1) 15 €			
						Costes:			
						Mto preventivo combustible estudio 150 €			
						Mto preventivo combustible referencia 150 €			
						Mto preventivo relativo 0 €			
						Ratio de inflación 3,0%			

Año	Factura		Ahorros Anuales	Costes Anuales	Financiación			Flujo de caja	Flujo de caja Acumulado	VAN	TIR
	Combust 1	Combust 2			Cap. Pendiente	Interes	Amortización				
0								-11.364 €	-11.364 €		
1	1.331 €	1.316 €	15 €	150 €	0 €	0 €	0 €	-135 €	-11.499 €	-11.495 €	#NUM!
2	1.465 €	1.343 €	122 €	155 €	0 €	0 €	0 €	-33 €	-11.531 €	-11.526 €	#NUM!
3	1.611 €	1.370 €	241 €	159 €	0 €	0 €	0 €	82 €	-11.449 €	-11.450 €	-81,53%
4	1.772 €	1.397 €	375 €	164 €	0 €	0 €	0 €	211 €	-11.238 €	-11.263 €	-62,27%
5	1.949 €	1.425 €	524 €	169 €	0 €	0 €	0 €	356 €	-10.882 €	-10.956 €	-47,00%
6	2.144 €	1.453 €	691 €	174 €	0 €	0 €	0 €	517 €	-10.366 €	-10.523 €	-35,26%
7	2.359 €	1.482 €	876 €	179 €	0 €	0 €	0 €	697 €	-9.668 €	-9.956 €	-26,22%
8	2.594 €	1.512 €	1.082 €	184 €	0 €	0 €	0 €	898 €	-8.771 €	-9.248 €	-19,20%
9	2.854 €	1.542 €	1.312 €	190 €	0 €	0 €	0 €	1.122 €	-7.649 €	-8.388 €	-13,66%
10	3.139 €	1.573 €	1.566 €	196 €	0 €	0 €	0 €	1.370 €	-6.279 €	-7.368 €	-9,25%
11	3.453 €	1.605 €	1.849 €	202 €	0 €	0 €	0 €	1.647 €	-4.632 €	-6.179 €	-5,67%
12	3.799 €	1.637 €	2.162 €	208 €	0 €	0 €	0 €	1.954 €	-2.678 €	-4.808 €	-2,75%
13	4.178 €	1.670 €	2.509 €	214 €	0 €	0 €	0 €	2.295 €	-83 €	-3.245 €	-0,33%
14	4.596 €	1.703 €	2.893 €	220 €	0 €	0 €	0 €	2.673 €	2.290 €	-1.478 €	1,69%
15	5.056 €	1.737 €	3.319 €	227 €	0 €	0 €	0 €	3.092 €	5.382 €	507 €	3,39%
16	5.561 €	1.772 €	3.790 €	234 €	0 €	0 €	0 €	3.556 €	8.938 €	2.723 €	4,84%
17	6.118 €	1.807 €	4.310 €	241 €	0 €	0 €	0 €	4.070 €	13.008 €	5.185 €	6,07%
18	6.729 €	1.843 €	4.886 €	248 €	0 €	0 €	0 €	4.638 €	17.646 €	7.909 €	7,14%
19	7.402 €	1.880 €	5.522 €	255 €	0 €	0 €	0 €	5.267 €	22.913 €	10.913 €	8,06%
20	8.143 €	1.918 €	6.225 €	263 €	0 €	0 €	0 €	5.962 €	28.875 €	14.214 €	8,87%
						0 €	0 €	40.238 €			

Tasa de Descuento	3,00%	(~ Inflacion+intereses)
VAN	14.214 €	
TIR (Rentabilidad)	8,87%	(a los 20 años)
PAY- BACK (Período de retorno)	13 años	



Las dos opciones son muy similares, por lo que se tendrá que decantar por una de ellas. Se ven los pros y los contras de ambas para así elegir una de ellas e ir avanzando en el proyecto.

La biomasa es un combustible renovable capaz de producir energía térmica y/o eléctrica, siendo una energía limpia, moderna y segura. Disminuye las emisiones que contribuyen a crear el efecto invernadero. En su proceso de combustión genera cantidades insignificantes de contaminantes sulfurados o nitrogenados, siendo su balance de CO₂ y CO neutro. Es una forma de reciclaje y disminución de residuos.

Evita la dependencia energética con el exterior, en concreto de combustibles fósiles. Aunque por el contrario tiene una menor densidad energética que los combustibles fósiles, por lo que se necesita mayor cantidad de biomasa para conseguir la misma cantidad de energía. Esto también implica la necesidad de mayores sistemas de almacenamiento, ya que ocupan mayor volumen que los combustibles fósiles.

Esto es el proyecto puede ser una gran desventaja ya que el cliente de las instalaciones de la nave tenía la necesidad de una nave de mayor tamaño que la suya actual, por lo que si se quita espacio de la nave para la caldera de biomasa y su silo de almacenamiento esto puede ser un problema. Además su ubicación tendría que tener un sitio estratégico para no molestar y ser accesible en la entrada del proveedor de biomasa.

La instalación de biomasa necesita más mantenimiento y limpieza de las cenizas. También precisa de la instalación de chimenea por lo que habría que hacer más obra para instalarla hasta la cubierta de la nave. Esto implica redactar un proyecto mayor ya que ahora sólo se realizaría el de acondicionamiento de la nave y no se tocaría nada de su estructura ni cerramientos.

La instalación de aerotermia inverter aire-agua necesita la colocación de una unidad exterior, que en el caso de este proyecto es complicado ya que no se puede instalar nada en cubierta ni en fachada, por lo que habría que plantear la instalación de la unidad exterior en el interior no climatizado.

Esto es una complicación pero analizando posibles lugares para su instalación se encuentra que la totalidad de la nave no está climatizada, sólo la zona de oficinas, por lo que el resto de nave para el almacenaje tendrá una temperatura bastante inferior.

La nave consta de varias entradas, una para acceso al público que sí estará climatizada, y dos entradas, una para acceso rodado y el muelle de carga. Estas puertas estarán abiertas varias horas durante el día por las que circulará el aire y entrará el calor en verano y el frío en invierno. Cuando las puertas estén cerradas, que sería en el peor de los casos, será por la noche, que es cuando el suelo radiante estará funcionando a baja temperatura, por lo que no necesita que la máquina esté funcionando a pleno rendimiento sin entrada de aire directa. Además aconsejan que las máquinas estén algo protegidas, por lo que instalándola en el interior siempre estará protegida. Cerca de las puertas de acceso rodado o muelle de carga puede ser un buen lugar para la colocación de la unidad exterior.



Imagen 11. Puertas de acceso rodado y muelle de carga de la nave del proyecto.

Puede parecer un inconveniente instalarla dentro pero en esta ocasión al estar cerca de la salida y por donde circulará aire procedente del exterior, puede ser una ventaja, ya que las bombas de calor pierden rendimiento con temperaturas extremas, por lo que sí está dentro en estos casos extremos su rendimiento mejorará, y en los casos normales también funcionará ya que estará colocada en un sitio no acondicionado y con acceso al exterior.

Al contrario que la biomasa, no precisan de chimenea ni es necesario almacenar ningún combustible y su mantenimiento es mínimo. La unidad interior ocupa lo mismo que una caldera de gas.

Pueden enfriar y calentar, por lo que se pueden usar tanto en verano como en invierno. Estas máquinas trabajan mejor en sistemas de baja temperatura como suelo radiante, radiadores de baja temperatura o fancoils, por lo que si nos decantamos por alguna instalación de este tipo como hemos visto anteriormente, será una ventaja.

Si se decantan por la opción de la bomba de calor directamente también se estarían decantando por la refrigeración mediante fancoils. Al ser una bomba de calor inverter aire agua funcionará mejor este sistema de agua por lo que con la misma bomba de calor también daremos servicio al aire acondicionado. Sin embargo si se elige la climatización por conductos, se tendrían que instalar otras máquinas aire-aire, con lo cual aumentaría el coste y bajaría la eficiencia ya que consumirían electricidad y no estarían dentro de la nave eficiente.

Además esto es una propuesta, por lo que se puede realizar también una preinstalación de los fancoils, sin incluir las máquinas, y no hacer una inversión tan alta al principio y si en un futuro el suelo radiante refrescante no consigue refrigerar el local pronto debido a su inercia, instalar los fancoils, así la inversión inicial es menor y al dejarlo preinstalado en un futuro se podría poner. Sin embargo dejar preinstalados toda la red de conductos y en un futuro no utilizarlos, como se ce en el presupuesto anterior sería una inversión elevada.

Por todo esto, la bomba de calor funcionaria tanto para calefacción como para refrigeración, por lo que es la mejor opción prevista.

Antes de elegir el sistema más adecuado definitivamente se hará un estudio de la limitación del consumo y la demanda energética para ver si la bomba de calor aerotérmica o la biomasa cumple con los mínimos exigidos por normativa.

Se usará el programa C3X para analizar cada caso y compararlo con la caldera de condensación convencional, para comprobar que se reduciría el consumo energético anual del edificio, por lo que se consideran fuentes renovables, ya que al no sobrepasar los límites no están contribuyendo negativamente al medio ambiente.

En el programa se mete la geometría y los datos necesarios del edificio, como año de construcción, superficie útil, transmitancias de cubierta y fachadas, etc. Estos datos el programa los compara con un edificio de referencia de las mismas características que si cumpliría con normativa y nos aporta el resulta de nivel de eficiencia energética que tiene el edificio.

Darí una etiqueta del edificio como la siguiente:

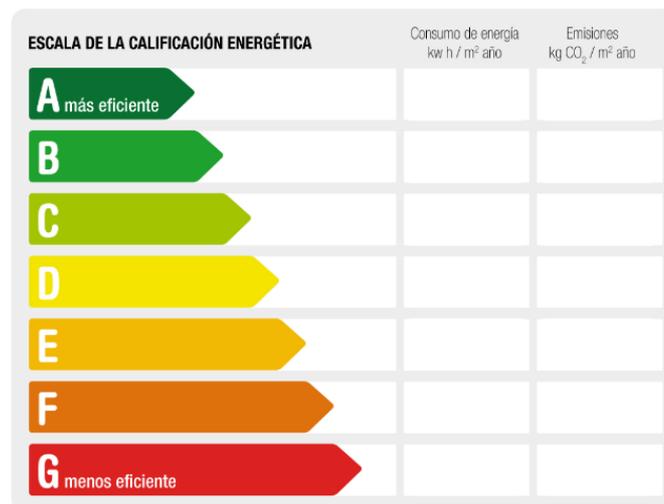


Imagen 12. Etiqueta de eficiencia energética.

Las letras A, B y C serían las más eficientes, tendría un consumo de energía muy bajo. Las letras D y E presentan un consumo de energía medio y las letras F y G presentan consumo de energía alto por lo que no serían nada eficientes.

5. ELECCIÓN JUSTIFICADA DE UNA SOLUCIÓN

Analizando los distintos factores estudiados anteriormente como la sostenibilidad, eficiencia energética y el precio, se considera que la alternativa más adecuada para este proyecto es:

- **Generación de calor:** Bomba de calor inverter de alto rendimiento.

Ya se ha comprobado que es eficiente, se podría instalar en un lugar adecuado de la nave sin ocupar mucho espacio y económicamente es una opción viable.

- **Climatización:** Suelo radiante refrescante con apoyo de fancoils.

Instalando la bomba de calor aerotérmica se ha comprobado que debido a las características que ofrece esta bomba de calor aire-agua, la mejor opción es que la climatización también sea mediante un fluido. En ambos casos, como en suelo radiante refrescante como en los fancoils, es necesario un fluido para su funcionamiento, por la que mejor opción de las estudiadas en puntos anteriores es esta.

- **Ventilación:** Extractores con conductos de chapa galvanizada en falso techo de planta baja y conductos vistos de fibra de vidrio en planta primera.

El sistema de ventilación obligado por normativa no da mucha elección del tipo de instalación. En la planta baja que todo el sistema de conductos estará oculto por el falso techo, se plantea la distribución por conductos de chapa galvanizada, ya que es más económico y típico de las instalaciones de naves industriales. Sin embargo en la planta primera al no plantearse en el proyecto de arquitectura el falso techo, se escoge un sistema de conductos de fibra de vidrio ya que visualmente se integran mejor y están aislados acústicamente, por lo que no proporcionan ruido a la estancia.

A continuación se realizará punto por punto la instalación final elegida más detalladamente, con cumplimiento de normativa, cálculos, presupuesto real final y planos.

Se realizará un estudio exhaustivo de toda la instalación conjunta con sus características para concretar potencias de máquinas, caudales necesarios, todo ello cumpliendo la normativa.

5.1. GENERACIÓN DE CALOR: AEROTERMIA

- **Principio básico de funcionamiento:**

La aerotermia aprovecha la energía del aire que se encuentra en el exterior para obtener ACS y calefacción, esto se realiza mediante una bomba de calor aerotérmica también llamada unidad exterior, que absorbe y recupera la energía del entorno del aire y transfiere el calor al circuito evaporando el gas refrigerante que contiene. De esta forma, este calor absorbido entra en el sistema de calefacción del local. A su vez, refrigera en verano y gestiona la producción de agua caliente sanitaria.

El principio de funcionamiento es simple: una bomba de calor aspira el aire del exterior y recupera las calorías presentes en ese aire, transforma esta energía en calor y la transfiere al circuito de calefacción. A este proceso físico se lo conoce como “termodinámica”.

El principio de funcionamiento de la aerotermia se compone de varias etapas:

1. El aire exterior es aspirado hacia el interior de la bomba de calor por un ventilador.
2. En el evaporador entra ese aire exterior y allí se produce un intercambio de energía por el cual el fluido refrigerante cambia de estado evaporizando a presión y temperatura estables (0°C y 5 bar).
3. El refrigerante en estado de vapor pasa por el compresor donde se comprime, lo cual implica un aumento de temperatura, elevándose a estado de vapor sobrecalentado (70°C y 20 bar).
4. En el condensador el refrigerante cede su calor al agua contenida en el acumulador, donde pasa nuevamente a estado líquido. Durante este proceso de condensación se produce una cesión energética del refrigerante al circuito hidráulico, con lo que se libera la energía necesaria para cubrir las necesidades de refrigeración y ACS de la vivienda. En este proceso hace que el refrigerante pase de vapor sobrecalentado al estado líquido, condensando a presión constante pero con una gran pérdida de temperatura (70-40°C y 20 bar).
5. El líquido refrigerante pasa por la válvula de expansión, que baja su temperatura y presión y vuelve a las condiciones de presión y temperatura iniciales (40°C→0°C y 50 bar).
6. El ciclo termodinámico puede volver a empezar para el funcionamiento de la aerotermia.

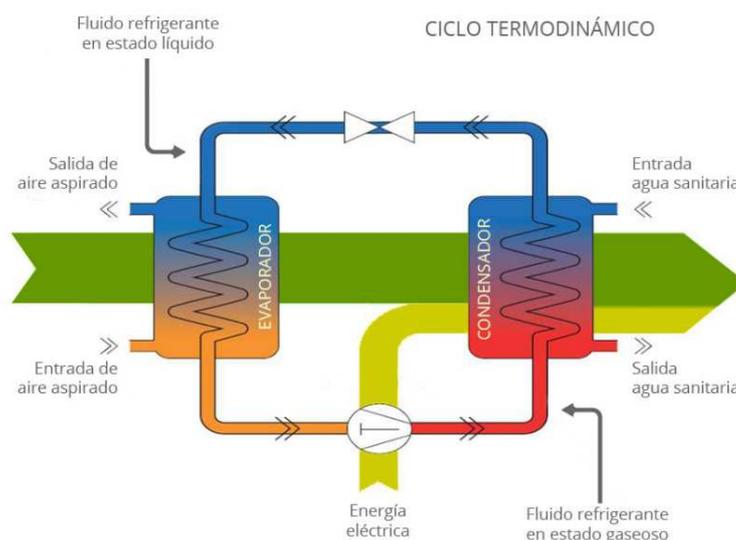


Imagen 13. Ciclo termodinámico de la bomba de calor de aerotermia.

Viendo el principio de funcionamiento ahora analizaré más detenidamente la potencia necesaria para la bomba de calor.

Esta dará servicio a la climatización mediante suelo radiante refrescante y fancoils, además de dar servicio también al agua caliente sanitaria de los baños. Esta última la demanda es mínima ya que sólo hay dos baños con 2 lavabos, pero también se tendrá en cuenta para saber la potencia.

Anteriormente ya he realizado el cálculo de las transmitancias de cada local para ver la demanda que se debe cubrir en cada caso sólo para calefacción y tenemos un total de 17,47 kW necesarios solo para climatización.

Al ser una nave ya construida en el programa se han puesto transmitancias de referencia ya que no se sabe exactamente de qué aislamiento constan los muros y cubiertas, por lo que a esto se le aplica un factor de corrección del 15% y se obtiene la potencia real con la que se estudiará la potencia de la máquina a instalar. Esta es de **20,09 kW** sólo para climatización, a esto habría que añadirle algo más para el ACS.

Tabla 35. Potencias necesarias en kW para la instalación de climatización.

LOCAL	TIPO	POTENCIA DISEÑO (KW)	COEF. CORRECCIÓN	POTENCIA REAL (KW)
Espacio 01	HALL ACCESO OFICINAS	2,09	1,15	2,41
Espacio 02	OFICINA RECEPCIÓN	1,37	1,15	1,58
Espacio 03	ASEOS	0,98	1,15	1,12
Espacio 04	SALA TÉCNICA	3,95	1,15	4,54
Espacio 05	ASEO P.1	0,32	1,15	0,37
Espacio 06	HALL P.1	0,55	1,15	0,63
Espacio 07	SALA REUNIONES	2,27	1,15	2,61
Espacio 08	ESPACIO TRABAJO	3,58	1,15	4,12
Espacio 09	DESPACHO	2,36	1,15	2,71
TOTAL		17,47		20,09

En la empresa en la que trabajo tienen experiencia en este tipo de instalaciones por lo que me han guiado y aconsejado decantarme por la marca DE DIETRICH.

De esta marca tenemos los siguientes modelos para poder instalar:

GAMA DE MODELOS

Bomba de calor	Tipo de apoyo		Potencia		
	Eléctrico con resistencia		Hidráulico por caldera (o sin apoyo)	Calorífica kW (1)	Frigorífica kW (2)
	2 o 6 kW monofásico	4 o 12 kW trifásico			
 <p>Bomba de calor aire/agua reversible para una temperatura exterior de hasta -20°C (-15°C para HPI 6 MR-2/...)</p>	HPI 6 MR-2/EM	-	HPI 6 MR-2/H	5,87	4,69
	HPI 8 MR-2/EM	-	HPI 8 MR-2/H	8,26	7,9
	HPI 11 MR-2/EM	HPI 11 TR-2/ET	HPI 11 MR-2/H, HPI 11 TR-2/H	10,56	11,16
	HPI 16 MR-2/EM	HPI 16 TR-2/ET	HPI 16 MR-2/H, HPI 16 TR-2/H	14,2	14,46
	-	HPI 22 TR-2/ET	HPI 22 TR-2/H	19,4	17,7
-	HPI 27 TR-2/ET	HPI 27 TR-2/H	24,4	22,2	

(1) Temp. agua en la salida: + 35°C, temp. ext.: + 7°C, prestaciones según EN 14511-2.
 (2) Temp. agua en la salida: + 18°C, temp. ext.: + 35°C, prestaciones según EN 14511-2.

Imagen 14. Gama de diferentes modelos de bomba de calor.

Se ve que hay modelos desde los 6 hasta los 27 kW. Las posibles opciones para la potencia que se necesita sería la de 22 y 27 kW, pero si se ve en la tabla, la potencia calorífica que den en condiciones normales estas máquinas se tendrían que decantar por la de 27 kW que aporta una potencia calorífica de 24,4 kW ya que la anterior se quedaría corta con sólo 19,4 kW.

También se puede ver en la tabla anterior la potencia frigorífica que es algo menor con 22,2 kW por lo que servirá para la refrigeración perfectamente ya que debido a la zona climática en la que está la nave, el consumo necesario de refrigeración es mucho menor que el de calefacción. Por lo tanto se elige la bomba de calor aerotérmica de 27 kW, que dará servicio a los dos sistemas de climatización de las oficinas.

Para compensar las necesidades energéticas de calefacción/refrigeración, más las pérdidas de calor producidas en las tuberías, se instalarán sendas bombas de calor en paralelo que cumplan las siguientes características:

- Marca DE DIETRICH
- Modelo HPI 27 TR-2
- Potencia nominal modo calor 24,4 kW
- Potencia nominal modo frío 22,2 kW
- COP calor a +7°C/+35°C 3,90
- COP frío a +35°C/+18°C 3,80
- Nivel sonoro 60 dB(A)
- Rango de funcionamiento en agua ... -5°C - 55 °C
- Tipo de alimentación eléctrica trifásica
- Fluido frigorífico R 410^a

Tabla 36. Características de la bomba de calor elegida.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS HPI EVOLUTION									
Modelo	HPI EVOLUTION	6 MR-2	8 MR-2	11 MR-2	11 TR-2	16 MR-2	16 TR-2	22 TR-2	27 TR-2
Potencia calorífica a +7°C/+35°C (1)	kW	5,87	8,26	10,56	10,56	14,19	14,19	19,4	24,4
COP calor a +7°C/+35°C (1)		4,18	4,27	4,18	4,18	4,22	4,15	3,94	3,90
Potencia calorífica a +2°C/+35°C (1)	kW	3,87	5,93	10,19	10,19	11,38	11,38	11,6	14,7
COP calor a +2°C/+35°C (1)		3,26	3,12	3,2	3,2	3,22	3,22	3,01	3,10
Potencia calorífica a -7°C/+35°C (1)	kW	4,02	5,6	8,09	8,09	10,32	10,32	11,1	13,8
COP calor a -7°C/+35°C (1)		2,56	2,7	2,88	2,88	2,89	2,89	2,25	2,25
Potencia eléctrica absorbida a +7°C/+35°C (1)	kWe	1,41	1,93	2,53	2,53	3,36	3,42	4,92	6,26
Intensidad nominal (1)	A	6,57	8,99	11,81	3,8	16,17	5,39	7,75	9,86
Potencia frigorífica a +35°C/+18°C (2)	kW	4,69	7,9	11,16	11,16	14,46	14,46	17,65	22,2
COP frío a +35°C/+18°C (2)		4,09	3,99	4,75	4,75	3,96	3,96	3,8	3,8
Potencia frigorífica a +35°C/+7°C (5)	kW	3,13	4,98	7,43	7,43	7,19	7,19	9,3	11,7
COP frío a +35°C/+7°C (5)		3,14	2,7	3,34	3,34	3,58	3,58	2,9	2,9
Potencia eléctrica absorbida a +35°C/+18°C (2)	kWe	1,15	2,0	2,35	2,35	3,65	3,65	6,7	8,3
Caudal nominal de agua a Δt= 5 K	m³/h	1,01	1,42	1,82	1,82	2,45	2,45	3,3	4,2
Altura manométrica disponible al caudal nominal a Δt= 5 K	mbar	618	493	393	393	213	213	-	-
Caudal de aire nominal	m³/h	2100	3300	6000	6000	6000	6000	8400	8400
Tensión de alimentación del grupo exterior	V	230 V mono	230 V mono	230 V mono	400 V tri	230 V mono	400 V tri	400 V tri	400 V tri
*Nivel de presión sonora (3)/ Potencia sonora (4)	dB(A)	41,7/64,8	43,2/65,2	43,4/68,8	43,4/68,8	47,4/68,5	47,4/68,5	51,8/73,8	53/75
Fluido frigorífico R 410A	kg	2,1	3,2	4,6	4,6	4,6	4,6	7,1	7,7
Longitud máxima precargada	m	10	10	10	10	10	10	30	30
Peso sin carga grupo exterior/ módulo interior MIT-IN-2	kg	42/72	75/72	118/72	118/72	130/72	130/72	130/72	130/72

(1) Modo calor: temp. aire ext./temp. agua a la salida, prestaciones según EN 14511-2.
 (2) Modo frío: temp. aire ext./temp. agua a la salida, prestaciones según EN 14511-2.
 (3) A 5 m del aparato, campo libre, a +7°C/+35°C.
 (4) Ensayo realizado conforme a la norma UNE EN 12102, a +7°C/+55°C.
 (5) Modo de climatización: temp. aire ext./temp. agua a la salida.
 * Grupo exterior

HPI 22 y 27 TR-2

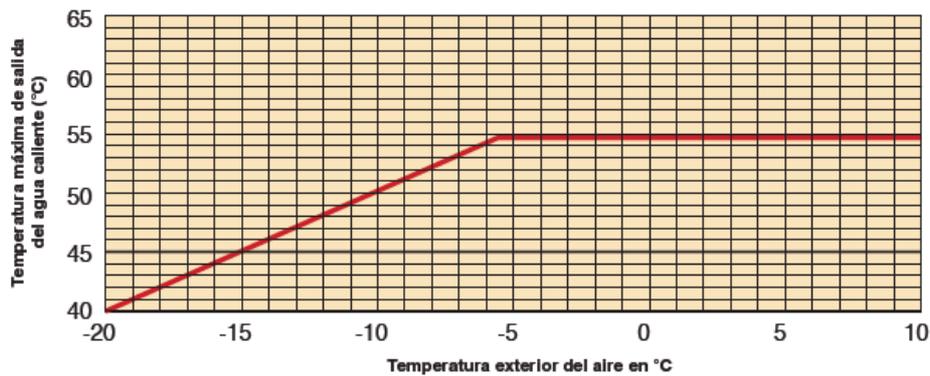


Imagen 15. Temperatura máxima de salida de agua caliente en función de la temperatura exterior del aire.

Se puede ver que la temperatura a la salida como máximo acepta 55°C lo que es ideal al tratarse de instalación de un suelo radiante que sólo necesitaría impulsar a 35-45°C.

En la siguiente tabla se ven los valores del COP que es el porcentaje (ratio) entre el calentamiento o enfriamiento proporcionado y la electricidad consumida por lo que consumiendo 1 kW·h de electricidad se consiguen 4 kW·h, con lo que se consigue hasta un 70% de ahorro de energía.

También se observa que los rendimientos bajan cuando la temperatura exterior es muy baja. Esto no será un gran problema en la instalación ya que al estar la máquina en el interior no calefactado, nunca alcanzará temperaturas extremas.

Tabla 37. Potencias en kW y COP de la bomba de calor en función de la temperatura exterior.

HPI 27 TR-2

		Temperatura agua a la salida (°C)													
		25		35		40		45		50		55		60	
Temp. aire exterior (°C)		Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP
	-20	-	-	6,30	1,26	6,01	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	8,56	1,65	8,29	1,48	8,01	1,30	-	-	-	-	-	-
	-10	-	-	10,82	2,04	10,56	1,81	10,30	1,58	10,11	1,41	-	-	-	-
	-7	-	-	12,18	2,28	11,93	2,02	11,68	1,75	10,46	1,65	9,23	1,55	-	-
	2	-	-	15,82	3,13	15,13	2,77	14,43	2,41	13,14	2,10	11,85	1,79	-	-
	7	-	-	19,73	3,65	18,89	3,23	18,05	2,81	17,45	2,48	16,84	2,15	-	-
	12	-	-	21,88	4,01	21,06	3,60	20,23	3,18	19,62	2,83	19,02	2,47	-	-
	15	-	-	23,17	4,23	22,35	3,81	21,54	3,40	20,93	3,03	20,32	2,67	-	-
	20	-	-	25,32	4,59	24,52	4,18	23,72	3,77	23,11	3,38	22,50	2,99	-	-

- **Respecto al cumplimiento de RITE:**

El equipo estará dotada de manómetro, llave de alimentación, grifo de desagüe, depósito de expansión cerrado y válvula de seguridad de ½" graduada a 3 bar, estando previsto su uso durante todo el año.

Se instalará un dispositivo manual de parada del generador, en un lugar accesible.

Por la parte frontal de la caldera se dejará el espacio aconsejado por el fabricante para permitir su limpieza, el cual, en ningún caso, será inferior a 1 metro.

La temperatura del agua de calefacción/climatización se seleccionará en el termostato de trabajo del panel de mandos de la bomba de calor.

En serie con este termostato de trabajo, se conectará eléctricamente un termostato de seguridad precintado de fábrica a una temperatura de 95 °C, el cual actuará en caso de una anomalía en el termostato de trabajo, siendo preciso rearmarlo de forma manual en caso de disparo.

Además de estos elementos de regulación, la caldera dispondrá de un pirostato en la base de la chimenea graduado de fábrica convenientemente, el cual, en caso de una mala combustión o de falta de tiro en la chimenea, cerrará de forma automática el paso del combustible, produciendo de esta forma la parada inmediata de la caldera.

- **Respecto al cumplimiento del CTE:**

HE0 y HE1: Limitación del consumo y de la demanda energética.

El consumo energético de los edificios se limita en función de la zona climática de su localidad de ubicación y del uso previsto.

El consumo energético para el acondicionamiento, en su caso, de aquellas edificaciones o partes de las mismas que, por sus características de utilización, estén abiertas de forma permanente, será satisfecho exclusivamente con energía procedente de fuentes renovables.

El consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o la parte del mismo, en su caso, no debe superar el valor límite $C_{ep,lim}$ obtenido mediante la siguiente expresión:

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup} / S$$

donde, $C_{ep,lim}$ es el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, expresada en kW·h/m²·año, considerada la superficie útil de los espacios habitables

$C_{ep,base}$ es el valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio

$F_{ep,sup}$ es el factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable,

S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, o la parte ampliada, en m².

La demanda energética de calefacción del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite $D_{cal,lim}$ obtenido mediante la siguiente expresión:

$$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup} / S$$

donde, $D_{cal,lim}$ es el valor límite de la demanda energética de calefacción, expresada en $kWh/m^2 \cdot año$, considerada la superficie útil de los espacios habitables

$D_{cal,base}$ es el valor base de la demanda energética de calefacción, para cada zona climática de invierno correspondiente al edificio

$F_{cal,sup}$ es el factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, q

S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, en m^2 .

Para la correcta aplicación de esta Sección del DB HE deben verificarse las exigencias cuantificadas con los datos definidos, utilizando un procedimiento de cálculo acorde a las especificaciones establecidas.

Realizaré esta comprobación con el programa estatal CE3X, se comprobará el consumo de energía primaria no renovable del edificio con una instalación convencional y con una instalación con bomba de calor. A continuación se presentan los datos y en los anexos se puede ver el informe entero realizado para cada opción.

Para la opción de una instalación de una caldera de condensación para calefacción y ACS y máquinas frigoríficas para refrigeración se obtienen los siguientes datos:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	205.0 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [$kWh/m^2 \cdot año$]	E	Energía primaria ACS [$kWh/m^2 \cdot año$]	E
		84.90		85.45	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [$kWh/m^2 \cdot año$] ¹		Energía primaria refrigeración [$kWh/m^2 \cdot año$]	D	Energía primaria iluminación [$kWh/m^2 \cdot año$]	A
		34.64		0.00	

Imagen 16. Consumo global de energía primaria no renovable para una instalación convencional.

Para la opción de la instalación de bomba de calor como la descrita en este proyecto se obtiene lo siguiente:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	113.0 C	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [$kWh/m^2 \cdot año$]	D	Energía primaria ACS [$kWh/m^2 \cdot año$]	B
		64.34		32.72	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [$kWh/m^2 \cdot año$] ¹		Energía primaria refrigeración [$kWh/m^2 \cdot año$]	B	Energía primaria iluminación [$kWh/m^2 \cdot año$]	A
		15.94		0.00	

Imagen 17. Consumo global de energía primaria no renovable para una instalación con bomba de calor.

Se puede comprobar que se reduce el consumo de energía primaria no renovable en más de la mitad, por lo que es una instalación eficiente y apta para este proyecto.

Se realizará también otra comprobación con la herramienta unificada Calener Lider, en el que se mete la geometría y los datos necesarios del edificio en estudio. Este programa compara internamente el edificio a estudiar con un edificio referencia de las mismas características que si cumpliría con la normativa. Aporta los resultados comparativos de ambos edificios, y si el edificio a estudio entra dentro de los límites exigidos por el edificio referencia, cumple la normativa.

Para analizar la bomba de calor aerotérmica, se comparan los datos que debería tener como mínimo la instalación, que da el programa, con los que realmente daría la fuente de generación de calor.

Se analizarán los datos que da el programa de demanda de calefacción y refrigeración, y se comparan con los que aportaría la bomba de calor, para ver si podría funcionar por sí sola o necesitaría otra fuente de energía. Si esto se cumpliera, se podría decir que con ésta fuente de generación de calor se reduciría el consumo energético anual del edificio, por lo que se podría considerar como energía renovable, ya que al no sobrepasar los límites no estaría contribuyendo negativamente al medio ambiente.

VERIFICACIÓN DE REQUISITOS DE CTE-HE0 Y HE1

Intervenciones en edificios existentes con renovación de más del 25% envolvente (independientemente de su uso), o con cambio de uso característico

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE VERIFICA:

Nombre del edificio	LOCAL DE NAVE ALMACEN		
Dirección	Pol. CAT, nave 6 - 14 - - - - -		
Municipio	Tudela	Código Postal	31500
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Navarra
Zona climática	D1	Año construcción	Posterior a 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2006		
Referencia catastral	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:		
<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente	
<input type="checkbox"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual 		<input type="checkbox"/> Terciano <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Edificio completo <input checked="" type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	JAVIER OTANO ARCOS	NIF/NIE	CIF
Razón social	L-SOL SOLUCIONES ENERGÉTICAS	NIF	B31880339
Domicilio	NAVS DE TOLOSA 2 - - - - -		
Municipio	TUDELA	Código Postal	31500
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Navarra
e-mail:	-	Teléfono	-
Titulación habilitante según normativa vigente	INGENIERO INDUSTRIAL		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 0.9.1433.1016, de fecha 21-dic-2015		

Demanda energética conjunta* de calefacción y de refrigeración**

D _{G,O}	<input type="text" value="46,70"/>	kWh/m ² año	D _{G,R}	<input type="text" value="67,77"/>	kWh/m ² año	<input type="text" value="Sí cumple"/>
D _{cal,O}	<input type="text" value="41,18"/>	kWh/m ² año	D _{cal,R}	<input type="text" value="64,77"/>	kWh/m ² año	
D _{ref,O}	<input type="text" value="7,88"/>	kWh/m ² año	D _{ref,R}	<input type="text" value="4,29"/>	kWh/m ² año	

- D_{G,O} Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto
- D_{G,R} Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia
- D_{cal,O} Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia
- D_{ref,O} Demanda energética de refrigeración del edificio objeto
- D_{cal,R} Demanda energética de calefacción del edificio de referencia
- D_{ref,R} Demanda energética de refrigeración del edificio de referencia

*La demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración se obtiene como suma ponderada de la demanda energética de calefacción (D_{cal}) y la demanda energética de refrigeración (D_{ref}). La expresión que permite obtener la demanda energética conjunta para edificios situados en territorio peninsular es DG = D_{cal} + 0,70·D_{ref} mientras que en territorio extrapeninsular es DG = D_{cal} + 0,85·D_{ref}.

**Esta aplicación únicamente permite, para el caso expuesto, la comprobación de la exigencia del punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección DB-HE1. Se recuerda que otras exigencias de la sección DB-HE1 que resulten de aplicación deben asimismo verificarse, así como el resto de las secciones del DB-HE.

Imagen 17. Verificación de los requisitos del CTE.

Se ve que si cumple la demanda energética. A continuación se ven los kW que se ahorrarían al año instalando la bomba de calor.

De modo que el consumo límite anual para calefacción y refrigeración es de:

$$67,77 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año} * 210 \text{ m}^2 = \mathbf{14.231,70 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{año}}$$

El consumo de energía del edificio objeto del presente proyecto, presenta un consumo de energía de:

$$46,70 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año} * 210 \text{ m}^2 = \underline{\underline{9.807,00 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{año}}}$$

Queda por tanto demostrado, que mediante la elección de bomba de calor aerotérmica de alta eficiencia, se consigue una reducción en el consumo de energía primaria muy superior al mínimo exigido por contribución solar, en concreto, se consigue una reducción de:

$$14.231,70 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{año} - 9.807,00 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{año} = \underline{\underline{4.424,70 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{año}}}$$

5.2. CLIMATIZACIÓN: SUELO RADIANTE REFRESCANTE CON APOYO DE FANCOILS

- **Principio básico de funcionamiento:**

La calefacción por suelo radiante consiste básicamente en la emisión de calor por parte del agua que circula por tubos embebidos en la losa de hormigón que constituye el suelo. De esta forma se consigue una gran superficie como elemento emisor de calor.

En los meses fríos, a una temperatura en torno a los 30-40°C, el agua recorre los tubos que cubren el suelo y aporta el calor necesario para calefactar la vivienda. Existe asimismo la interesante posibilidad de emplear este tipo de instalación para una climatización integral, proporcionando calefacción en invierno y refrescamiento en verano.

De este modo en los meses cálidos se hará circular agua en torno a 15°C por la instalación, que absorberá el exceso de calor del local y proporcionará una agradable sensación de frescor. Se trata de un tipo de instalación especialmente indicado para la climatización de viviendas, oficinas y en general locales de baja carga latente. Su aplicación es óptima en locales de altura importante ya que proporciona climatización en el volumen ocupado por el cuerpo humano, consiguiendo importantes ahorros. Al no tener una acumulación de calor en la parte alta de los locales calefactados, se reducen considerablemente las pérdidas de calor a través del techo.

Las curvas de distribución ideal de la temperatura demuestran que en caso de otros sistemas de calefacción la temperatura a la altura del techo es superior en 10 °C a la temperatura alcanzada a dicha altura en una instalación de calefacción por suelo radiante.

Se puede cuantificar también con un ejemplo este fenómeno. Se quiere calefactar un local con techo en contacto con el exterior. Con la calefacción por aire, se alcanzan los 26 °C a la altura del techo que con el suelo radiante sólo se alcanzan 16 °C.

Tenemos: $Q_p = K \cdot S \cdot (T_t - T_e)$

Siendo: Q_p : las pérdidas de calor por el techo (Kcal/h)
 K : el coeficiente de transmisión del techo (Kcal/h · m² · °C)
 S : la superficie del techo (m²)
 T_t : temperatura a la altura del techo (°C)
 T_e : temperatura exterior (°C)

Para un cerramiento dado, el coeficiente de transmisión (K) y su superficie son constantes y, por lo tanto, Q_p depende únicamente de la diferencia de temperatura entre el ambiente y el aire exterior ($T_t - T_e$).

Si $T_e = 2\text{ °C}$:

- Calefacción por aire: $T_t - T_e = 26 - 2 = 24\text{ °C}$
- Calefacción por suelo radiante: $T_t - T_e = 16 - 2 = 14\text{ °C}$

Vemos que en el caso del suelo radiante se reducen las pérdidas de calor por el techo en más de un 40% ($24 - 14 / 24$). Esta gran ventaja adquiere toda su importancia cuando se trata de calefactar locales con techos muy altos, como suele ser el caso de las naves industriales como la de este proyecto.

Se tienen unas temperaturas de consignas como en la siguiente imagen:

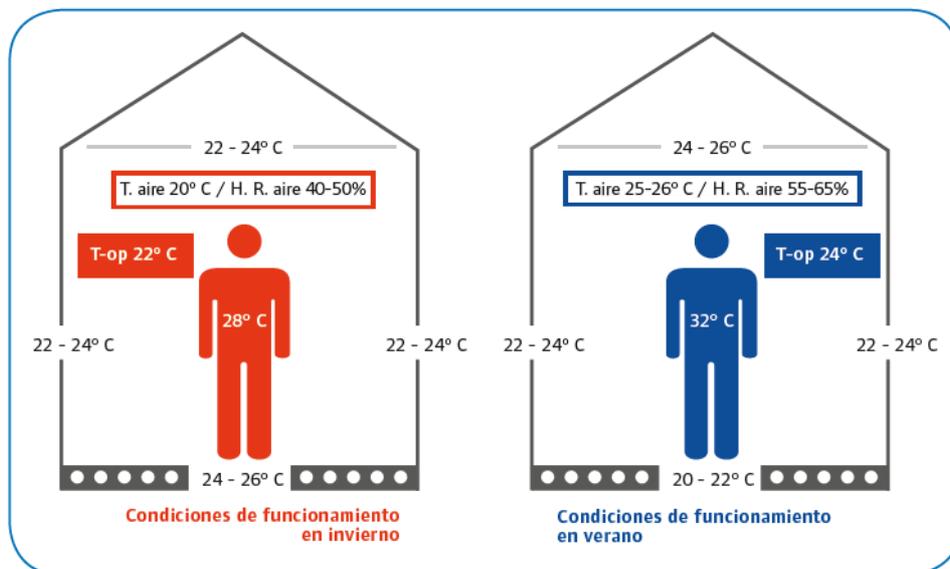


Imagen 18. Temperaturas de funcionamiento en invierno y verano.

Si a esto se le añade una regulación de la refrigeración por zonas más o menos usadas, el ahorro aún será mayor. Por lo que para este proyecto se plantean varios colectores de distribución en cada planta. Para la planta baja se instalarán dos colectores de impulsión y retorno sobre los que actuará un termostato cada uno. Con esto se sectorizará la sala técnica, que no estará en uso habitualmente, por lo que podrá estar apagado el suelo radiante cuando no esté en uso instalando uno de los termostatos en esta zona. Y el segundo termostato actuará sobre la zona de acceso, la recepción y los baños, que debido al uso de esta zona siempre estará funcionando el suelo radiante a la par ya tiene que estar disponible en todo momento debido al uso en el que siempre habrá personas trabajando.

En planta primera, se dispone de un aseo, una sala de reuniones, un espacio de trabajo y un despacho. De estas zonas las que en su mayor parte estarán ocupadas habitualmente por personas son el espacio de trabajo y el aseo, no siendo así en el despacho y la sala de reuniones que serán usadas en ocasiones puntuales. Con esto y la distribución planteada en el proyecto de arquitectura, planteo el uso de tres termostatos, uno para aseo y espacio de trabajo, otros para el despacho y el último para la sala de reuniones. Así conseguiremos que funcione el suelo radiante en las ocasiones necesarias y no hacer un gasto excesivo en zonas ocupadas sólo puntualmente.

Por lo tanto el suelo radiante estará compuesto de los siguientes elementos:

- Placa de nopas aislante:

Las tuberías van colocadas encima de un material de aislamiento que desempeña un papel clave para conseguir el necesario aislamiento térmico y acústico.



Imagen 19. Placa de nopas para suelo radiante.

- Tubería:

Polietileno resistente a alta temperatura con barrera antioxígeno que evita que este entre dentro del circuito del suelo radiante y es imprescindible para evitar problemas de corrosión dentro de la instalación.

La tubería de este proyecto al ser un suelo radiante refrescante irá con una separación de 10 cm entre ellas, y se mantendrá constante en toda la instalación.

Los circuitos nunca se deben cruzar. Para ello es necesario haber hecho previamente un plano de localización de circuitos. Como se ve en el anexo de planos de este proyecto.

La configuración de los circuitos debe ser tal que las tuberías de ida y retorno se coloquen una al lado de la otra en todos los tramos del circuito ya que de esta manera se homogeneizara la temperatura superficial del pavimento. Para ello se recomienda el trazado en doble serpentin o en espiral. Las dos opciones se ven en la siguiente imagen.

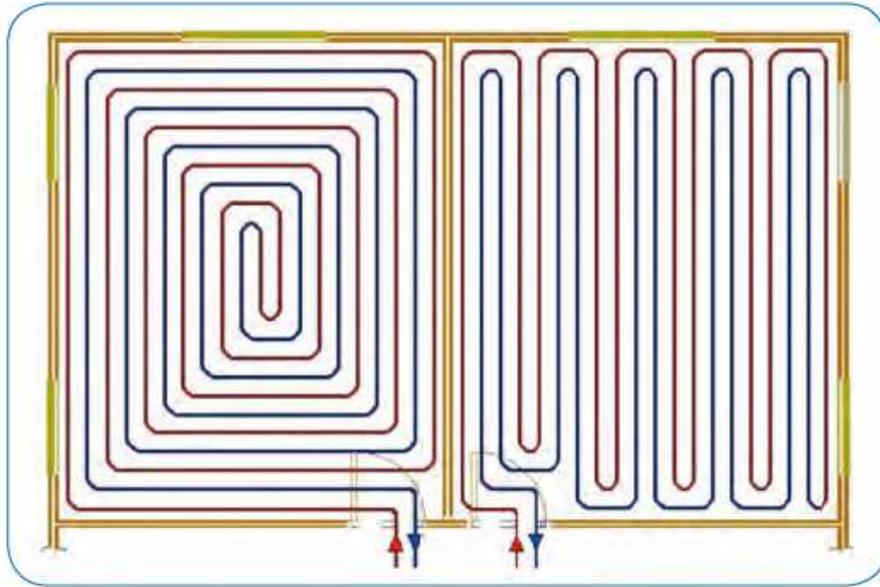


Imagen 20. Diferentes trazados de la tubería de suelo radiante.

La configuración en doble serpentinado consiste en que las tuberías de impulsión y retorno se disponen en paralelo. Esta configuración proporciona una temperatura media uniforme.

La configuración en espiral es básicamente una variante de la configuración en doble serpentinado. Tiene como ventaja que las curvas son menos pronunciadas, lo que facilita la instalación sobre todo cuando las tuberías emisoras son de mayor diámetro exterior. Este sistema iguala perfectamente la temperatura del suelo ya que se alterna un tubo de ida con un tubo de retorno.

- Film de polietileno:

Se coloca sobre el forjado/solera de los locales a climatizar. Es una barrera antihumedad entre el suelo base y la plancha de aislamiento del sistema de Climatización Invisible, de modo que evita el ascenso por capilaridad de humedades. Se puede evitar la colocación de este film cuando no existe riesgo de humedades en el forjado/solera desde la zona inferior del sistema.



Imagen 21. Film de Polietileno.

- Banda perimetral:

Se trata de una cinta fabricada en un material espumoso cuya función es absorber las dilataciones del suelo, además de evitar los puentes térmicos y acústicos.

Se coloca desde el suelo base, hasta la cota superior del pavimento. Esta lámina se apoyara sobre los paneles aislantes para evitar la inserción de mortero de cemento entre el zócalo perimetral y el panel aislante.



Imagen 22. Banda perimetral.

- Aditivo para mortero:

Se trata de un líquido especial (solución acuosa de sulfonato de lignina con agentes humectantes especiales) que se añade al mortero para aumentar su fluidez. Una mayor fluidez del mortero hace que se requiera menor cantidad de agua para el amasado y se reduzca la porosidad del mortero una vez fraguado, con lo que se optimizan las características del mortero haciéndolo más resistente a la compresión y más maleable. Así se conseguirá un perfecto contacto entre el mortero y las tuberías, evitando con ello inclusiones de aire que aumentarían la resistencia térmica del sistema y dificultarían la transmisión de calor. El resultado final es un mortero con una mayor resistencia mecánica y una mejor transmisión del calor.

- Colectores:

Los colectores distribuidores elegidos para este proyecto son de acero inoxidable con caudalímetro. Elijo con caudalímetro para que permitan ver el caudal circulante por cada circuito de la instalación y facilitan su equilibrado.

La posición de los colectores ha de situarse por encima de la línea del suelo, para evitar una posible acumulación de aire en el interior de las tuberías.



Imagen 23. Colector Inox de suelo radiante.

- Válvulas de zona recta con actuadores electrotérmicos:

Cada colector consta de una válvula termostatizable que permite el cierre total o parcial mediante un termostato ambiente.

Para abaratar la instalación he previsto, comentado anteriormente, de 5 colectores para cada zona, por lo tanto sólo se necesitarán 5 actuadores electrotérmicos situados en la válvula de zona de cada colector. Éstos actuarán sobre cada colector, por lo tanto actuarán también por cada zona con lo que demande el termostato de cada una de ellas. Esto abarata la instalación ya que si los colectores no estarían dispuestos por zonas tendría que instalar un actuador por cada circuito y una caja de conexiones que mandaría la señal de cada termostato para que se pusiese en funcionamiento la bomba de calor. Todo esto encarece la instalación. Por lo que haciendo una buena distribución de los colectores por zonas se reduce el presupuesto y los elementos a instalar.



Imagen 24. Válvula de zona recta.

- Grupo hidráulico:

Se instala en la tubería general de impulsión y retorno. Incluye una bomba de impulsión, válvula mezcladora de tres vías para controlar la temperatura de impulsión y mezclar cuando sea necesario con el agua de retorno de la instalación.

Se instalará uno para cada planta ya que uno se queda escaso debido al gran volumen de agua a circular.

Los termostatos mandarían la señal de puesta en marcha a la bomba de calor y a este grupo hidráulico para que se pongan en marcha la bomba del grupo y la aerotermia.



Imagen 25. Grupo hidráulico con mezcla.

- Otros accesorios:

También es necesaria la instalación de pequeño material como grapas de fijación de la tubería a la placa aislante, racores para unir el tubo al colector, codos guía para la entrada y salida de la tubería al colector.



Imagen 26. Colector con tuberías y codos guía.

5.3. FANCOILS

Se instalarán fancoils de apoyo en las estancias principales, para minimizar el factor de inercia que presenta el sistema por suelo radiante, tal y como queda detallado en el documento de planos del presente proyecto.

Un grupo de bombeo directo abastecerá a 2 fancoils de tipo mural que se instalarán en las principales estancias de planta baja y 4 fancoils de tipo suelo en las principales estancias de planta primera. Se eligen tipo suelo en la planta superior por la distribución del espacio de mobiliario, ventanas y particiones interiores acristaladas, que hacen imposible instalarlos en pared.

Las tuberías generales desde el grupo hidráulico hasta los fancoils se realizan en tubería multicapa de 25mm de diámetro con barrera anti-oxígeno.

El sistema de fancoils también es un sistema que funciona con baja temperatura que nos aporta la bomba de calor, por lo que esto no empeorará la eficiencia energética del proyecto ya que se utilizará esta fuente de energía y no será necesario instalar otra.

A continuación se muestra las potencias necesarias que tendrían que tener los fancoils a instalar considerando una refrigeración necesaria de 80 w/m² ya que son de apoyo, y su ficha técnica.

Tabla 38. Potencias necesarias en W para la instalación de climatización por fancoils.

	Superficie (m ²)	w/m ²	W necesarios	W instalados
OFICINA-RECEPCIÓN+HALL ACCESO	29,30	80	2344,00	3000
SALA TÉCNICA	32,05	80	2564,00	3000
		TOTAL	4908,00	6000
SALA DE REUNIONES	26,09	80	2087,20	3000
ESPACIO TRABAJO	65,00	80	5200,00	6000
DESPACHO	36,35	80	2908,00	3000
		TOTAL	10195,20	12000

Tabla 39. Características del fancoil mural elegido.

Fancoil mural MODELO KFC-SP

		200	400	600
■ CARACTERÍSTICAS				
CAPACIDAD FRIGORÍFICA	KW	2,2	3,08	4,07
	BTU	7.508	10.511	13.890
	Frig/h	1.892	2.649	3.500
CAPACIDAD FRIGORÍFICA SENSIBLE	KW	1,3	2,76	3,35
	BTU	4.437	9.419	11.433
	Frig/h	1.118	2.374	2.881
CAPACIDAD CALORÍFICA 50/40	KW	3,02	4,34	5,69
	BTU	10.307	14.812	19.419
	Kcal/h	2.597	3.732	4.893
CAPACIDAD CALORÍFICA 60/50	KW	4,77	7,02	9,15
	BTU	16.279	23.958	31.227
	Kcal/h	4.102	6.037	7.869

Tabla 40. Características del fancoil de suelo elegido.

Fancoil consola MODELO KFC-SL

		250	400	500	800	900
■ CARACTERÍSTICAS						
CAPACIDAD FRIGORÍFICA 7/12	KW	1,87	3,30	4,85	6,52	7,85
	BTU	6.375	11.220	19.325	22.250	26.770
	Frig/h	1,61	2,83	4,86	5,61	6,75
CAPACIDAD FRIGORÍFICA SENSIBLE	KW	1,6	2,7	3,98	5,5	6,25
	BTU	5.456	9.180	13.572	18.755	21.313
	Frig/h	1,38	2,32	3,42	4,73	5,38
CAPACIDAD CALORÍFICA 50/40	KW	2,53	7,23	6,98	9,58	11,69
	BTU	8.625	24.580	24.015	32.670	39.860
	Kcal/h	2.170	5.800	6.025	8.250	10.050

También se propone en el presente proyecto la preinstalación de los fancoils, para no hacer un gasto inicial elevado y comprobar que es suficiente con el suelo radiante refrescante. Por lo que en fase de obra de las oficinas se instalará la caja de preinstalación con el desagüe futuro necesario, llevado con tubo de PVC hasta la general de evacuación más próxima, y la tubería doble aislada para la alimentación de fancoil desde la sala de calderas. Con esto, la inversión inicial será menor.



Imagen 27. Caja para preinstalación de AACC y tubería doble frigorífica.

5.4. VENTILACIÓN

La instalación de ventilación es obligada por normativa, como se ve en el apartado de normativa del presente proyecto, se tiene que cumplir con el RITE.

Al haber cambiado los conductos respecto a los iniciales estudiados en el apartado anterior cambiarán las secciones ya que se dispone de conductos circulares de chapa en planta baja y conductos rectangulares de fibra de vidrio en planta primera.

Respecto al RITE en su instrucción técnica IT1 de Exigencia de bienestar e higiene, de calidad del aire interior dice que:

Se dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes.

- Categoría del aire interior en función del uso de los edificios o locales:

La categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo, la siguiente:

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

- Caudal mínimo del aire exterior de ventilación:

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario para alcanzar la categoría de calidad de aire interior anterior (IDA 2), se calculará de acuerdo al siguiente método:

- Método indirecto de caudal de aire exterior por persona
IDA 2: 12,5 dm³/s por persona = 45 m³/h por persona
- Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie
IDA 2: 0,83 dm³/(s·m²) = 0,83 dm³/(s·m²) x 188,79 m² = 156,70 dm³/s = 564,12 m³/h

Al ser unas oficinas con varias zonas, y muchas de ellas usadas en momentos puntuales y no continuamente planteo el método indirecto por unidad de superficie ya que por persona, debido al caso comentado es muy subjetivo.

Tabla 41. Caudales necesarios de ventilación en cada espacio en función de su temperatura.

PLANTA BAJA	Superficie (m ²)	Caudal necesario (dm ³ /s)	Caudal necesario (m ³ /h)
HALL ACCESO	14,25	11,83	42,59
OFICINA RECEPCION	15,05	12,49	44,96
SALA TECNICA	32,05	26,60	95,76
Total Planta	61,35	50,92	183,31
PLANTA PRIMERA	Superficie (m ²)	Caudal necesario (dm ³ /s)	Caudal necesario (m ³ /h)
SALA REUNIONES	26,09	21,65	77,94
ESPACIO TRABAJO	65,00	53,95	194,22
DESPACHO	36,35	30,17	108,61
Total Planta	127,44	105,78	380,77
TOTAL PROYECTO	188,79	156,70	564,08

Se dispondrá de un ventilador que asegure un caudal mínimo de 564,08 m³/h, capaz de vencer las pérdidas de carga de los filtros y la generada por el trazado de conductos de impulsión hasta las rejillas de cada local.

A continuación se muestran las secciones que deben tener los conductos a instalar para la ventilación. En planta baja se plantean conductos circulares de chapa y en planta primera rectangulares de fibra de vidrio.

Las secciones se han calculado con el software Climavert para sus productos, con una velocidad de 2 m/s en ramales distribuidores hasta rejilla de cada local y algo superiores en ramales principales. No es conveniente que la velocidad sea alta ya que si no podría haber problemas de ruido.

Tabla 42. Medidas en mm de los conductos circulares y rectangulares para cada tramo de conducto.

TRAMOS DE CONDUCTO	Q calculo RITE (m ³ /h)	Medidas conducto circular (mm) / Velocidad	Medidas conducto rectangular (mm)
Toma de aire del exterior	564,08	300 (2,3 m/s)	
Ramal principal distribución a P.B	183,31	180 (2 m/s)	
Ramal distribuidor (Oficina recepción + Hall acceso)	87,55	125 (2 m/s)	
Ramal distribuidor (Hall acceso)	42,59	86,78 (2 m/s)	
Ramal distribuidor (Sala tecnica)	95,76	130,13 (2 m/s)	
Ramal principal distribución a P.1	380,77	247,41 (2,2 m/s)	25x20 (2,2 m/s)
Ramal distribuidor (despacho)	108,61		15x10 (2 m/s)
Ramal principal distribución	272,16		20x20 (2 m/s)
Ramal distribuidor (espacio trabajo)	194,22		15x20 (2 m/s)
Ramal distribuidor (sala reuniones)	77,94		15x10 (2 m/s)

- Filtración del aire exterior mínimo de ventilación:

El aire exterior de ventilación, se introducirá debidamente filtrado en los edificios.

Las clases de filtración mínimas a emplear serán en función de la calidad del aire exterior (ODA) y de la calidad del aire interior requerida (IDA)

La calidad del aire exterior (ODA) de nuestra nave será:

ODA 2: aire con concentraciones altas de partículas y, o de gases contaminantes.

Tabla 43. Clases de filtración del aire exterior de ventilación.

Tabla 1.4.2.5 Clases de filtración				
Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF (*)+F9	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

Por lo tanto el sistema de este tendrá que ir con los filtros F6 + F8.

La extracción de aire de los locales de servicio (aseos), ser hará de manera independiente, con extractores individuales, asegurando una extracción mínima de 2 dm³/s por m² de superficie del local.

Las redes de conductos deberán estar equipadas de aperturas de servicio para permitir las operaciones de limpieza y desinfección de los mismos.

Se emplearán prefiltros para mantener limpios los componentes de las unidades de ventilación y tratamiento de aire, así como para alargar la vida útil de los filtros finales. Los prefiltros se instalarán en la entrada del aire exterior a la unidad de tratamiento, así como en la entrada del aire de retorno.

Los filtros finales se instalarán después de la sección de tratamiento.

Por lo tanto se instalarán sendos ventiladores en línea con un trazado de conductos circulares y rectangulares y rejillas en los locales principales, de manera que el sistema asegure un caudal de renovación de aire de 564,08 m³/h de acuerdo a la categoría de calidad de aire interior IDA2 con un prefiltro F6+F8 de acuerdo con la categoría de aire exterior ODA2.

Para vencer las pérdidas de carga de filtros y conductos se colocarán sendos ventiladores que cumplan las características mencionadas y que su diámetro de conducto sea de 300 mm que hemos calculado antes para una velocidad de 2,3 m/s.

Con estos datos se eligen los más adecuados:

- Para la admisión con filtros F6+F8:

Tabla 44. Elección del modelo de ventilador más adecuado para la instalación de admisión de aire.

Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A) 230V	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)			Nº Prefiltros	Nº Filtros	Dimensiones filtros (mm)		Peso (Kg)
				Filtros (G4+F6)	Filtros (F6+F8)	Filtros (F7+F9)			Filtros (G4)	Filtros (F)	
SV/FILTER-125/H	2220	0,65	0,08	300	255	240	1	1	282x194x48	282x194x98	9,1
SV/FILTER-150/H	2200	1,25	0,17	445	385	360	1	1	334x216x48	334x216x98	12,3
SV/FILTER-200/H	1240	0,85	0,12	515	520	390	1	1	389x248x48	389x248x98	15,1
SV/FILTER-250/H	2380	0,95	0,14	660	560	525	1	1	414x267x48	414x267x98	17,8
SV/FILTER-315/H	1330	0,75	0,12	1035	850	790	1	1	513x344x48	513x344x98	26,4
SV/FILTER-350/H	1280	0,95	0,14	1550	1270	1180	1	1	602x385x48	602x385x98	36,3
SV/FILTER-400/H	1330	1,80	0,30	2050	1720	1600	1	1	660x405x48	660x405x98	46,4

- Para la extracción:

Tabla 45. Elección del modelo de ventilador más adecuado para la instalación de extracción de aire.

Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible 230V (A)	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel sonoro irradiado dB(A)	Peso aprox. (Kg)
SV-125/H	2720	0,65	0,11	400	32	5,2
SV-125/H-T	2720	0,65	0,11	400	32	5,2
SV-150/H	2580	1,00	0,16	560	40	6,8
SV-150/H-T	2580	1,00	0,16	560	40	6,8
SV-200/H	1400	0,75	0,12	880	44	8,0
SV-200/H-T	1400	0,75	0,12	880	44	8,0
SV-200/L	1450	0,70	0,09	760	42	8,0
SV-250/H	2500	0,85	0,18	1300	48	10,8
SV-250/L	2680	0,75	0,16	1000	46	10,8
SV-315/H	1400	0,65	0,12	2100	50	21,0
SV-350/H	1400	0,95	0,14	2850	51	28,5
SV-400/H	1350	1,80	0,30	3500	53	38,0

No importa que el caudal sea mayor que el de admisión porque se pueden regular.

ADMISIÓN

- Marca.....SODECA
- ModeloSV 315/ FILTER 315 F6+F8
- Caudal máximo 850 m³ / h
- Nivel sonoro.....48 dB(A)

EXTRACCIÓN

- Marca.....SODECA
- ModeloSV-250 / L
- Caudal máximo 1000 m³/h
- Nivel sonoro.....46 dB(A)

El edificio dispone de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante su uso normal, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

El local dispone de medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto de agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del agua.

6. PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN

En el siguiente presupuesto está contemplado el precio de la instalación, se considera por un lado el precio del material, al que se le añade la mano de obra en horas que costaría su instalación y el beneficio para la empresa instaladora.

Los precios de material incluyen los descuentos que proporcionaría el proveedor de materiales.

En el anexo 2 se puede ver más detalladamente los materiales a instalar con su descripción.

Tabla 46. Presupuesto instalación

Presupuesto				
<i>Ud</i>	<i>Resumen</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Importe total (€)</i>
VENTILACIÓN				
VENTILACIÓN MECÁNICA				
Ud	EXTRACTOR EN LINEA CONDUCTO 250 MM	1,00	249,23	249,23
Ud	EXTRACTOR EN LINEA CONDUCTO 315 F6+F8	1,00	608,38	608,38
Ud	ASPIRADOR AXIAL B-12 PLUS TIMER	3,00	36,40	109,20
	TOTAL VENTILACIÓN MECÁNICA			966,81
DIFUSIÓN				
M2	CONDUCTO AUTOPORTANTE RECTANGULAR CLIMAV. NETO	68,25	17,85	1.218,26
ML	CONDUCTO HELICOIDAL CHAPA GALVANIZADA D.300	4,55	19,34	88,00
ML	CONDUCTO HELICOIDAL CHAPA GALVANIZADA D.250	10,50	17,38	182,49
ML	CONDUCTO HELICOIDAL CHAPA GALVANIZADA D.200	8,69	15,77	137,04
ML	CONDUCTO HELICOIDAL CHAPA GALVANIZADA D.150	2,10	13,17	27,66
ML	CONDUCTO HELICOIDAL CHAPA GALVANIZADA D.125	8,72	9,71	84,67
ML	CONDUCTO HELICOIDAL CHAPA GALVANIZADA D.100	2,85	11,29	32,18
UD	REJILLA CLIP TIPO 600 200X100	3,00	24,48	73,44
UD	REJILLA CLIP TIPO 600 250X100	1,00	26,48	26,48
UD	REJILLA CLIP TIPO 600 300X100	1,00	26,76	26,76
UD	REJILLA CLIP TIPO 800 200X100	3,00	22,17	66,51
UD	REJILLA CLIP TIPO 800 250X100	1,00	24,22	24,22
UD	REJILLA CLIP TIPO 800 300X100	1,00	24,51	24,51
ML	ML TUBO PVC SERIE B, D.90	42,00	7,53	316,26
	TOTAL DIFUSIÓN			2.328,48
	TOTAL VENTILACIÓN			3.295,29
SUELO RADIANTE/REFRESCANTE				
ML	Tube Sysclima PE-RT EVOH 5 Capas-	2.200,00	0,67	1.474,00
Ud	PLACA DE NOPAS NP 20/25	240,00	6,27	1.504,80
ML	TIRA PERIMETRAL AUTOADHESIVA BP-AD 150/80	240,00	0,52	124,80
ML	TUBO MULTICAPA GENERALES CLIMATIZACIÓN	86,00	5,82	500,52
Ud	CAJA BLANCA EMPOTRABLE H 600	2,00	50,21	100,42
Ud	CAJA BLANCA EMPOTRABLE H 750	3,00	54,12	162,36
Ud	RACOR 16 X 1,8 PARA RETICULADO	58,00	1,48	85,84
Ud	CODO GUIA 14-18 PLASTICO	58,00	0,68	39,44
Ud	VALV. ZONA RECTA máx. caudal 3/4" kvs 5,1	5,00	15,71	78,55
Ud	VALVULA ESFERA 3/4"	5,00	9,96	49,80
Ud	ACTUADOR ELECTROTÉRMICO M28 NC 230V	5,00	21,28	106,40
UD	ADITIVO MORTERO Z1 -10kg	4,00	14,80	59,20
ud	GRAPA PLACA LISA TUBO 16-20	100,00	0,03	3,00
UD	Central de regulación FRIO/CALOR RVS 36	2,00	291,71	583,42
UD	CRONOTERMOSTATO IT600 230V	5,00	36,97	184,85
Ud	COLECTOR INOX 1" CON CAUDALÍMETRO ICL 4 sal.	2,00	59,39	118,78
Ud	COLECTOR INOX 1" CON CAUDALÍMETRO ICL 6 sal.	1,00	79,67	79,67
Ud	COLECTOR INOX 1" CON CAUDALÍMETRO ICL 7 sal.	1,00	89,65	89,65
Ud	COLECTOR INOX 1" CON CAUDALÍMETRO ICL 8 sal.	1,00	98,29	98,29
	TOTAL SUELO RADIANTE/REFRESCANTE			5.443,79

SALA INSTALACIONES				
ML	TUBO MULTICAPA GENERALES CLIMATIZACIÓN	50,00	5,82	291,00
Ud	B. CALOR hpi-2 27 DE DIETRICH	1,00	6.535,56	6.535,56
Ud	INTERACUMULADOR BPB 200 DE DIETRICH	1,00	645,49	645,49
ML	ML COBRE 28 CALORIFUGADO	6,00	23,41	140,46
UD	GRUPO HIDRÁULICO MEZCLA DN25 CON CIRCULADOR	2,00	264,63	529,26
Ud	GRUPO HIDRÁULICO DIRECTO DN25 CON CIRCULADOR	1,00	177,82	177,82
Ud	COLECTOR PARA GRUPOS HIDRÁULICOS	1,00	121,64	121,64
Ud	MOD. AMPLIACIÓN COLECTOR	1,00	62,80	62,80
Ud	VASO EXPANSIÓN CALEFACCIÓN 35L.	1,00	52,33	52,33
Ud	SALUS TERMOSTATO DE CONTACTO 30º-90º	2,00	14,23	28,46
Ud	FILTRO Y DOBLE MALLA	2,00	7,91	15,82
Ud	VÁLVULA TULLER HH 1"	8,00	8,00	64,00
Ud	VÁLVULA TULLER HH 3/4"	1,00	6,03	6,03
Ud	VALVULA RETENCION 1"	4,00	5,83	23,32
Ud	VÁLVULA DE SEGURIDAD 3/4" 3 BAR	2,00	16,06	32,12
ud	MATERIAL CABLEADO Y CONEXIONADO ELÉCTRICO EQUIPOS SALA	1,00	340,24	340,24
ud	COMPLEMENTOS HIDRÁULICOS	1,00	126,02	126,02
TOTAL SALA INSTALACIONES				9.192,37
FANCOILS				
ML	TUBO MULTICAPA GENERALES CLIMATIZACIÓN	50,00	5,82	291,00
UD	FANCOIL TIPO MURAL 3kW	2,00	255,53	511,06
UD	FANCOIL ENCASTRADO SUELO 3kW	4,00	201,63	806,52
TOTAL FANCOILS				1.608,58
TOTAL MATERIAL				19.540,03
	MANO DE OBRA	116	32	3712,00
	BENEFICIO		20%	4650,41
TOTAL INSTALACIÓN				27.902,44
	IVA		21%	5859,51
TOTAL INSTALACIÓN CON IVA				33.761,95

7. PROBLEMA SURGIDO PARA LA FUTURA EJECUCIÓN EN OBRA DE LAS INSTALACIONES

Se plantea un problema en la futura ejecución en obra a resolver, que es la sujeción de los conductos en planta primera. En planta baja disponemos de forjado por lo que todas las instalaciones irán sujetas mediante abrazaderas directamente al forjado. Sin embargo en planta primera no hay forjado ya que es la propia estructura de la cubierta, formada por panel sándwich de chapa apoyado sobre las correas y vigas que forman la estructura de cubierta.

Al no haber forjado la sujeción se tiene que hacer directamente sobre las vigas y correas de la estructura, ya que no se puede perforar la chapa de la cubierta. Éstas son prefabricadas de hormigón pretensado y se distribuyen siguiendo una malla regular por toda la cubierta, como se observa en las siguientes imágenes.



Imagen 28. Cubierta de nave industrial a estudio.



Imagen 29. Cubierta de nave industrial a estudio.

Normalmente, en estos casos la cubierta está formada por vigas y correas de acero u prefabricadas de hormigón armado. Y la instalación de los conductos se hace bajo ellas. En nuestro caso, al ser prefabricadas de hormigón pretensado cabe la posibilidad de que al realizar los taladros para la sujeción de conductos se taladre la armadura activa (alambre pretensado) y estropee la correa, pudiendo causar grandes daños. Para que esto no suceda se diseñará un método de sujeción que sea superficial y no dañe ningún elemento superficial. Además a su vez se quiere que sea rápido, fácil de manejar y que no suponga alto coste, ya que si aumenta mucho el precio unitario del metro lineal de conducto no se utilizará en un futuro esta alternativa.

Hay diferentes tipos de viguetas y correas por lo que se planteará una solución que abarque la el mayor número posible de ellas.

Pueden ser de acero o de hormigón armado. Hay muchos tipos y combinaciones, como algunos que se muestran a continuación:



Imagen 30. Tipos de perfiles metálicos.



Imagen 31. Tipos de perfiles de hormigón pretensado.

Vemos que son muy diferentes entre ellas, aunque el ala, que es lo que interesa en este proyecto, que utilizaremos para las diferentes medidas y tipos de soportes no varía mucho. Vemos que pueden ser angulares o rectas, por lo que intentaremos abarcar todas ellas.

También se pretende que su coste económico y de instalación sea lo menor posible.

8. ESTUDIO DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS AL PROBLEMA PLANTEADO

8.1. ALTERNATIVAS DESARROLLADAS EN EL MISMO ÁMBITO O SECTOR

En la mayoría de ocasiones los conductos son sujetos mediante varillas y perfiles taladrados al forjado.

En otras ocasiones son llevados mediante canaletas ancladas en la pared contigua. Todo esto lo podemos ver en las siguientes imágenes.



Imagen 32. Diferentes sujeciones de las instalaciones.

En otras ocasiones son taladradas las viguetas o correas, puestas un taco que sujeta un canal metálico al que se apoya directamente la tubería, o a éste se le ensamblan unas varillas roscadas que van a otra canaleta que sujeta el conducto, como es el caso de los conductos de ventilación o aire acondicionado. Esto se muestra en las imágenes posteriores.



Imagen 33. Sujeciones de tuberías con canaleta anclada a perfil de hormigón.



Imagen 34. Sujeciones de conducto de aire acondicionado.



Imagen 35. Sujeciones de conducto de aire acondicionado.

Se descartan estas opciones ya que no se puede taladrar el tipo de cubierta existente ni las correas de hormigón pretensado para evitar su posible debilitamiento. Se tratará de encontrar una solución factible que no dañe elementos estructurales y que sea fácil y rápida de manejar e instalar.

Ya hay en el mercado varias opciones disponibles para colocar superficialmente sin dañar los elementos estructurales. Pero la mayoría de ellas sólo son para perfiles metálicos, que normalmente tienen el ala plana como muestran las siguientes imágenes.

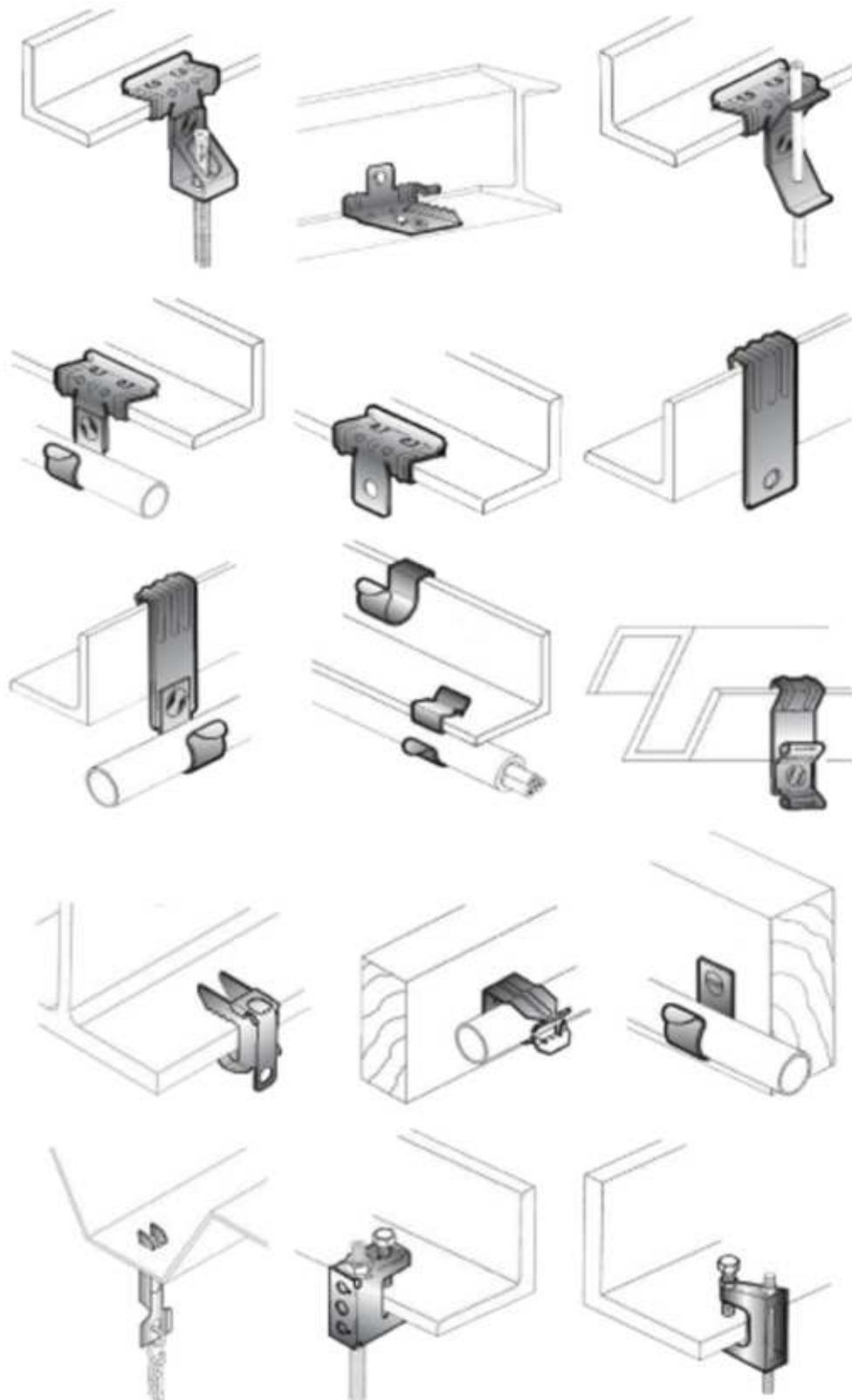


Imagen 36. Sujeciones existentes a perfiles metálicos.

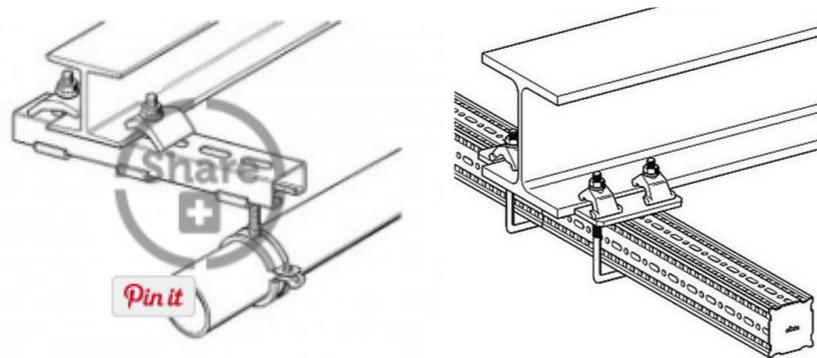


Imagen 37. Sujeciones existentes a perfiles metálicos.

En este proyecto se pretende abarcar el mayor número de perfiles a los que se pueda adaptar el elemento de sujeción, por lo que se intentará que sirva tanto para perfiles metálicos como para prefabricados de hormigón.

Para esto tendrá que ser adaptable a diferentes alas, ya que normalmente los prefabricados de hormigón tienen el ala con cierto ángulo.

En el mercado hay un método de sujeción para viguetas prefabricadas de hormigón pretensado pero es caro ya que habría que instalar 2 unidades de estos elementos cada 1-2m, por lo que el precio por metro lineal de conducto aumentaría mínimo 10€, en el caso de comprarlos al por mayor. Por todo esto se diseñará un sistema más versátil apto para varios perfiles y si se puede que sólo haya que instalar uno por cada 1-2m.

En las siguientes imágenes vemos el sistema hablado anteriormente y su precio.

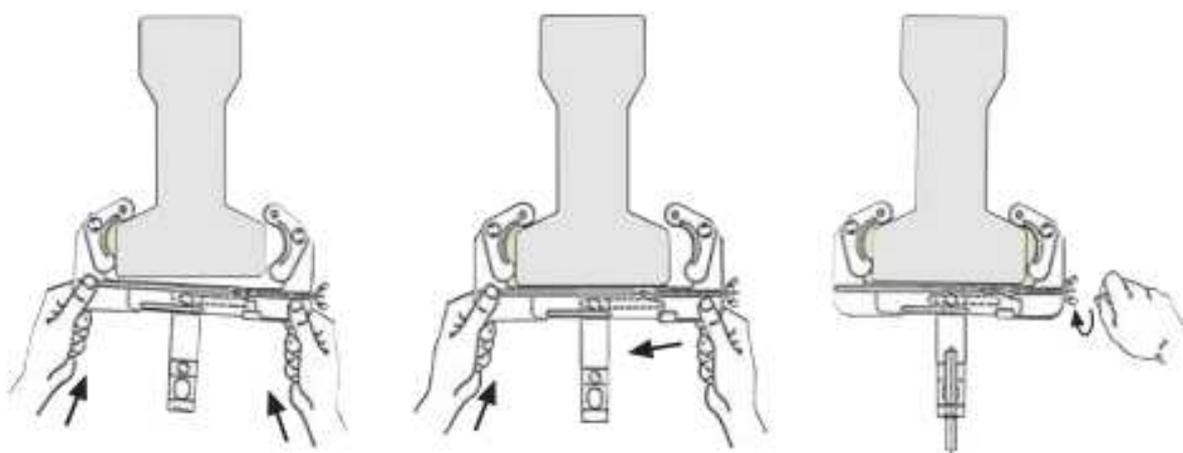


Imagen 38. Sujeciones existentes a perfiles de hormigón.

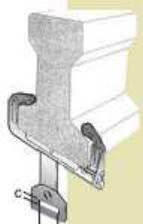
	Kg.		Cód.	Ref.	€/100	
	90	50	10013267	500/125	391,00	
	90	50	10013282	500/140	391,00	
	M	Kg.		Cód.	Ref.	€/100
	M6	70	50	10013268	500-210/125	492,80
	M6	70	50	10013283	500-210/140	492,80
	M8	70	50	10013269	500-211/125	492,80
	M8	70	50	10013284	500-211/140	492,80
	M10	70	50	10013270	500-212/125	492,80
	M10	70	50	10013285	500-212/140	492,80
	ØD mm.	Kg.		Cód.	Ref.	€/100
	4	60	100	10013271	500-220/125	471,30
	4	60	100	10013286	500-220/140	471,30
	6	60	100	10013272	500-221/125	471,30
	6	60	100	10013287	500-221/140	471,30
	B x C	Kg.		Cód.	Ref.	€/100
	28 x 6'5	45	50	10013273	500-230/125	460,60
	28 x 6'5	45	50	10013288	500-230/140	460,60

Imagen 39. Precios de sujeción existente a perfiles de hormigón.

8.2. ALTERNATIVAS DESARROLLADAS EN OTROS SECTORES

En otros sectores, se están desarrollando otras alternativas de conductos fabricados con telas que se sujetan mediante abrazaderas, que todas ellas se unen mediante un cable tensionado de lado a lado de cada pared. Esto puede ser una buena alternativa pero en el caso de este proyecto las longitudes de conducto son largas por lo que sería difícil no anclarlo en un lugar intermedio. Se pueden ver imágenes de esta solución a continuación.



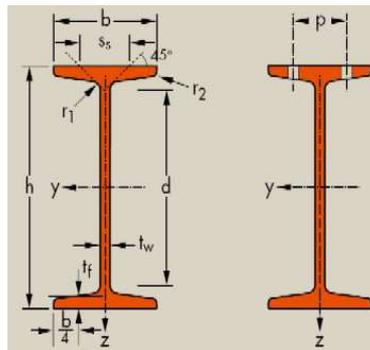
Imagen 40. Suspensión de tubería por cable.

8.3. SOLUCIONES PARCIALES A SUBPROBLEMAS CONCRETOS

Para buscar soluciones al problema planteado primero hay que analizar los distintos perfiles que nos podemos encontrar en obra para intentar que la solución los englobe a todos y sirva para todos ellos.

Se estudian los diferentes ángulos posibles de las viguetas normalizadas mostrados en las siguientes imágenes.

- **Perfiles de acero**
 - Perfil IPN

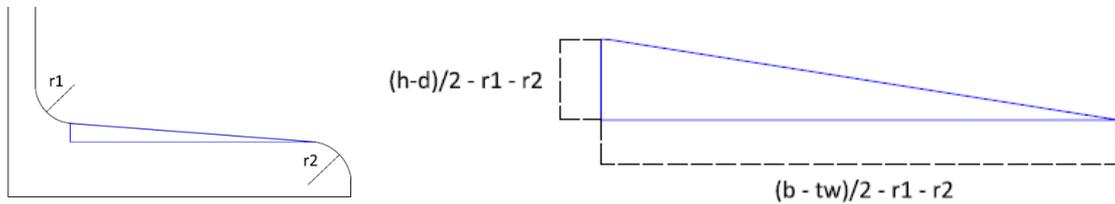


Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni							Dimensiones de construcción Dimensions for detailing Dimensioni di dettaglio				Superficie Surface Superficie		
	G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r ₁ mm	r ₂ mm	A mm ² x10 ²	d mm	Ø	P _{min} mm	P _{max} mm	A _L m ² /m	A _G m ² /t
IPN 80*	5,94	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	7,57	59	-	-	-	0,304	51,09
IPN 100*	8,34	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	10,6	75,7	-	-	-	0,370	44,47
IPN 120*	11,1	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	14,2	92,4	-	-	-	0,439	39,38
IPN 140*	14,3	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	18,2	109,1	-	-	-	0,502	34,94
IPN 160*	17,9	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	22,8	125,8	-	-	-	0,575	32,13
IPN 180*	21,9	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	27,9	142,4	-	-	-	0,640	29,22
IPN 200*	26,2	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	33,4	159,1	-	-	-	0,709	27,04
IPN 220*	31,1	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	39,5	175,8	M 10	50	56	0,775	24,99
IPN 240*	36,2	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	46,1	192,5	M 10	54	60	0,844	23,32
IPN 260*	41,9	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	53,3	208,9	M 12	62	62	0,906	21,65
IPN 280*	47,9	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	61,0	225,1	M 12	68	68	0,966	20,17
IPN 300*	54,2	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	69,0	241,6	M 12	70	74	1,03	19,02
IPN 320*	61,0	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	77,7	257,9	M 12	70	80	1,09	17,87
IPN 340*	68,0	340	137	12,2	18,3	12,2	7,3	86,7	274,3	M 12	78	86	1,15	16,90
IPN 360*	76,1	360	143	13	19,5	13	7,8	97,0	290,2	M 12	78	92	1,21	15,89
IPN 380*	84,0	380	149	13,7	20,5	13,7	8,2	107	306,7	M 16	84	86	1,27	15,12
IPN 400*	92,4	400	155	14,4	21,6	14,4	8,6	118	322,9	M 16	86	92	1,33	14,36
IPN 450*	115	450	170	16,2	24,3	16,2	9,7	147	363,6	M 16	92	106	1,48	12,83
IPN 500*	141	500	185	18	27	18	10,8	179	404,3	M 20	102	110	1,63	11,60
IPN 550*	166	550	200	19	30	19	11,9	212	445,6	M 22	112	118	1,80	10,80
IPN 600*	199	600	215	21,6	32,4	21,6	13	254	485,8	M 24	126	128	1,92	9,89

Imagen 41. Características perfil IPN.

Se calcula el ángulo de inclinación de las alas, ya que no es recto como en otros perfiles.

Se hacen los cálculos con 2 perfiles para ver el baremo en el que está el ángulo.



Perfil IPN 80

Sacamos los lados del triángulo:

$$(h-d)/2 - r_1 - r_2 = (80-59)/2 - 3,9 - 2,3 = 4,3$$

$$(b - t_w)/2 - r_1 - r_2 = (42-3,9)/2 - 3,9 - 2,3 = 12,85$$

$$\text{tg } \alpha = 4,3/12,85$$

$$\alpha = 18,50^\circ$$

Perfil IPN 400

Sacamos los lados del triángulo:

$$(h-d)/2 - r_1 - r_2 = (400 - 322,9)/2 - 14,4 - 8,6 = 15,55$$

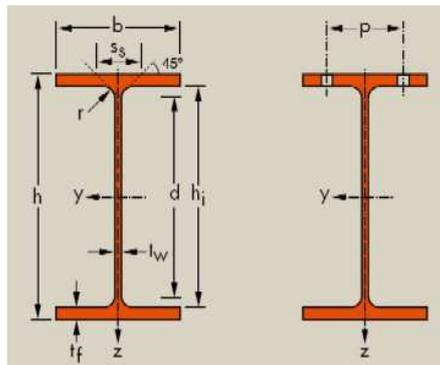
$$(b - t_w)/2 - r_1 - r_2 = (155 - 14,4)/2 - 14,4 - 8,6 = 47,3$$

$$\text{tg } \alpha = 15,55/47,3$$

$$\alpha = 18,19^\circ$$

Se puede decir que el ángulo está entre **18-19°**

• Perfil IPE y HEB

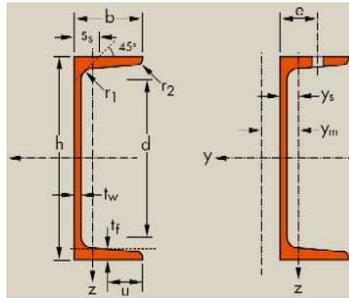


Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni						A mm ² x10 ²	Dimensiones de construcción Dimensions for detailing Dimensioni di dettaglio					Superficie Surface Superficie	
	G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm		h _i mm	d mm	Ø	P _{max} mm	P _{min} mm	A _L m ² /m	A _C m ² /t
IPE AA 80*	4,9	78	46	3,2	4,2	5,0	6,31	69,6	59,6	-	-	-	0,325	65,62
IPE A 80-/*	5,0	78	46	3,3	4,2	5,0	6,38	69,6	59,6	-	-	-	0,325	64,90
IPE 80*	6,0	80	46	3,8	5,2	5,0	7,64	69,6	59,6	-	-	-	0,328	54,64
IPE AA 100*	6,7	97,6	55	3,6	4,5	7,0	8,56	88,6	74,6	-	-	-	0,396	58,93
IPE A 100-/*	6,9	98	55	3,6	4,7	7,0	8,8	88,6	74,6	-	-	-	0,397	57,57
IPE 100*	8,1	100	55	4,1	5,7	7,0	10,3	88,6	74,6	-	-	-	0,400	49,33
IPE AA 120*	8,4	117	64	3,8	4,8	7,0	10,7	107,4	93,4	-	-	-	0,470	56,26
IPE A 120-	8,7	117,6	64	3,8	5,1	7,0	11,0	107,4	93,4	-	-	-	0,472	54,47
IPE 120	10,4	120	64	4,4	6,3	7,0	13,2	107,4	93,4	-	-	-	0,475	45,82
IPE AA 140*	10,1	136,6	73	3,8	5,2	7,0	12,8	126,2	112,2	-	-	-	0,546	54,26
IPE A 140-	10,5	137,4	73	3,8	5,6	7,0	13,4	126,2	112,2	-	-	-	0,547	52,05
IPE 140	12,9	140	73	4,7	6,9	7,0	16,4	126,2	112,2	-	-	-	0,551	42,70
IPE AA 160*	12,1	156,4	82	4,0	5,6	7,0	15,4	145,2	131,2	-	-	-	0,621	50,40
IPE A 160-	12,7	157	82	4,0	5,9	9,0	16,2	145,2	127,2	-	-	-	0,619	48,70
IPE 160	15,8	160	82	5,0	7,4	9,0	20,1	145,2	127,2	-	-	-	0,623	39,47
IPE AA 180*	14,9	176,4	91	4,3	6,2	9,0	19,0	164,0	146,0	M 10	48	48	0,693	46,37
IPE A 180-	15,4	177	91	4,3	6,5	9,0	19,6	164,0	146,0	M 10	48	48	0,694	45,15
IPE 180	18,8	180	91	5,3	8,0	9,0	23,9	164,0	146,0	M 10	48	48	0,698	37,13
IPE O 180+	21,3	182	92	6,0	9,0	9,0	27,1	164,0	146,0	M 10	50	50	0,705	33,12
IPE AA 200*	18,0	196,4	100	4,5	6,7	12,0	22,9	183,0	159,0	M 10	54	58	0,763	42,51
IPE A 200-	18,4	197	100	4,5	7,0	12,0	23,5	183,0	159,0	M 10	54	58	0,764	41,49
IPE 200	22,4	200	100	5,6	8,5	12,0	28,5	183,0	159,0	M 10	54	58	0,768	34,36
IPE O 200+	25,1	202	102	6,2	9,5	12,0	32,0	183,0	159,0	M 10	56	60	0,779	31,05
IPE AA 220*	21,2	216,4	110	4,7	7,4	12,0	27,0	201,6	177,6	M 12	60	62	0,843	39,78
IPE A 220-	22,2	217	110	5,0	7,7	12,0	28,3	201,6	177,6	M 12	60	62	0,843	38,02
IPE 220	26,2	220	110	5,9	9,2	12,0	33,4	201,6	177,6	M 12	60	62	0,848	32,36
IPE O 220+	29,4	222	112	6,6	10,2	12,0	37,4	201,6	177,6	M 10	58	66	0,858	29,24

Imagen 42. Características perfil IPE.

Las AA son rectas por lo que el ángulo es 0°

• Perfil UPN



Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni							Dimensiones de construcción Dimensions for detailing Dimensioni di dettaglio					Superficie Surface Superficie	
	G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r ₁ mm	r ₂ mm	A mm ² x10 ²	d mm	∅	e _{min} mm	e _{max} mm	A _c m ² /m	A _G m ² /t
UPN 50*	5,59	50	38	5,0	7,0	7,0	3,5	7,12	21	-	-	-	0,232	42,22
UPN 65*	7,09	65	42	5,5	7,5	7,5	4,0	9,03	34	-	-	-	0,273	39,57
UPN 80*	8,64	80	45	6,0	8,0	8,0	4,0	11,0	47	-	-	-	0,312	37,10
UPN 100*	10,6	100	50	6,0	8,5	8,5	4,5	13,5	64	-	-	-	0,372	35,10
UPN 120	13,4	120	55	7,0	9,0	9,0	4,5	17,0	82	-	-	-	0,434	32,52
UPN 140	16,0	140	60	7,0	10,0	10,0	5,0	20,4	98	M 12	33	37	0,489	30,54
UPN 160	18,8	160	65	7,5	10,5	10,5	5,5	24,0	115	M 12	34	42	0,546	28,98
UPN 180	22,0	180	70	8,0	11,0	11,0	5,5	28,0	133	M 16	38	41	0,611	27,80
UPN 200	25,3	200	75	8,5	11,5	11,5	6,0	32,2	151	M 16	39	46	0,661	26,15
UPN 220	29,4	220	80	9,0	12,5	12,5	6,5	37,4	167	M 16	40	51	0,718	24,46
UPN 240	33,2	240	85	9,5	13,0	13,0	6,5	42,3	184	M 20	46	50	0,775	23,34
UPN 260	37,9	260	90	10,0	14,0	14,0	7,0	48,3	200	M 22	50	52	0,834	22,00
UPN 280	41,8	280	95	10,0	15,0	15,0	7,5	53,3	216	M 22	52	57	0,890	21,27
UPN 300	46,2	300	100	10,0	16,0	16,0	8,0	58,8	232	M 24	55	59	0,950	20,58
UPN 320*	59,5	320	100	14,0	17,5	17,5	8,8	75,8	246	M 22	58	62	0,982	16,50
UPN 350	60,6	350	100	14,0	16,0	16,0	8,0	77,3	282	M 22	56	62	1,05	17,25
UPN 380*	63,1	380	102	13,5	16,0	16,0	8,0	80,4	313	M 24	59	60	1,11	17,59
UPN 400*	71,8	400	110	14,0	18,0	18,0	9,0	91,5	324	M 27	61	62	1,18	16,46

Imagen 43. Características perfil UPN.

Se hacen los cálculos con 2 perfiles para ver el baremo en el que está el ángulo.

• Perfil UPN 50

$$(h-d)/2 - r_1 - r_2 = (50 - 21)/2 - 7 - 3,5 = 4$$

$$b - t_w - r_1 - r_2 = 38 - 5 - 7 - 3,5 = 22,5$$

$$\text{tg } \alpha = 4/22,5$$

$$\alpha = 10,08^\circ$$

• Perfil UPN 300

$$(h-d)/2 - r_1 - r_2 = (300 - 232)/2 - 16 - 8 = 10$$

$$b - t_w - r_1 - r_2 = 100 - 10 - 16 - 8 = 66$$

$$\text{tg } \alpha = 10/66$$

$$\alpha = 8,61^\circ$$

Se puede decir que el ángulo está entre **8-10°**

- **Perfiles prefabricados de hormigón pretensado**

- Perfil tubular

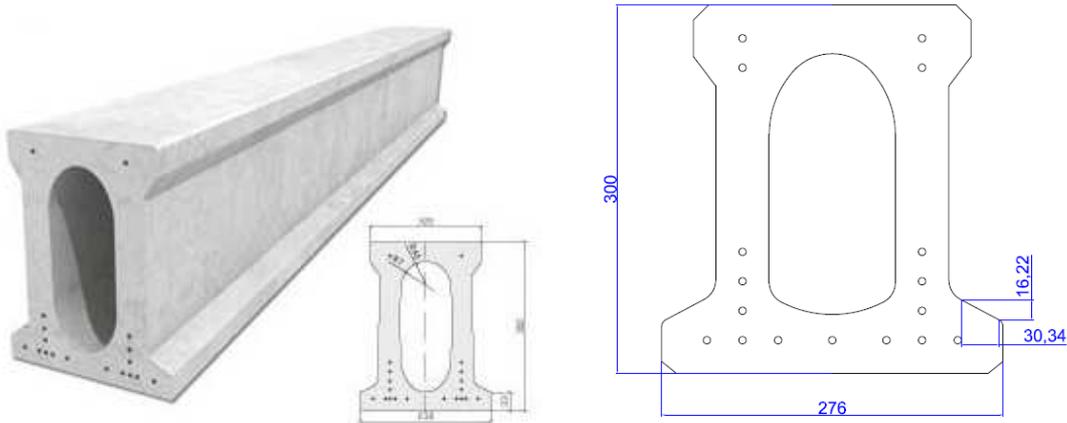


Imagen 44. Perfil Tubular.

$$\text{tg } \alpha = 16,22/30,34$$

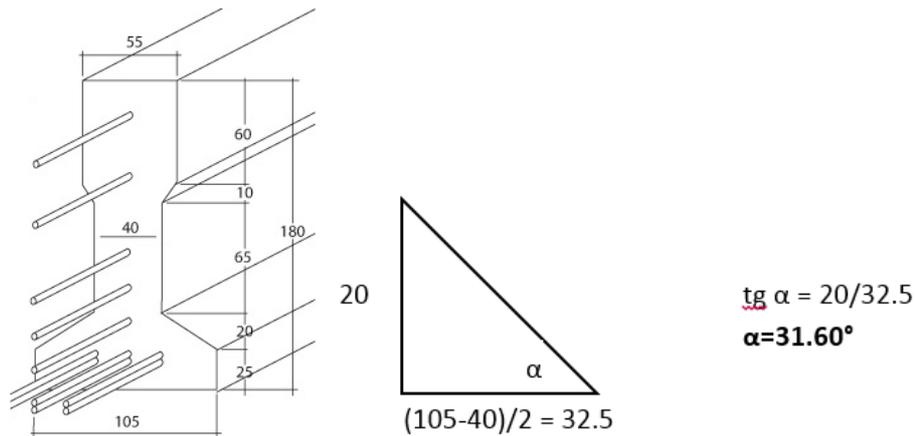
$$\alpha = 28,13^\circ$$

- Perfil T



Imagen 45. Perfil en T.

Se quiere saber el ángulo del ala que se puede obtener por el Teorema de Pitágoras.



- Perfil semi T

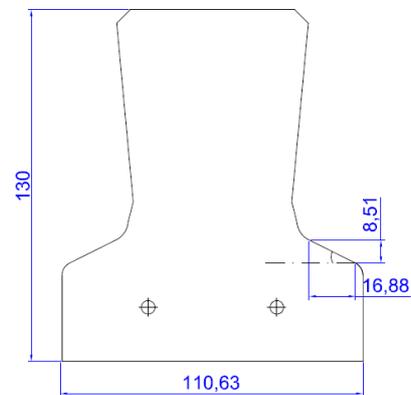


Imagen 46. Perfil en semiT.

$\text{tg } \alpha = 8,51/16,88$

$\alpha = 26,75^\circ$

Con todo este estudio comprobamos que se tendría una variedad de ángulos entre **0 y 32°**.

8.4. ALTERNATIVAS NUEVAS DESARROLLADAS POR LA AUTORA

Al haber gran variedad de perfiles, se diseñará una solución para todos ellos. En un principio se pensó en una pieza que tuviese ángulo distinto en ambos lados. Que por un lado fuese recta, con un ángulo de 90° para así servir a los perfiles de ala plana, y que por el otro lado fuese con cierto ángulo para que valiese para los perfiles con ala angular.



Imagen 47. Primera propuesta.



Imagen 48. Primera propuesta.

- **Posibles problemas de esta solución:**

En las imágenes podemos observar que la pieza fabricada podría funcionar para perfiles de alas planas, sin embargo, para los demás tendría problemas ya que la arandela y la tuerca no apoyan el 100% en la pieza, y al ser ésta paralela a la superficie la fuerza de rozamiento sería pequeña y podría llegar a deslizarse.

Como solución a esto se puede diseñar una pieza que tenga una transición del lado de apoyo plano al de apoyo en ángulo para poder cambiar de ángulo y poder tener en ese punto la sujeción a los demás elementos, como varilla, arandela y tuerca.

Por lo tanto se realiza una parte plana en horizontal por la que irá el agujero para la varilla roscada, y sujeto mediante arandelas y tuercas.

Como podemos ver en las siguientes imágenes, se han diseñado ambos lados de la pieza con distinto ángulo. En el lado izquierdo podemos ver el ángulo de 90° que sería para los perfiles metálicos de ala plana. Así su apoyo será de ángulo recto, por lo que se evitaría el posible deslizamiento de la pieza.

El lado izquierdo está desarrollado con un ángulo de 58° que es el complementario al de 32° que tenemos en la pieza.

Como se ve en la imagen los dos bordes de la pieza que estarían en contacto con los perfiles tienen la arista redondeada para así asegurar completamente la tangencia con el perfil. En el caso de la arista en contacto con alas angulares, al poder ser éstas de diferentes ángulos como hemos visto anteriormente, al darle este redondeo siempre estará en contacto con la pieza tenga el ángulo que tenga, como podemos ver en la segunda imagen en la que la cara redondeada está en contacto con diferentes ángulos.

El agujero para la varilla se ha realizado en la cara horizontal y más cerca del lado angular para que no choque lateralmente con ningún perfil en ambos casos.

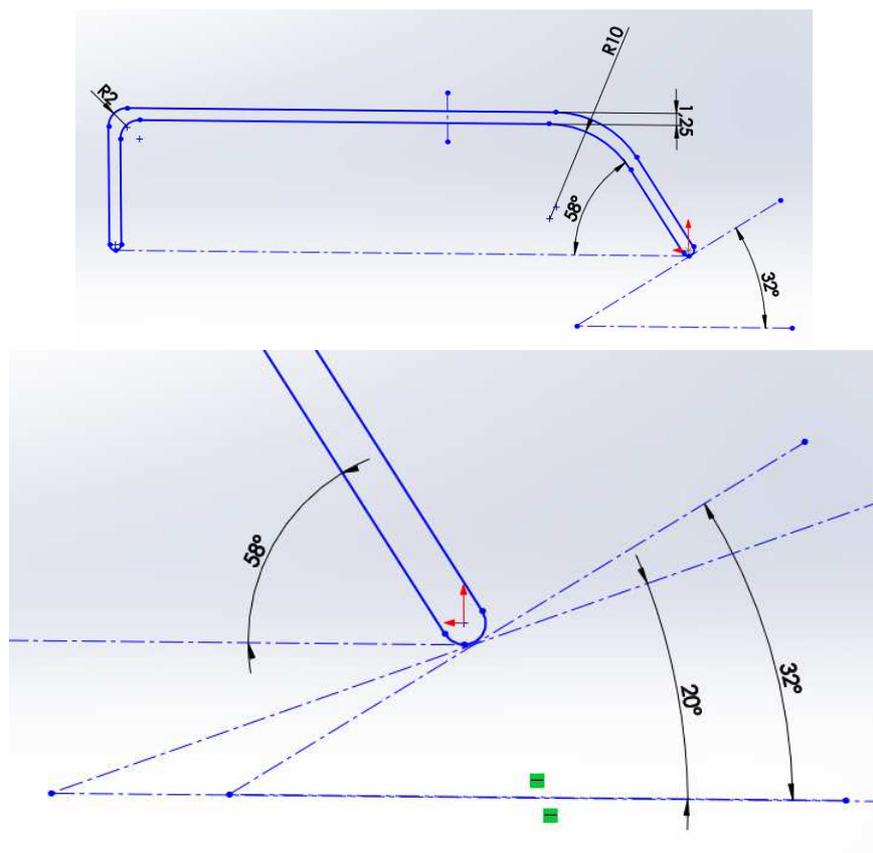


Imagen 49. Redondeo de la arista de la pieza.

9. ELECCIÓN JUSTIFICADA DE UNA SOLUCIÓN

Al ver que la pieza anterior sería funcional se optó por mantenerla sin ningún cambio y seguir avanzando con ella en el diseño del conjunto, si más adelante se comprobase que no funcionase adecuadamente se mejoraría.

Para el ensamblaje con las demás piezas se ha optado por el sistema tradicional de anclaje pero en vez de a la vigueta será a la pieza nueva desarrollada, mediante uniones con tuercas y otro apoyo a la vigueta con canaleta galvanizada, la cual también servirá para el soporte de los demás elementos que sujetarán las diferentes tuberías o conductos dependiendo de la instalación planteada. Así se podrá usar para la gran variedad de todos ellos.

Se ha planteado este sistema ya que las piezas que lo componen son conocidas por todos los instaladores y fáciles de manejar y por lo tanto de instalar, con la ventaja de que son muy baratas y de materiales adecuados para soportar pesos.

Otra cosa a tener en cuenta, aparte de las alas de los perfiles, es sus diferentes medidas. En el caso de los perfiles prefabricados éste no es un problema ya que sus dimensiones no varían mucho, solo cambian la altura del elemento, por lo que no influirá. Sin embargo en los perfiles metálicos si varía mucho la dimensión del ala desde los más pequeños hasta los de mayor tamaño, por lo que también variará la dimensión de la pieza a estudio. Los demás elementos no cambian ya que son universales y aptos para cualquier situación de las que se están estudiando

10. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

10.1. PIEZAS NECESARIAS PARA EL SISTEMA DE SUJECCIÓN DESARROLLADO

Se muestran paso a paso las piezas necesarias para ensamblarlas y formar todo el conjunto final.

Como lo comentado anteriormente, se realizan dos piezas principales de diferentes dimensiones, una para perfiles de tamaño mediano a grande (todos las viguetas pretensadas y para los perfiles metálicos de entre 160 hasta 600).

Las piezas se realizarán y ensayarán con acero galvanizado de 1,50 mm de espesor. Se han fabricado para el prototipo cortando una chapa de acero galvanizado con las medidas del proyecto. Después de cortar se han doblado con los ángulos estudiados y se les ha realizado el taladro de 8mm de diámetro con el taladro vertical de taller para conseguir una buena precisión.

Los planos de las siguientes piezas se encuentran en el anexo 1.

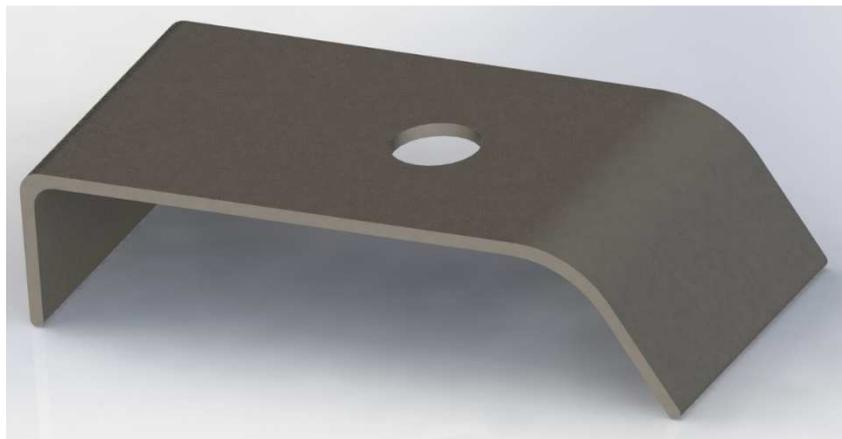


Imagen 50. Primera grande propuesta.

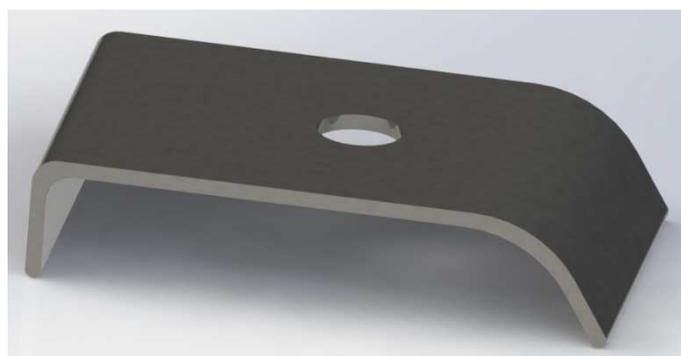


Imagen 51. Primera pequeña propuesta.

Este elemento se fijará al resto del conjunto mediante varillas roscadas con sus arandelas y tuercas, como podemos ver en las siguientes imágenes.

La varilla es de acero zincado de 8mm de diámetro con un paso de rosca de 1,25. Este mismo paso tendrá también la tuerca, pero esta será de acero galvanizado, como también lo es la arandela.



Imagen 52. Arandela y tuerca.

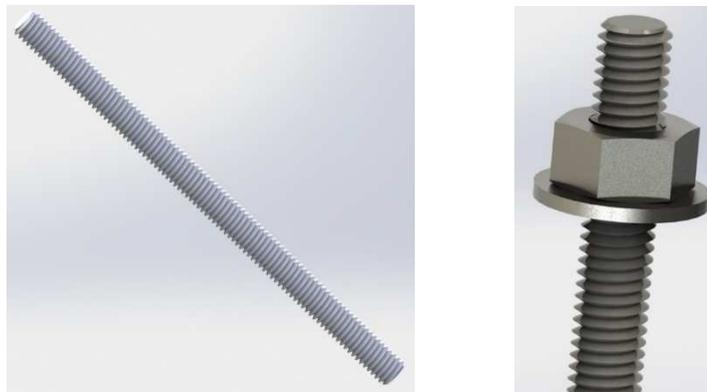


Imagen 53. Varilla y conjunto de varilla con arandela y tuerca.

La canaleta galvanizada para la fijación por la parte inferior del perfil será una de las usadas habitualmente en este tipo de instalaciones, que tienen ya realizados los huecos para el paso de las varillas.

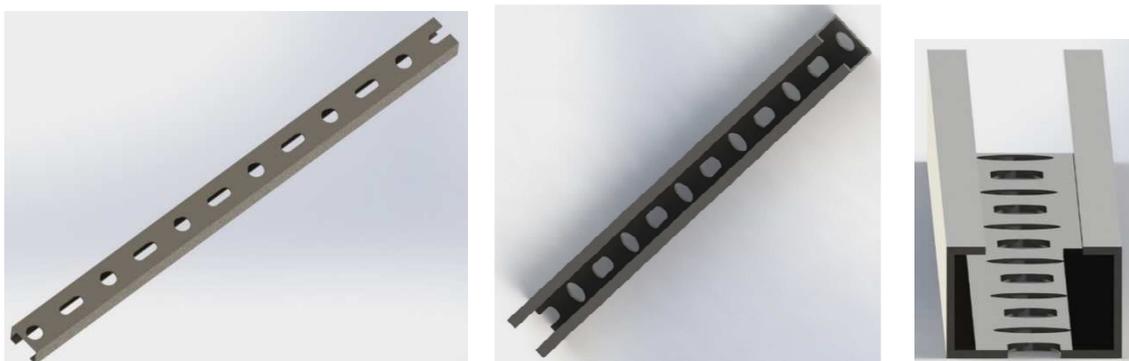


Imagen 54. Canaleta de acero galvanizado.

10.2. SOLUCIÓN COMPLETA POR ENSAMBLAJE DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DESARROLLADOS

- Diseño en software informático:



Imagen 55. Ensamblaje paso a paso del sistema de sujeción propuesto.

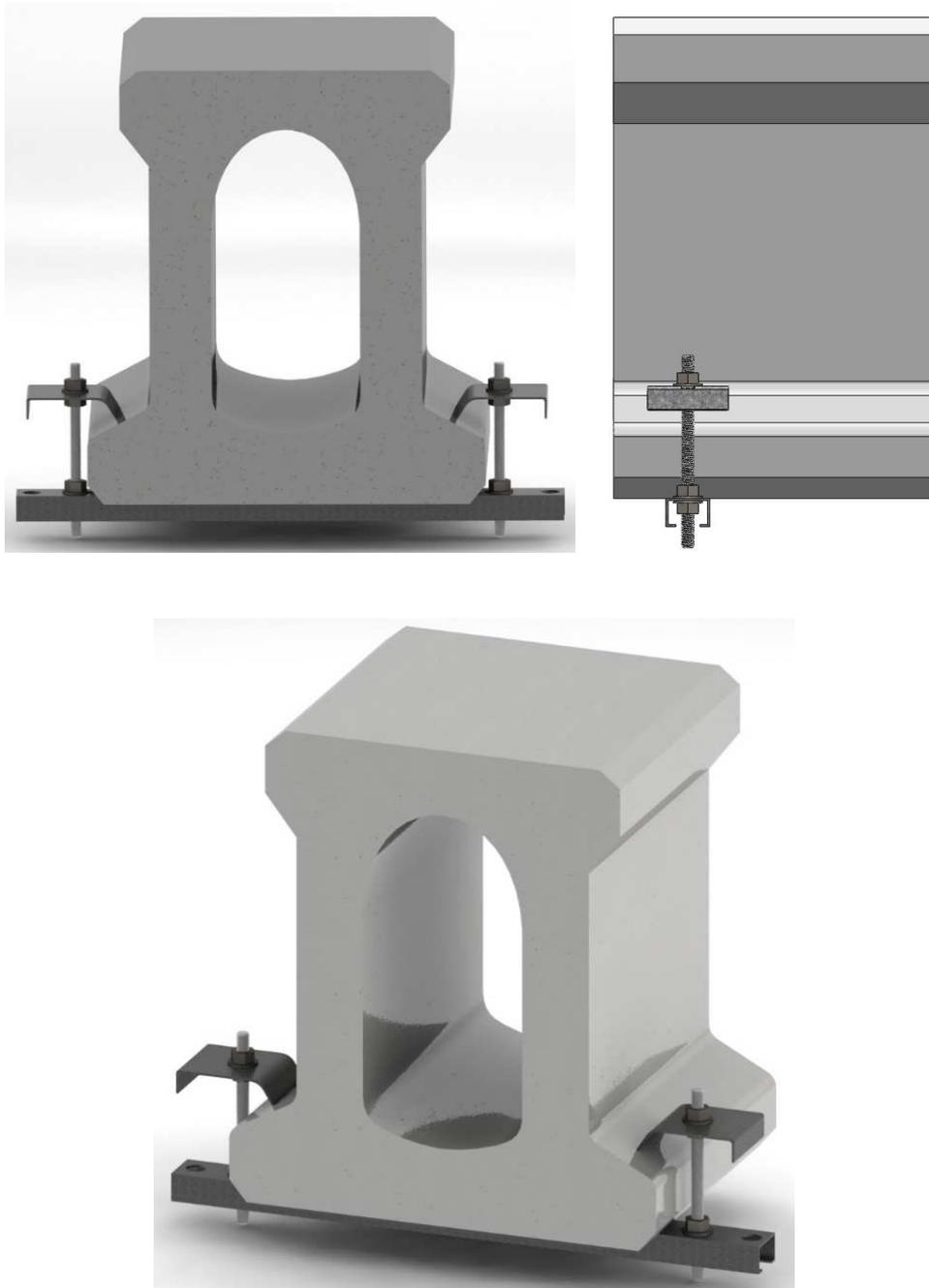


Imagen 56. Sistema de sujeción propuesto instalado en viga de hormigón pretensado.

Este sistema se ha propuesto para la sujeción de conductos, como en el caso de la planta primera de esta nave. Con este conjunto se pueden anclar los conductos de varias formas como se ve a continuación, paralelos al perfil o perpendiculares a él.

Si el conducto está paralelo al perfil sólo haría falta un conjunto de sujeción cada 1,5m.

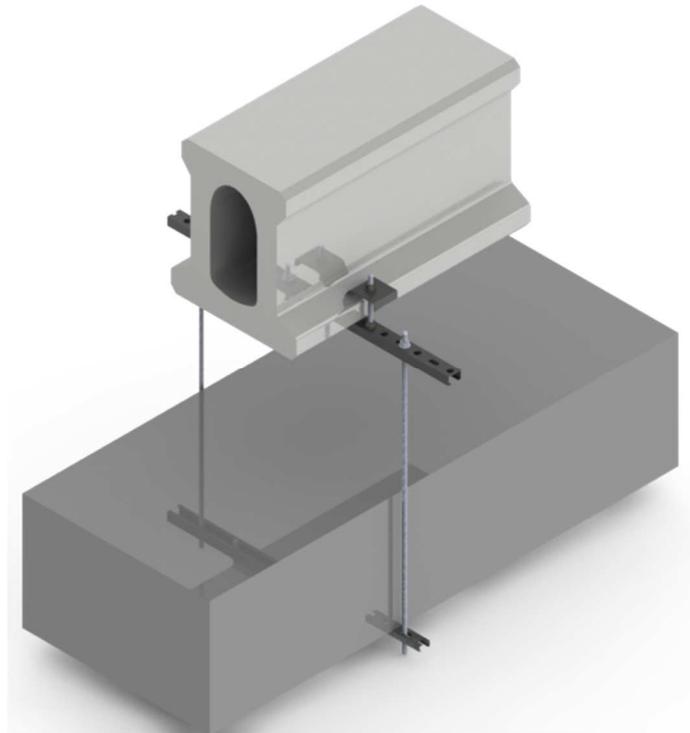


Imagen 57. Conducto de aire acondicionado paralelo a perfil instalado en sistema propuesto.

Sin embargo si el conducto está perpendicular al perfil, para sujetarlo harían falta 2 conjuntos.

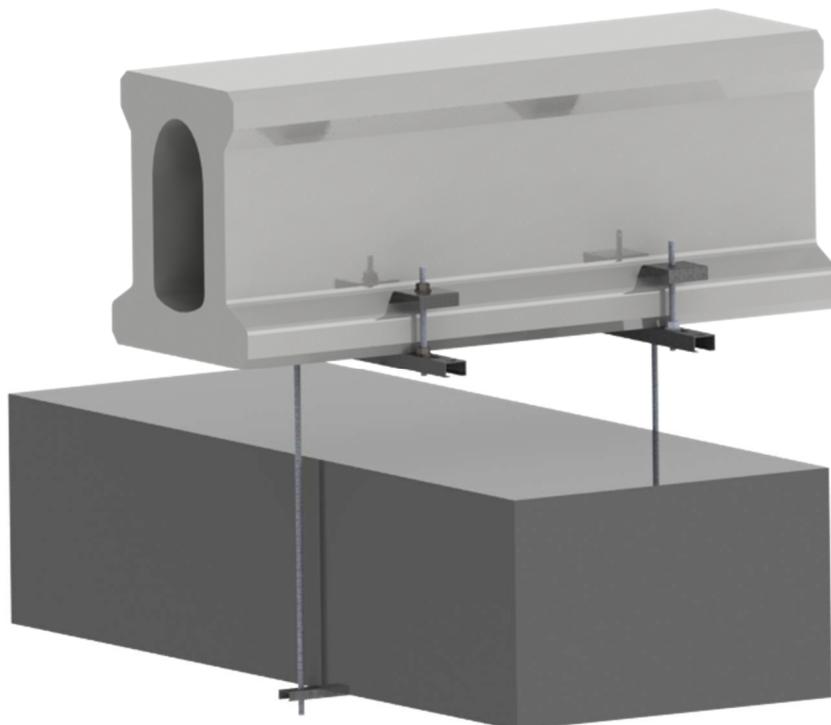


Imagen 58. Conducto de aire acondicionado perpendicular a perfil instalado en sistema propuesto.

10.3. PROCESO DE FABRICACIÓN

Se ha desarrollado este conjunto en el taller. Primeramente con la cortadora dobladora se cortó la pieza desarrollada de una plancha de acero galvanizado de 1,50 mm de espesor.



Imagen 59. Corte de chapa de acero galvanizado.

Se cortó en plano por lo que después se dobló con los ángulos necesarios, primero se realizó el de 90° y después el de 58°.



Imagen 60. Doblado de chapa de acero galvanizado.

Teniendo ya esto se realizó el taladro de 8mm de diámetro a la pieza en el taladro vertical.



Imagen 61. Taladro de 8mm de diámetro en chapa.

Este es el resultado final de la pieza.



Imagen 62. Prototipo de pieza.

Los demás elementos se tenían por lo que se procedió al ensamblaje de todos ellos para el ensayo real final.



Imagen 63. Montaje del sistema de sujeción.



Imagen 64. Sistema de sujeción sobre perfil de hormigón pretensado.

10.4. POSIBLES UTILIZACIONES DEL CONJUNTO

Es muy versátil y está diseñado para perfiles de ala inclinada y plana, además también se puede utilizar no sólo para un perfil, sino también para colocarlo entre 2 perfiles.

Todo esto lo podemos ver a continuación en las distintas imágenes.

- **Perfil prefabricado de hormigón**

A continuación se muestran imágenes de la solución planteada en un perfil prefabricado de hormigón armado pretensado.

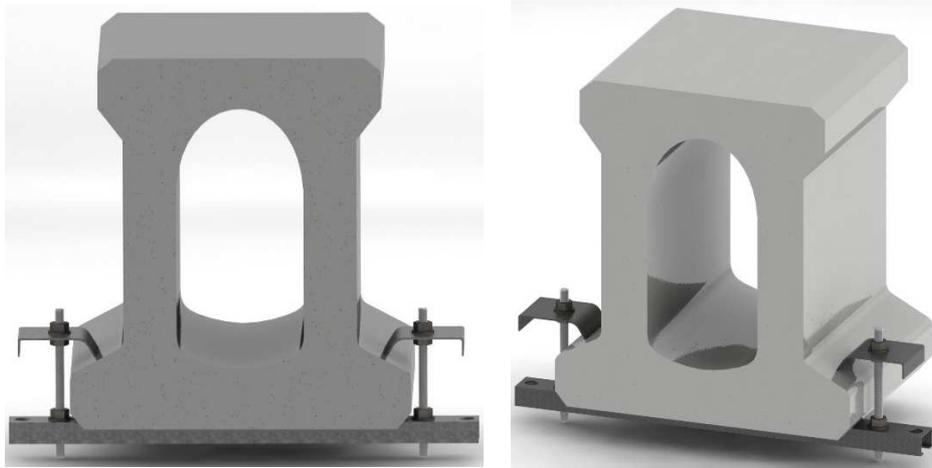


Imagen 65. Sistema de sujeción sobre perfil de hormigón pretensado.

- **Perfil metálico**

A continuación se muestran imágenes de la solución planteada en un perfil metálico de acero de ala plana.

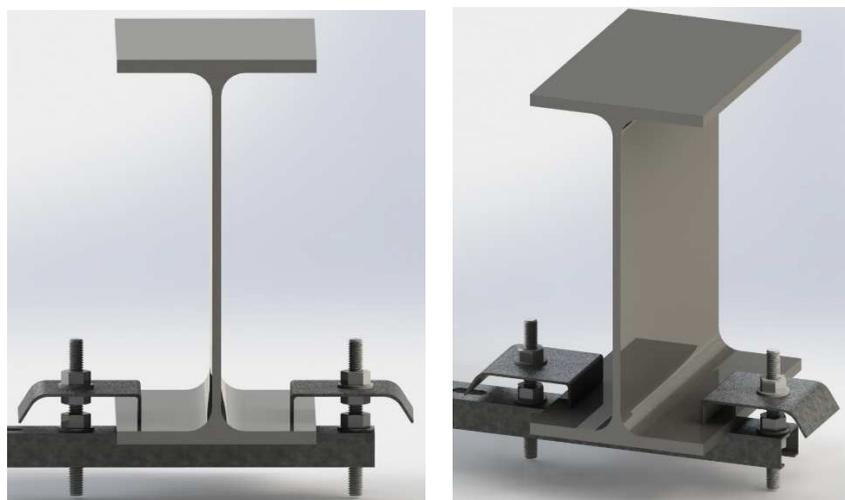


Imagen 66. Sistema de sujeción sobre perfil metálico.

- **Entre 2 perfiles prefabricados**

También se podrían plantear entre dos perfiles separados cierta distancia, como los solemos encontrar en las cubiertas de las naves.

A continuación se muestran imágenes de la solución planteada entre dos perfiles prefabricados de hormigón armado pretensado.

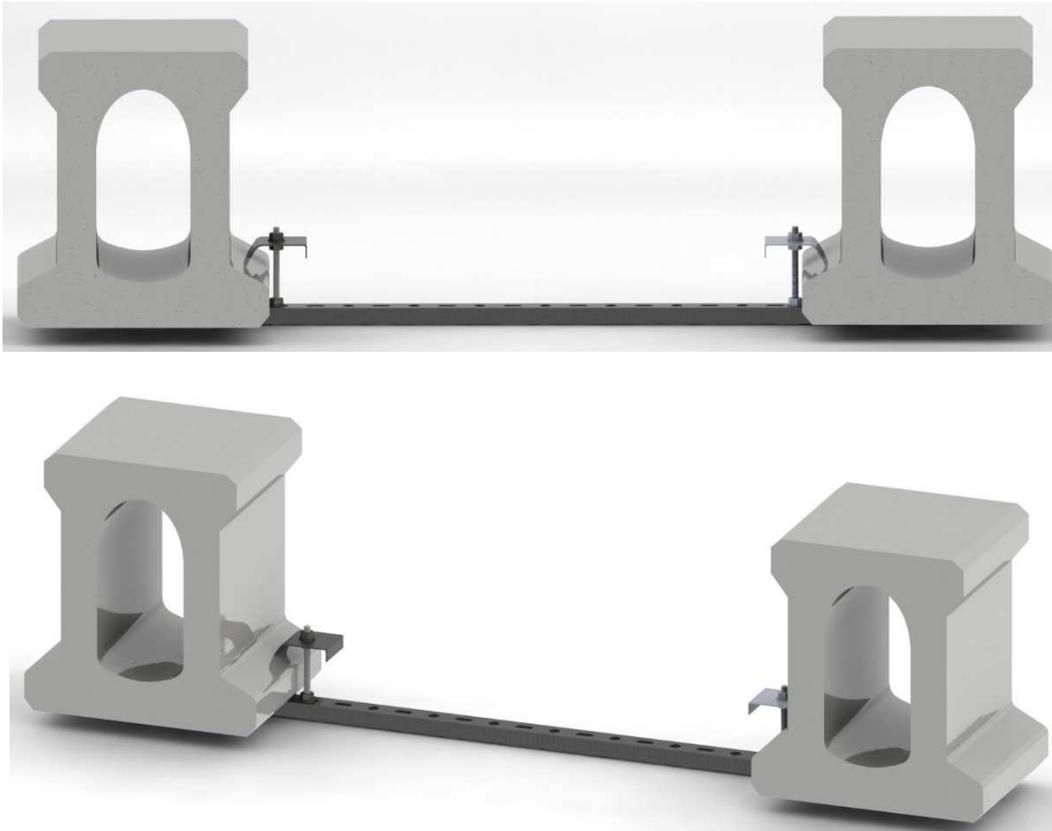


Imagen 67. Sistema de sujeción sobre 2 perfiles de hormigón pretensado.

- **Entre 2 perfiles metálicos**

A continuación se muestran imágenes de la solución planteada entre dos perfiles metálicos.



Imagen 68. Sistema de sujeción sobre 2 perfiles metálicos.

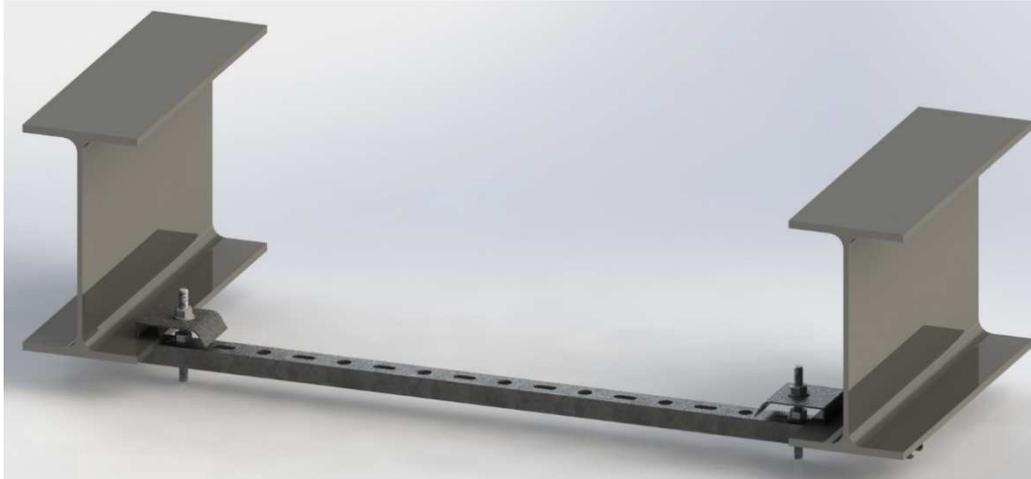


Imagen 69. Sistema de sujeción sobre 2 perfiles metálicos.

- **Entre perfil prefabricado de hormigón y metálico**

La solución planteada a continuación es difícil de encontrar en la vida real, pero se plantea para comprobar que también se podría utilizar entre un perfil de hormigón y otro metálico.

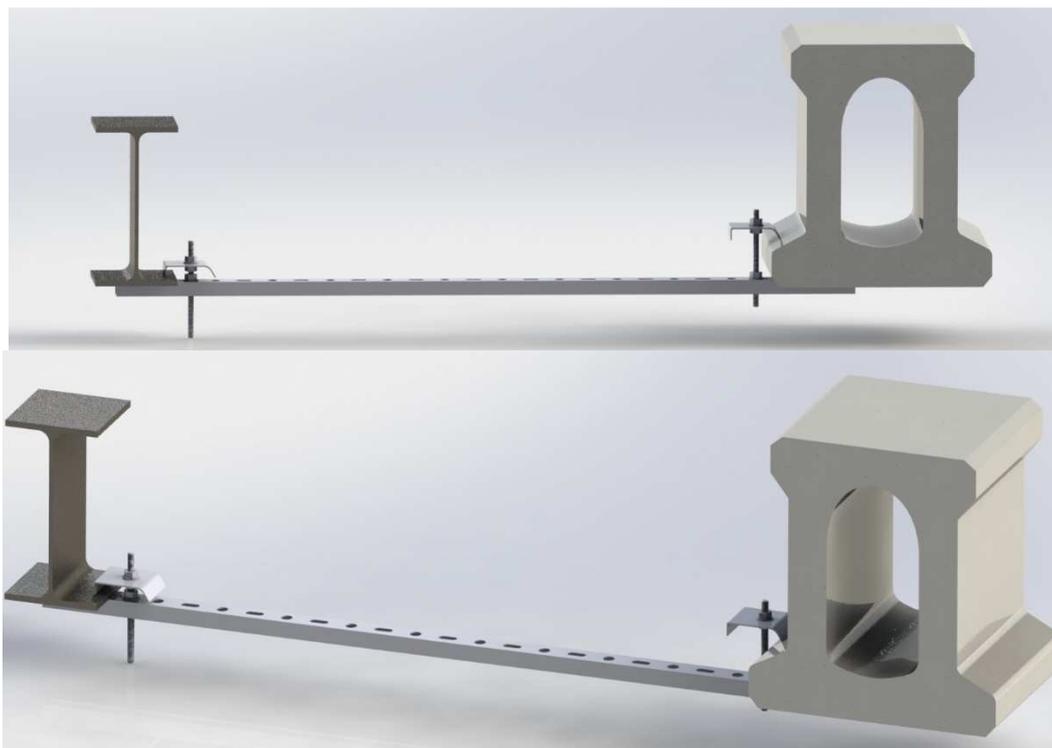


Imagen 70. Sistema de sujeción sobre 2 perfiles de hormigón pretensado.

10.5. SISTEMA MECÁNICO. CÁLCULOS

Se pretende saber en este punto que carga máxima podrá soportar el conjunto diseñado. Para ello se analiza el conjunto y se ve que dependiendo de dónde se aplique la fuerza, ésta siempre se distribuirá a los apoyos de la pieza con la vigueta, y que un punto de conflicto también será la varilla roscada, ya que es donde se creará un momento que es el que se debe estudiar para que nunca se supere el máximo admisible.

Para saber cuál es el momento admisible de la varilla buscamos en tablas de fabricantes, en función del diámetro y del material.

Se realizan los cálculos con una varilla de acero zincado, hay que decir que si se mejora este material y se usa varilla de acero galvanizado, el momento admisible es mayor.

Como normalmente en este tipo de instalaciones se usa algo barato para este tipo de sujeciones, se realizan los cálculos con lo más desfavorable, por lo que si los materiales y las calidades se mejoran, también se podrá usar el conjunto para mayores pesos de conductos.

Tabla 47. Propiedades mecánicas varilla roscada.

Propiedades mecánicas		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
Parte roscada								
f_{uk} (N/mm ²)	Resistencia mín. a tracción	600	600	600	600	520	520	520
f_{yk} (N/mm ²)	Límite de elasticidad	420	420	420	420	420	420	420
A_s (mm ²)	Sección resistente	36.6	58	84.3	157	227	326.9	522.8
W_{el} (mm ³)	Módulo de inercia en flexión	31.2	62.3	109.2	277.5	482.4	833.7	1686.0
$M^0_{Rk,s}$ (Nm)	Momento de flexión característica	22	45	78	200	301	520	1052
M (Nm)	Momento de flexión admisible	9.0	18.4	31.8	81.6	122.9	212.2	429.4

Con el dato del momento de flexión admisible, calcularemos el mayor peso que podría soportar el conjunto realizado.

- Para perfiles de hormigón pretensado, como los de la estructura de la nave de este proyecto:

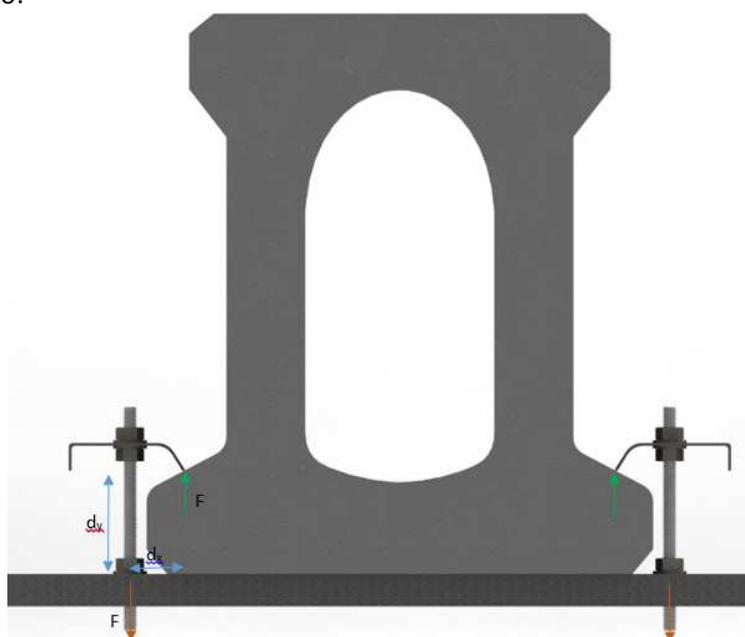
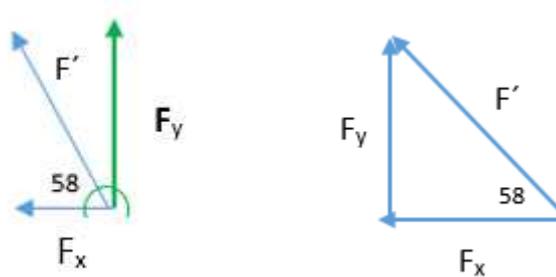


Imagen 71. Esquema de fuerzas aplicadas.

$$d_x = 0,037 \text{ m}$$

$$d_y = 0,042 \text{ m}$$

$$F_y = F$$



Hacemos los cálculos prueba con $F=100 \text{ N}$

$$F_y = 100 \text{ N}$$

$$\text{tg } 58^\circ = \frac{100}{F_x} \quad F_x = 62,49 \text{ N}$$

$$M_1 = F_y \cdot d_x = 100 \text{ (N)} \cdot 0,037 \text{ (m)} = 3,7 \text{ (N}\cdot\text{m)}$$

$$M_1 = F_x \cdot d_y = 62,49 \text{ (N)} \cdot 0,042 \text{ (m)} = 2,62 \text{ (N}\cdot\text{m)}$$

Entonces el mayor momento, con las distancias que tenemos, será M_2 con F_y .

El momento de flexión admisible sacado de la tabla es $9 \text{ N}\cdot\text{m}$, por lo que sacaremos la F máxima admisible que puede soportar el conjunto, que será F_y .

$$M = 9 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M = F_y \cdot d_x$$

$$M_{\text{adm}} = M_{\text{pieza}}$$

$$9 \text{ N}\cdot\text{m} \geq F_y \cdot d_x$$

$$9 \text{ N}\cdot\text{m} \geq F_y \text{ (N)} \cdot 0,037 \text{ (m)}$$

$$F_{y \text{ max}} \geq 243,24 \text{ N} = 24,82 \text{ Kg en cada lado, o } 49,64 \text{ kg en total.}$$

- Para perfiles metálicos de ala plana:

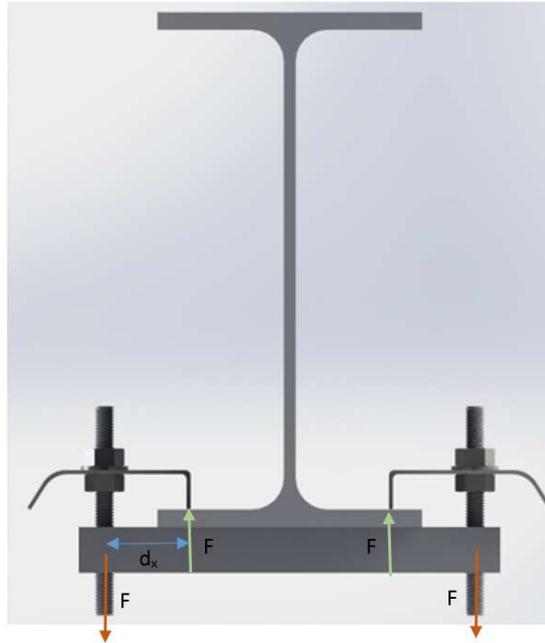


Imagen 72. Esquema de fuerzas aplicadas.

La distancia d_x varía en función de si el perfil es pequeño o grande, por lo que calcularemos los dos tipos

- Para perfiles metálicos pequeños (entre 80 y 140)

$$d_x = 23,45 \text{ mm} = 0,02345 \text{ m}$$

$$M = F \cdot d_x$$

$$M_{adm} = M_{pieza}$$

$$9 \text{ N}\cdot\text{m} \geq F \cdot d_x$$

$$9 \text{ N}\cdot\text{m} \geq F (\text{N}) \cdot 0,02345 (\text{m})$$

$$F_{max} \geq 383,80 \text{ N} = 39,12 \text{ Kg en cada lado, o } 78,24 \text{ kg en total.}$$

- Para perfiles metálicos grandes (a partir de 160)

$$d_x = 32,40 \text{ mm} = 0,0324 \text{ m}$$

$$M = F \cdot d_x$$

$$M_{adm} = M_{pieza}$$

$$9 \text{ N}\cdot\text{m} \geq F \cdot d_x$$

$$9 \text{ N}\cdot\text{m} \geq F (\text{N}) \cdot 0,0324 (\text{m})$$

$$F_{max} \geq 281,25 \text{ N} = 28,67 \text{ Kg en cada lado, o } 57,34 \text{ kg en total.}$$

En todos estos cálculos no se ha tenido en cuenta la fuerza de rozamiento, porque se tomará como coeficiente de seguridad.

11. ENSAYOS

11.1. ENSAYOS VIRTUALES (ELEMENTOS FINITOS)

Se han realizado varios ensayos de elementos finitos del conjunto, con distintas cargas aplicadas para comprobar los cálculos realizados anteriormente y ver si soporta más o menos carga que la estudiada.

En principio los cálculos anteriores para el perfil de hormigón pretensado dicen que la varilla podría soportar una carga máxima de 49,64 kg, con la fuerza de rozamiento como coeficiente de seguridad.

Ésta será la primera comprobación a realizar. Primeramente se asigna el material a las piezas y se crean los contactos, sujeciones y mallado del conjunto. Se ha puesto la viga y su contacto con la pieza a estudio como geometría fija y se han aplicado 2 fuerzas externas de 250N cada una, simulando el peso que soporta el conjunto, en los dos extremos de las varillas.

Los resultados son los mostrados en las siguientes imágenes. Con las tensiones de von Mises vemos las zonas donde se agrupan las tensiones que en este caso son los puntos en contacto con la varilla y la pieza a estudio. Lo mismo pasa en las imágenes de desplazamientos y deformaciones unitarias.

- **Tensiones von Mises**

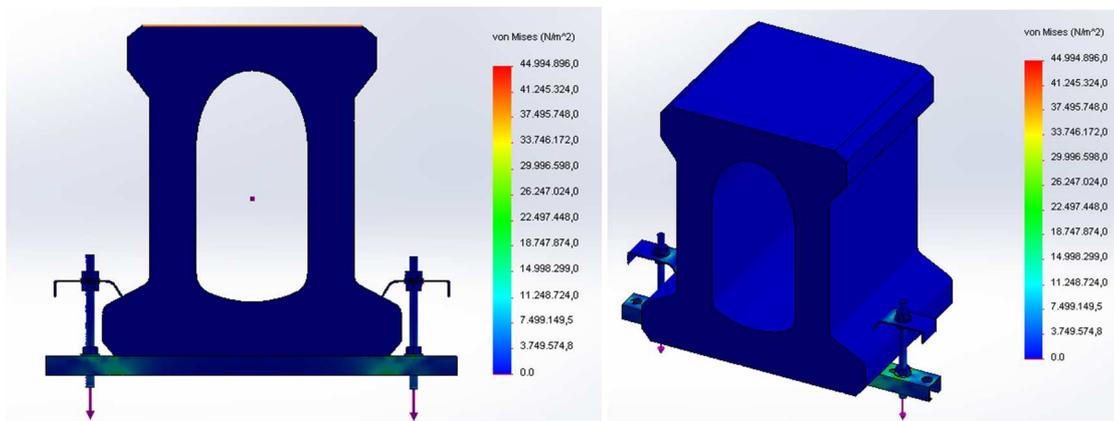


Imagen 73. Estudio de tensiones Von Mises.

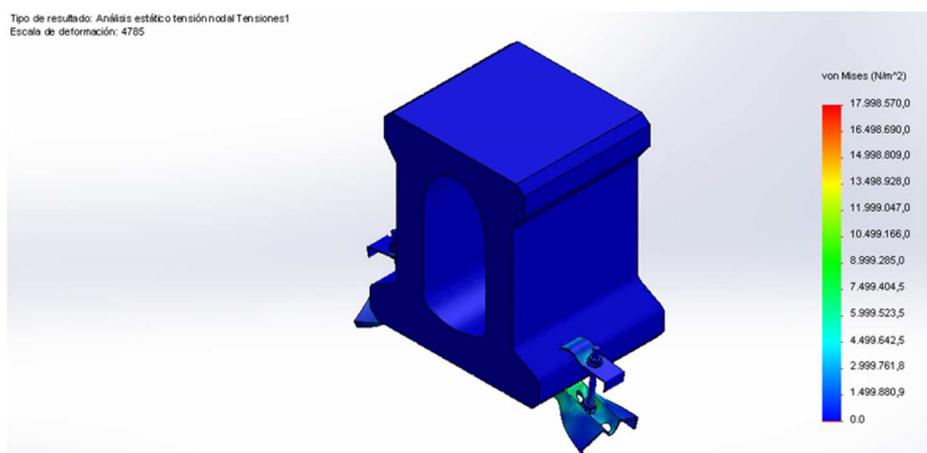


Imagen 74. Estudio de tensiones Von Mises a escala de deformación 4785.

- **Desplazamientos**

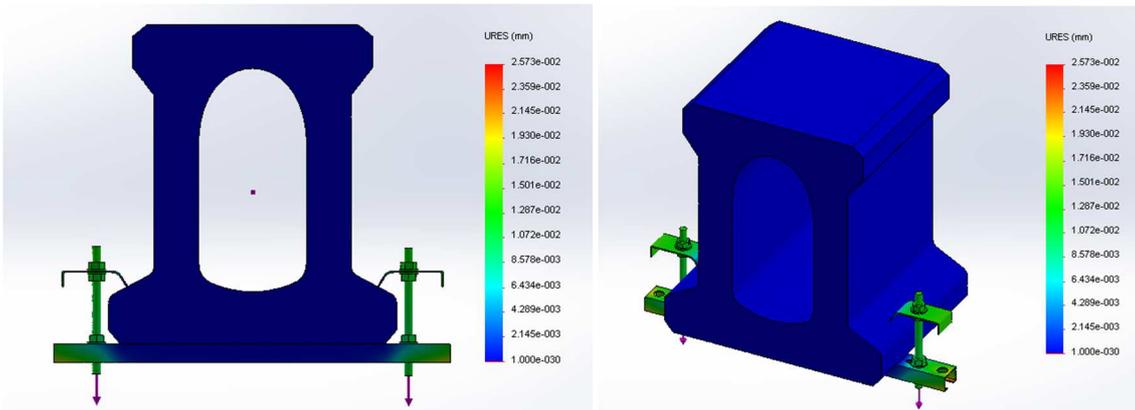


Imagen 75. Estudio de desplazamientos.

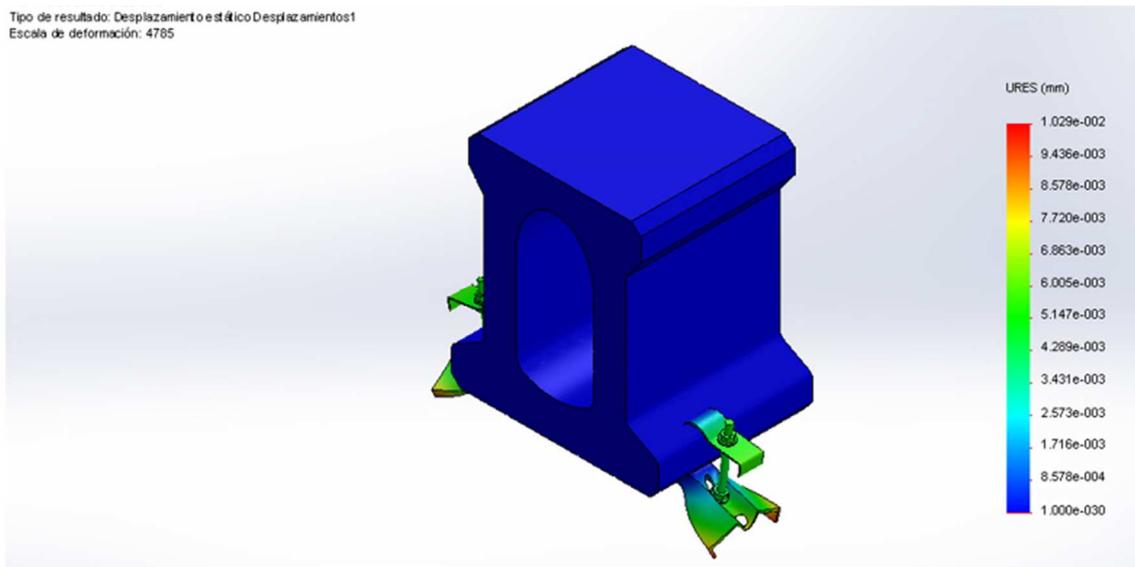


Imagen 76. Estudio de desplazamientos a escala de deformación 4785.

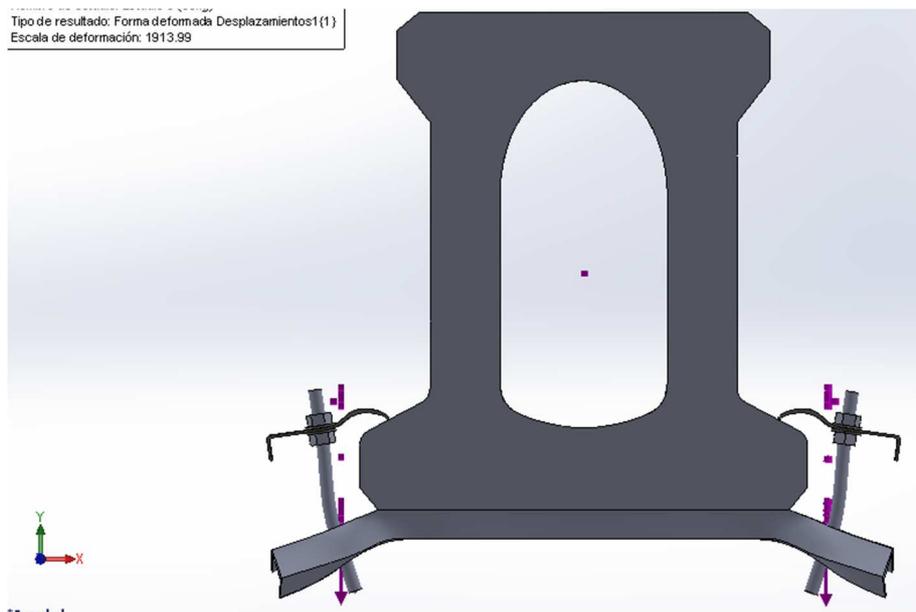


Imagen 77. Estudio de desplazamientos a escala de deformación 1913.99.

- **Deformaciones unitarias**

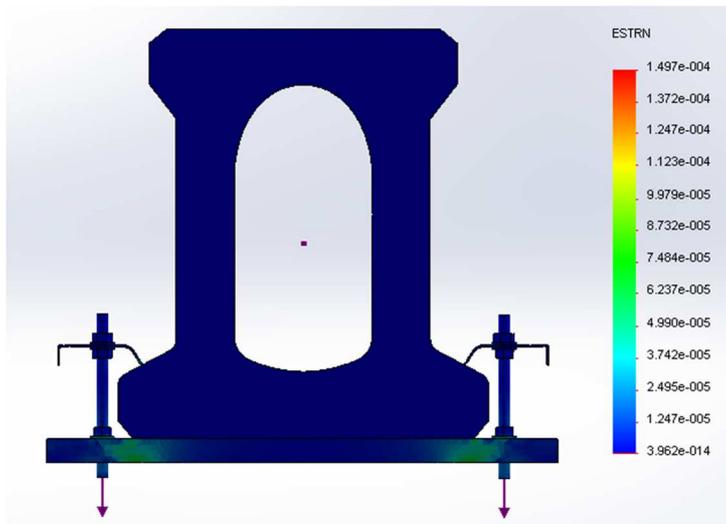


Imagen 78. Estudio de deformaciones unitarias.

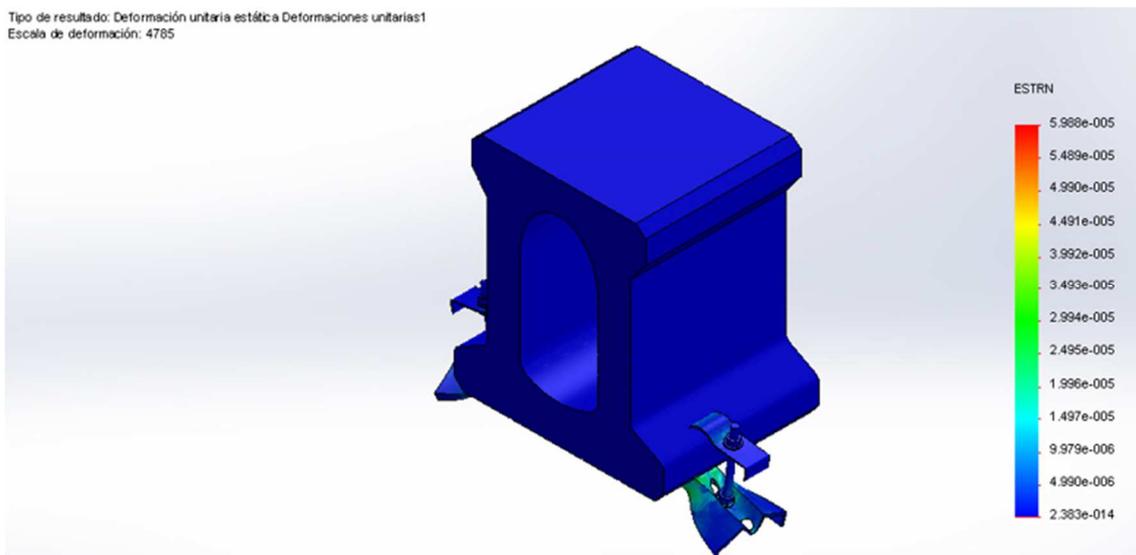


Imagen 79. Estudio de deformaciones unitarias a escala de deformación 4785.

- **Factor de seguridad**

En este estudio también es importante el factor de seguridad, por lo que al calcularlo se observa que es de 6, lo cual significa que podría funcionar bien.

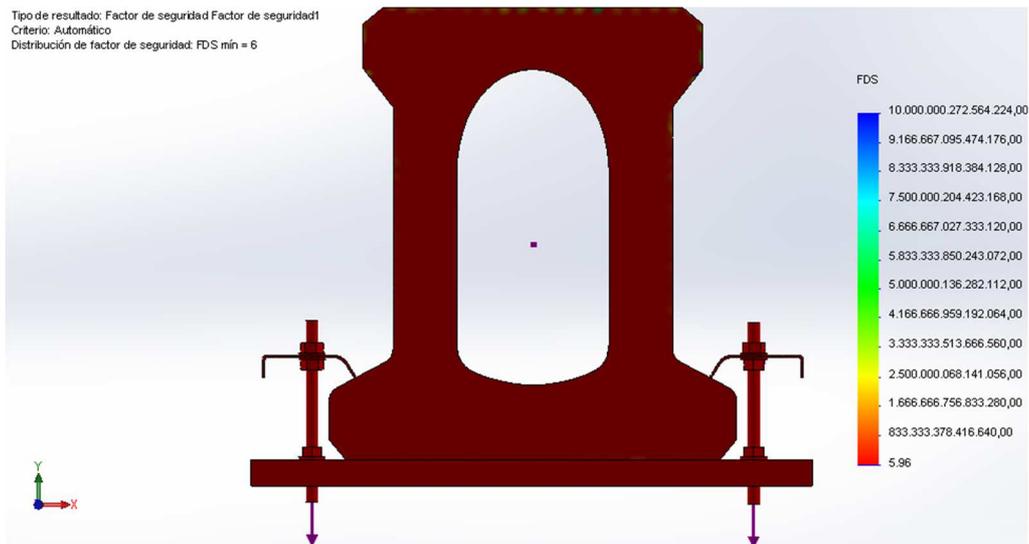


Imagen 80. Factor de seguridad.

Se realizan estos mismos ensayos para una fuerza mayor, que se pueden ver en el anexo 5.

11.2. ENSAYOS REALES

Se ha ensayado el conjunto con un perfil cedido por una empresa cercana y aplicándole una carga externa total de 22 kg, que sería similar al primer estudio de elementos finitos, en el que se aplican 20 kg. Con esto se quiere comprobar que el análisis de elementos finitos es fiable y está bien realizado.

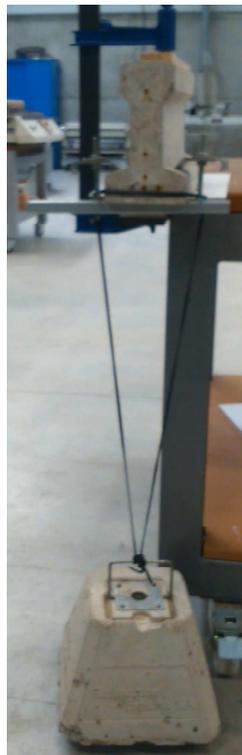


Imagen 81. Ensayo del conjunto con peso de 22kg.

Se puede ver que lo soporta perfectamente. Como detalle decir que de un lado no ha sufrido deformación visible, sin embargo del lado izquierdo ha flexado un poco la varilla, como se puede ver en las siguientes imágenes. Esto puede ser debido a que la carga se ha colocado sin apoyos fijos y puede ser que no estuviera bien apretada la pieza. Aun así es una deformación mínima subsanable.



Imagen 82. Conjunto desarrollado después de aplicarle la carga.

Desmontando la estructura, se ha podido observar que era un fallo de aprieta de las arandelas y roscas ya que no se observa deformación visible en la varilla.

12. PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUJECIÓN

Tabla 48. Presupuesto sistema de sujeción.

Presupuesto				
<i>Ud</i>	<i>Resumen</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Importe total (€)</i>
SISTEMA DE SUJECIÓN				
PIEZA DESARROLLADA				
M2	CHAPA GALVANIZADA 1,5 mm DE ESPESOR	0,0085	70,10	0,60
MIN	EJECUCIÓN DE CORTADO, DOBLADO Y TALADRADO	10,00	20 €/h	3,33
TOTAL PIEZA DESARROLLADA				3,93
ELEMENTOS				
ML	VARILLA ROSCADA ACERO ZINCADO	0,40	1,1800	0,47
ML	CANAleta ACERO GALVANIZADO	0,50	3,90	1,95
Ud	TUERCAS ACERO GALVANIZADO	8,00	0,0110	0,09
Ud	ARANDELAS ACERO GALVANIZADO	8,00	0,0092	0,07
TOTAL ELEMENTOS				2,58
TOTAL SISTEMA DE SUJECIÓN				6,51
BENEFICIO			20%	1,30
TOTAL SISTEMA DE SUJECIÓN				7,88
IVA			21%	1,65
TOTAL SISTEMA DE SUJECIÓN CON IVA				9,53

No se ha tenido en cuenta la mano de obra de su puesta en obra ya que correría a cargo de la empresa instaladora.

Estos precios son orientativos, ya que si esto se fabricase a nivel industrial los costes serían menores.

13. CONCLUSIONES

- **Reducción del 54% del consumo de energía no renovable para disminuir la emisión de gases invernadero.**

Limitar la emisión de gases de efecto invernadero para mitigar el calentamiento global y fomentar la eficiencia energética era un objetivo importante de este proyecto, por lo que se han estimado los valores esperados de energía primaria consumida para poder reducirlos o transformarlos en renovables.

En este proyecto con el diseño de las instalaciones planteadas se han conseguido reducir un 54% el consumo de energía no renovable, superior al 50% planteado como objetivo.

Todo esto se ha conseguido diseñando las diferentes instalaciones de climatización, ventilación y generación de calor conjuntamente y no individualmente, para así llegar a la solución más adecuada y trabajar conjuntamente optimizando todas las máquinas y conseguir buenos resultados conjuntamente. Si esto no se hubiese hecho así se podrían tener máquinas de mucho rendimiento individualmente pero que al no pensarse en el conjunto total, no se pudiese sacar todo el rendimiento de ellas, por ejemplo con el suelo radiante, al trabajar a baja temperatura si se hubiese instalado una fuente de generación de calor de alto rendimiento que aporta altas temperaturas se estaría perdiendo rendimiento ya que para este tipo de instalación de suelo radiante no son necesarias esas temperaturas.

Al elegir también la instalación de fancoils aire-agua y no una refrigeración aire-aire, también se podrá utilizar la energía que aporta la bomba de calor para esta instalación, sin embargo si se hubiese elegido la refrigeración por conductos se estaría consumiendo energía eléctrica no renovable, por lo que no ayudaría a la disminución de la emisión de gases invernadero.

- **Buena calificación energética**

Como se puede ver también en los anexos, se ha conseguido una letra C como calificación energética respecto al consumo de energía no renovable y una letra B respecto a las emisiones de dióxido de carbono.

Tratándose de una nave ya construida es una buena calificación, ya que si se construyese nueva con la normativa actual y los materiales y aislamientos que pide la nueva normativa cumpliría se obtendría una calificación parecida.

Con estos datos se puede sacar la conclusión de que con la instalación planteada y los antiguos cerramientos de los que dispone estamos obteniendo buena calificación, lo que puede suponer que nuestra instalación es muy eficiente y compensa las posibles pérdidas a través de los cerramientos.

- **Cumplimiento de normativa**

Se ha cumplido toda la normativa al respecto de naves industriales e instalaciones térmicas consiguiendo un ahorro energético, buen confort y una óptima calidad del aire interior, que nos exige la normativa con un sistema de ventilación mecánica y unas instalaciones actuales y acordes a ella.

- **Viabilidad económica con una recuperación de la inversión a medio plazo**

Se ha comprobado que el proyecto es viable técnica y económicamente, con una recuperación de la inversión de la bomba de calor en 13 años. Puede parecer un número alto, pero esto es debido a que la bomba de calor tiene un precio alto, sin embargo todos los demás componentes de la instalación como suelo radiante, ventilación y fancoils bajarían este plazo de inversión y se sabe que son duraderos. La instalación prevista en este proyecto se amortizaría más rápido y durará muchos años, por lo que los 13 años de la recuperación de la inversión no es algo elevado en estos casos.

También está claro que el mundo avanza muy rápido y en un futuro pueden sacar máquinas de las instaladas en este proyecto mucho mejores, por lo que una vez amortizadas se pueden cambiar por otras con mejores prestaciones que den lugar a un ahorro mucho mayor.

- **Instalaciones planteadas de alto confort**

Las instalaciones planteadas supondrían un alto confort, ya que eligiendo suelo radiante en el que el calor es aportado desde el suelo, se necesita menos energía para calentar el espacio ya que es un sistema de baja temperatura y además al aportarse desde el suelo la sensación de calor llega antes a los ocupantes. Es conveniente conseguir una mayor temperatura en el suelo que en el techo, ya que el calor en los pies produce bienestar mientras que un fuerte calor al nivel de la cabeza se traduce en malestar.

De entre todos los sistemas existentes de climatización, los sistemas radiantes son los que mejor se ajustan a la emisión óptima de calor del cuerpo humano. Con la calefacción por suelo radiante conseguimos un ambiente más agradable y fresco que con otros sistemas de calefacción tradicionales.

El suelo refrescante también produce confort, ya que puede parecer perjudicial, porque normalmente en las personas si se tienen los pies fríos, se tiene todo el cuerpo frío. Pero este sistema no trabaja igual que el suelo radiante, ya que no aportan, en este caso, frío al ambiente como lo puede hacer un aire acondicionado. En este sistema, la temperatura que circula por las tuberías no puede ser muy baja para que no se produzcan condensaciones, por ello, la carga térmica que es capaz de vencer el sistema no es mucha.

Es decir, con un sistema que en invierno obtiene unas condiciones de confort, en verano sólo consigue un ligero refrescamiento, que en la ubicación de este proyecto podría ser suficiente.

Y en el caso de que no lo sea ya se ha previsto una preinstalación de aire acondicionado, por lo que el confort en cualquiera de las ocasiones está asegurado.

- **Producto superficial sin dañar elementos estructurales**

Se ha diseñado un sistema superficial en el que no habría que taladrar las viguetas, como habitualmente se hace para no dañar su estructura. El único inconveniente es que cabe la posibilidad de que al coger mucho peso pueda desgastar la vigueta en la parte de contacto con la pieza. Aunque está diseñado para sujetar conductos, que no superarían nunca los límites de pesos estudiados, este desgaste nunca será mayor que el que puede ocasionar un taladro en la propia vigueta.

- **Producto manejable de fácil instalación**

Este era un objetivo a la hora de diseñar el producto que probándolo en taller se ha comprobado que es sencillo y fácil de manejar. El único inconveniente que se podría sacar es que al llevar 4 tornillos puede ser algo más complicada su instalación, por lo que se podría estudiar un rediseño que incluya menos partes de fijación manual, o que alguna parte venga ya ensamblada de taller.

- **Producto versátil para varios tipos de perfiles**

Esto sí se ha cumplido, se ha creado un conjunto que debido a la pieza con distintos ángulos en sus dos extremos, puede ser utilizada tanto en perfiles metálicos y de hormigón con ala plana o inclinada.

En el caso de instalarlos entre dos perfiles separados cierta distancia, habría que estudiar más detenidamente si el sistema de sujeción planteado soportaría la carga entre ellos, ya que la distancia es mayor, aunque tenemos la ventaja de que los conductos de las instalaciones estudiadas no tienen gran peso, por lo que aunque el estudio de elementos finitos diese menos carga posible aplicada, estos conductos nunca superarían esa carga.

- **Bajo coste**

Su coste es algo mayor que el de otro sistema similar en el mercado. Aunque se ha realizado un presupuesto lo más real posible, este se podría disminuir si se fabricase el producto en serie.

Al tener que aplicar el precio de este accesorio al ML de conducto o tubería, este podría ascender bastante y el cliente siempre querrá algo más barato. Pero al fabricarlo en serie este precio no sería tan elevado y podría venderse, ya que sólo se le añaden 2 varillas y dos piezas nuevas desarrolladas, a lo que normalmente se suele instalar, por lo que el precio no aumentará mucho a la hora de vender el conjunto de tubería y accesorio.

14. BIBLIOGRAFÍA

Gobierno de España. Ministerio de Fomento (2013). *CTE: Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Ahorro de Energía. Documento Básico de Salubridad.*

Gobierno de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2013). *RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.*

Industrial Blansol. *Manual Técnico Suelo Radiante Barbi.*

Uponor. *Manual Técnico de Climatización Invisible.*

Paulino Rivas (2016). *Ahorro energético con Aerotermia.* Instalaciones y eficiencia energética.

Emilio Cerdá. *Energía obtenida a partir de biomasa.* Universidad Complutense de Madrid.

IDEA (2007). *Energía de la biomasa.* Madrid

EURELECTRIC (2011). *Biomass 2020: Opportunities, challenges and solutions.* Bruselas

Isover Saint-Gobain. *Manual de Montaje Climaver, Gama Climatización.*

Sodeca. *Sistemas de Ventilación para viviendas.*

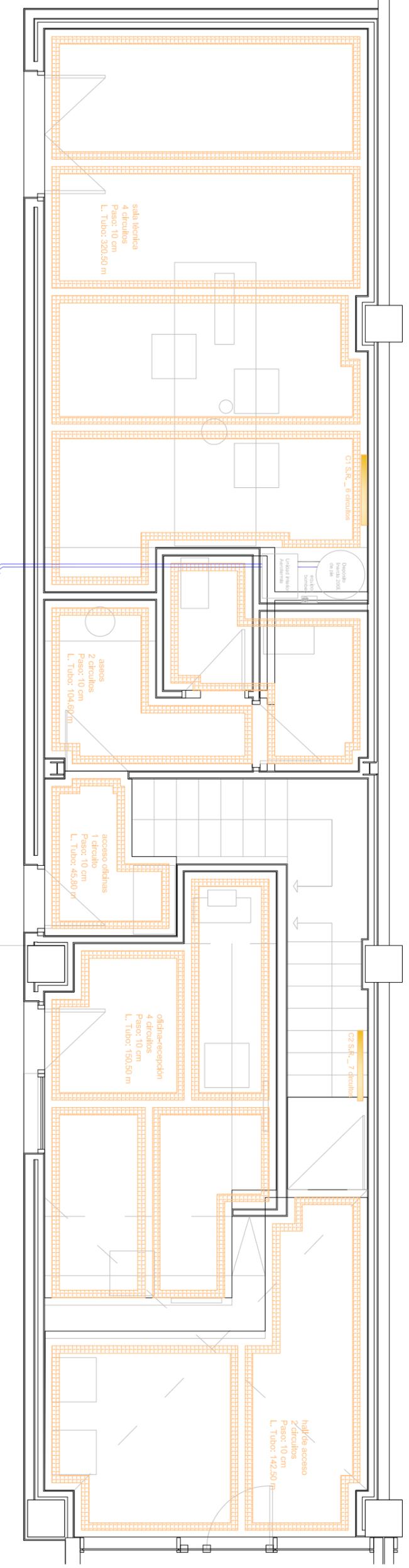
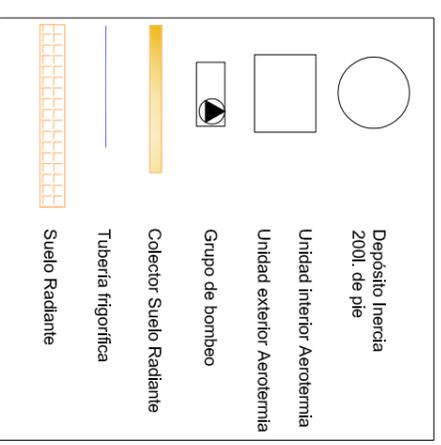
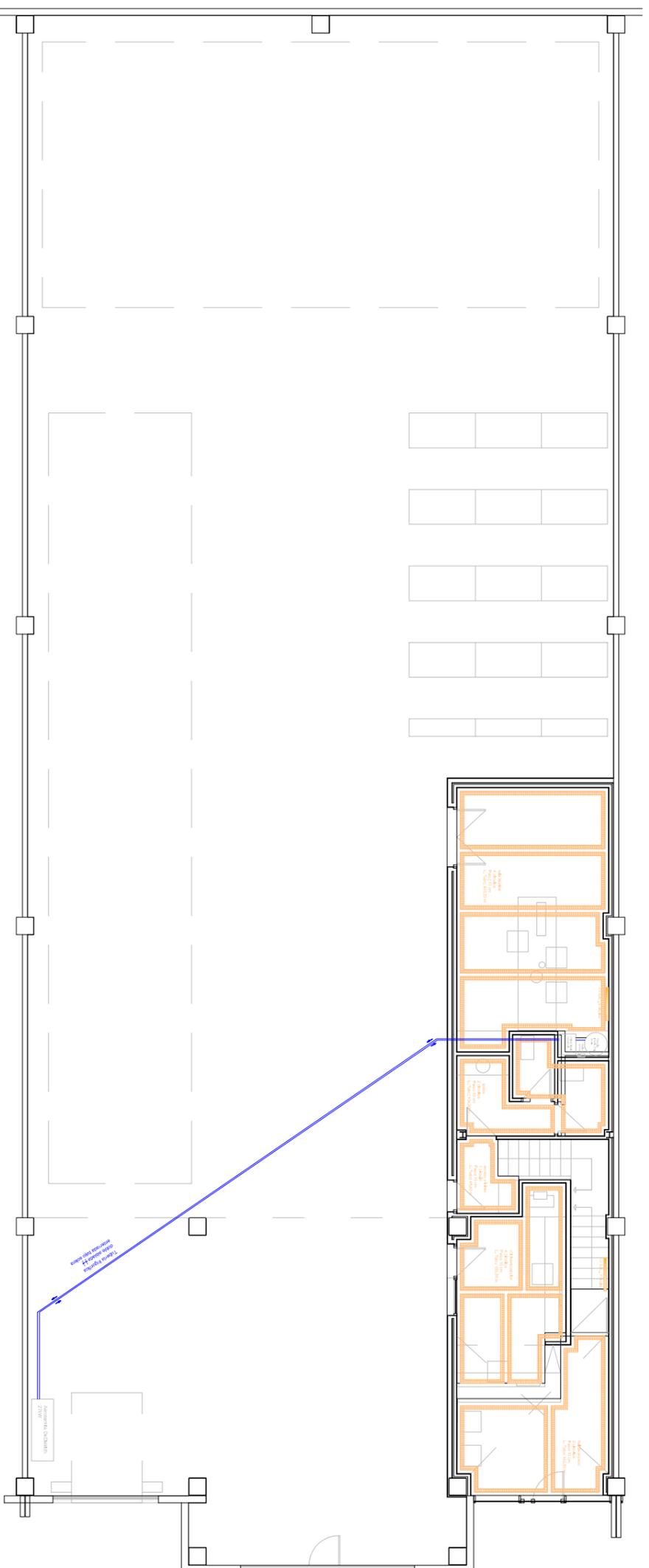
Hilti Española, S.A. *Sistemas de instalación.*

Prihoda (2013). *Conductos y difusores textiles.*

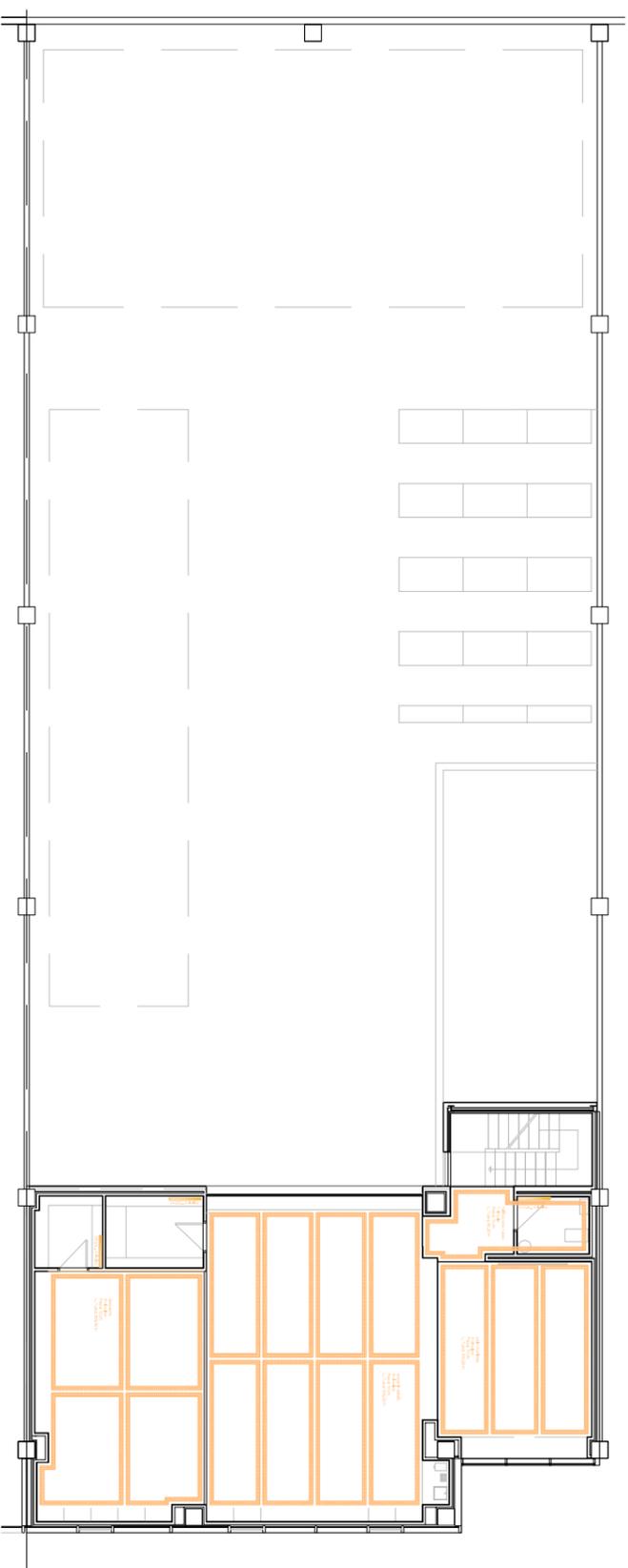
ANEXOS:

ANEXO 1: PLANOS

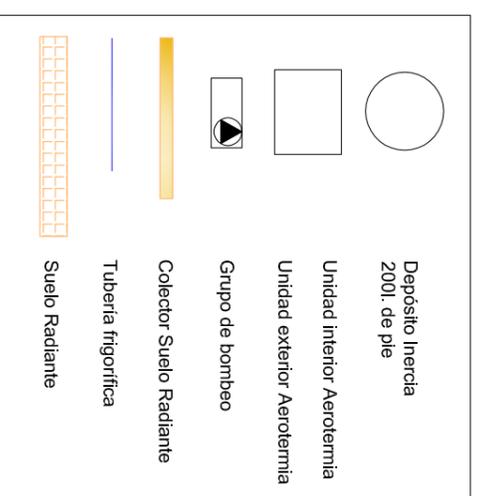
A continuación se detallan los planos de la instalación y del sistema de sujeción



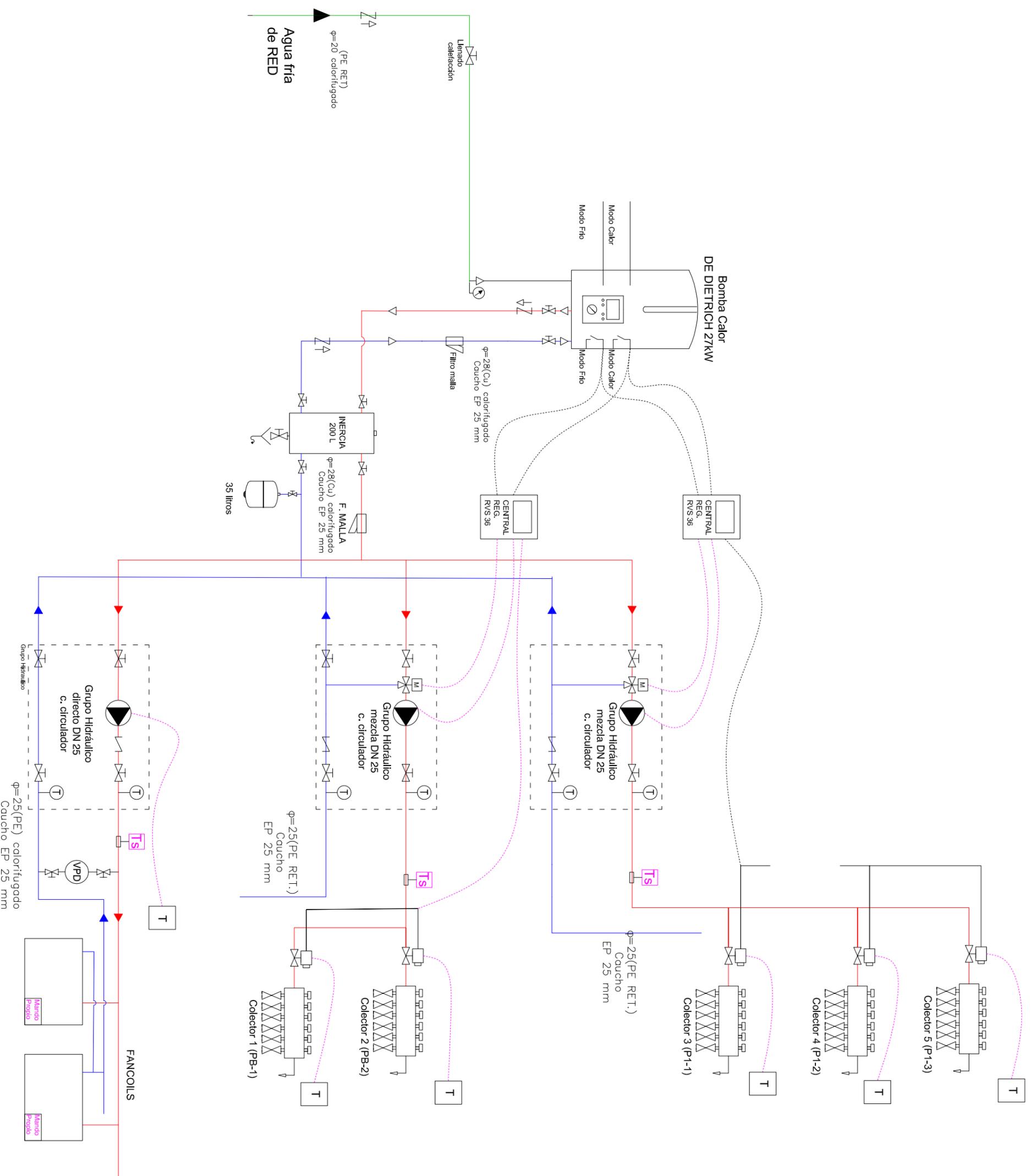
PLANTA BAJA	Superficie [m ²]	Paso (m)	Longitud tubo (m)	Nº circuitos	Colector
HALL ACCESO	14,25	0,1	142,50	2	7 circuitos
OFICINA RECEPCION	15,05	0,1	150,50	4	
ACCESO OFICINAS	4,58	0,1	45,80	1	6 circuitos
ASEOS	10,46	0,1	104,60	2	
SALA TECNICA	32,05	0,1	320,50	4	
Total Planta	76,39		763,90	13,00	

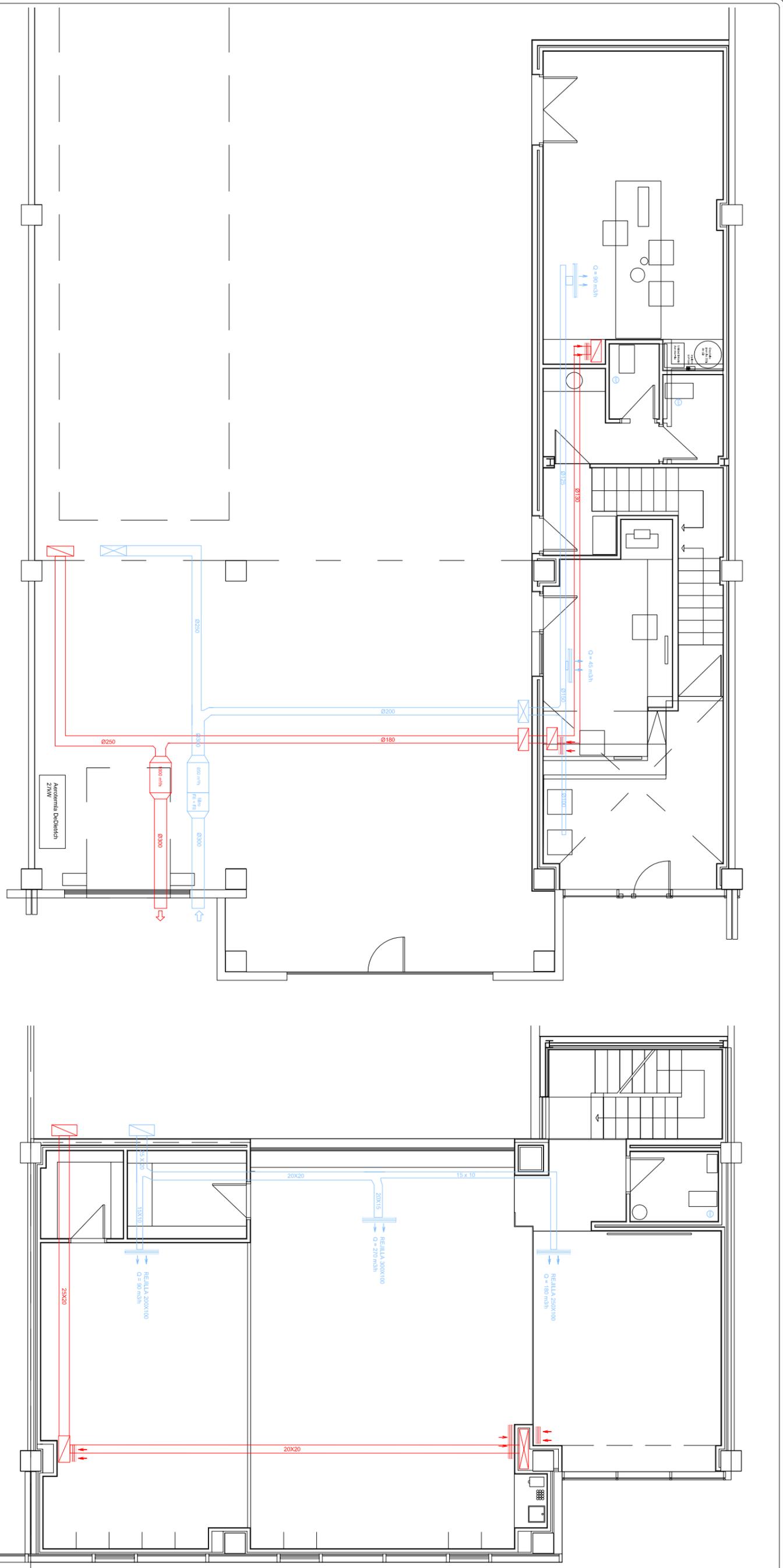


PLANTA PRIMERA	Superficie [m2]	Paso (m)	Longitud tubo (m)	Nº circuitos	Colector
ASEO	3,60	0,1	36,00	1	
HALL	5,03	0,1	50,30	0	4 circuitos
SALA REUNIONES	26,09	0,1	260,90	3	
ESPACIO TRABAJO	65,00	0,1	650,00	8	8 circuitos
DESPACHO	36,35	0,1	363,50	4	4 circuitos
Total Planta	136,07		1360,70	16,00	

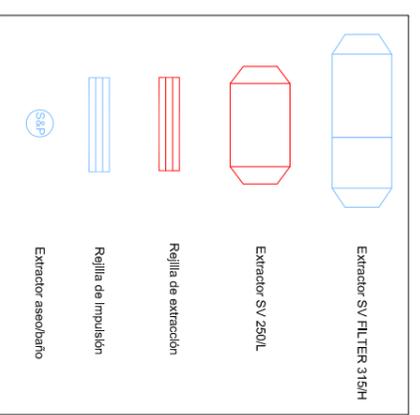


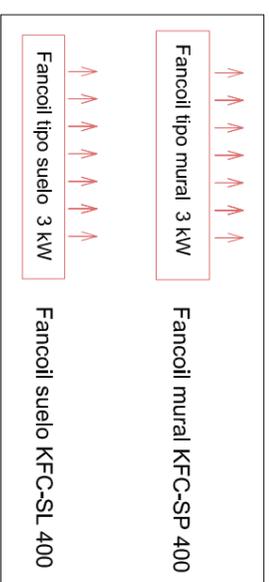
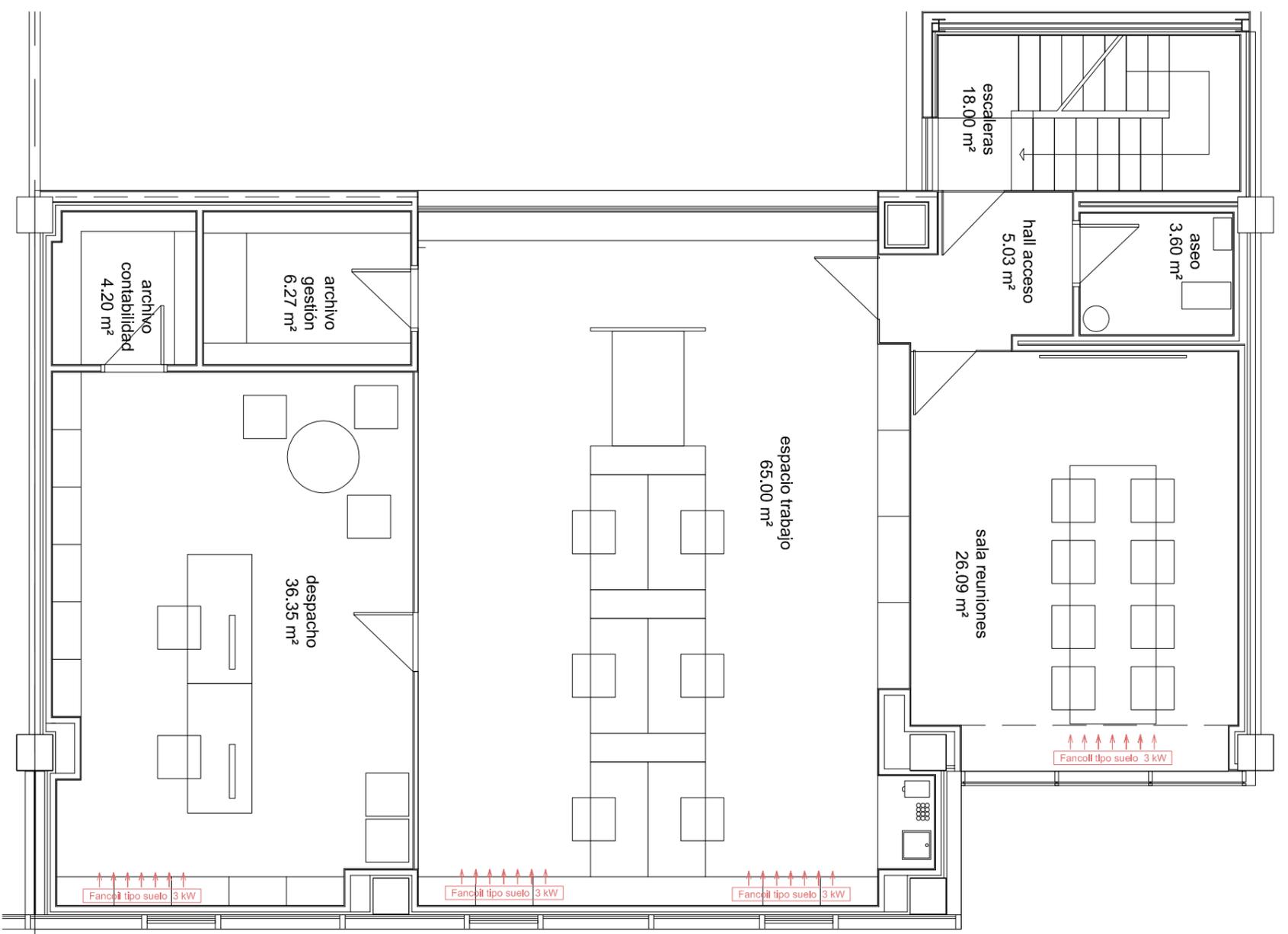
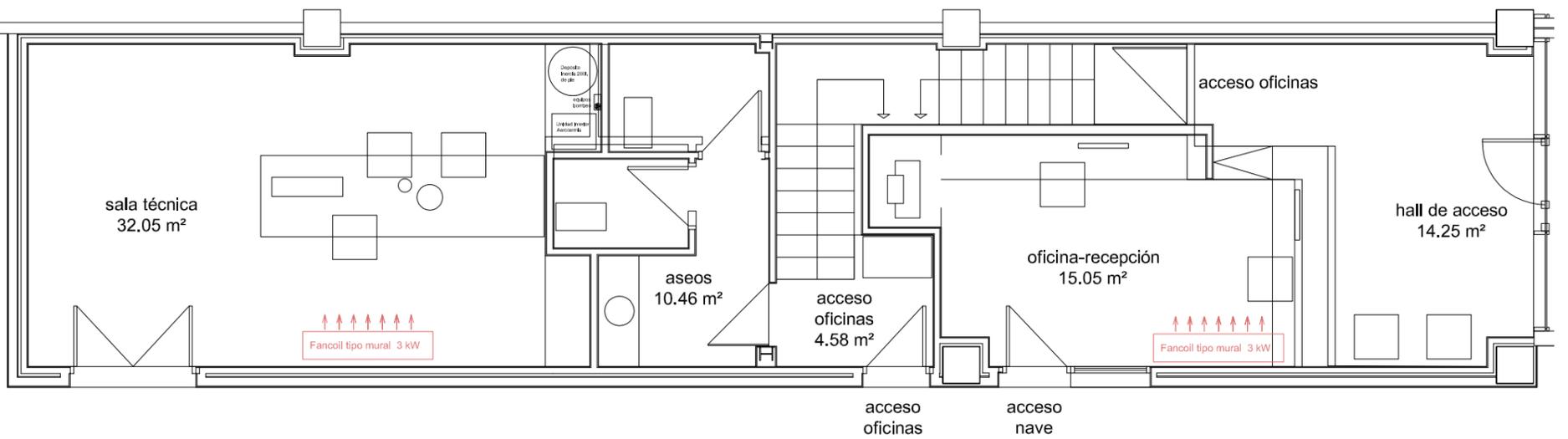
LEYENDA CALEFACCIÓN	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	Válvula de corte
	Bomba circuladora electrónica
	Filtro de malla
	Purgador automático
	Desague conducido
	Vaso de expansión
	Válvula antirretorno
	Manómetro
	Válvula de seguridad
	Válvula de presión diferencial
	Válvula termostática mezcladora
	Termómetro
	Válvula mezcladora
	Válvula divisora
	Termostato de seguridad
	Sonda de contacto
	Actuador electrotérmico

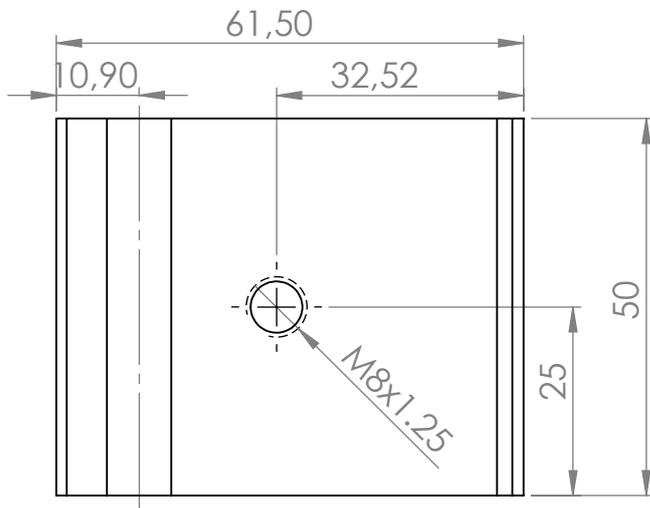
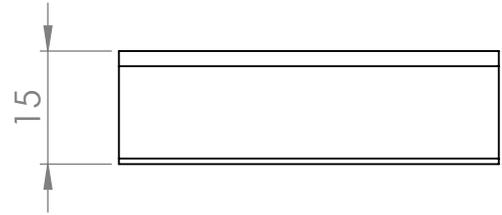
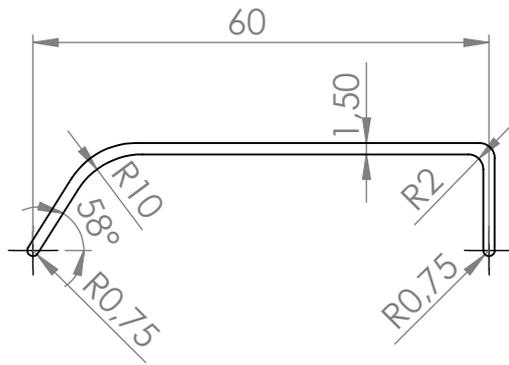


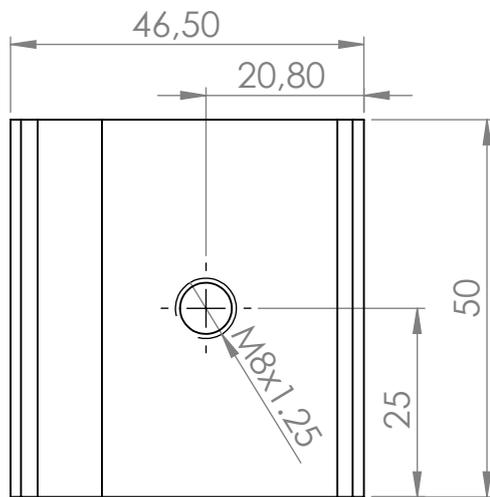
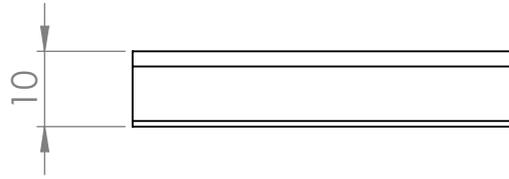
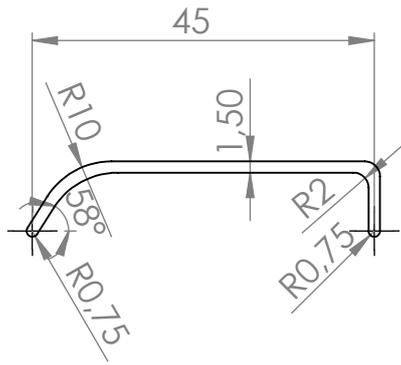


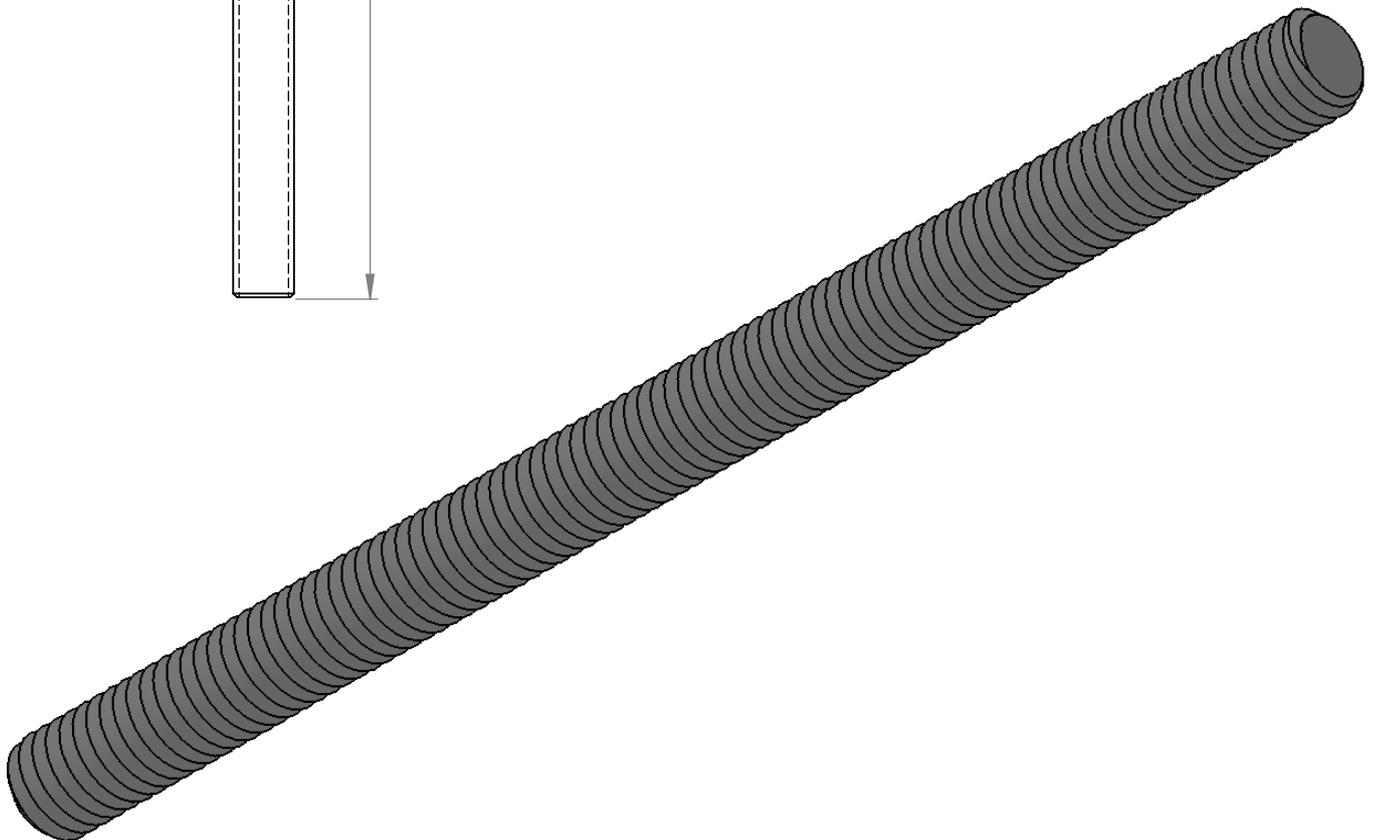
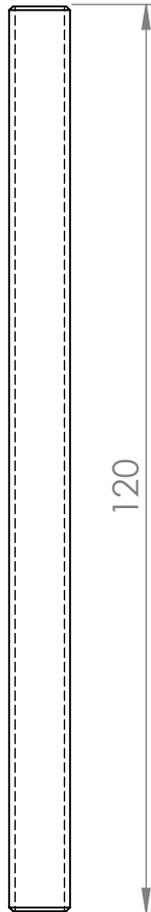
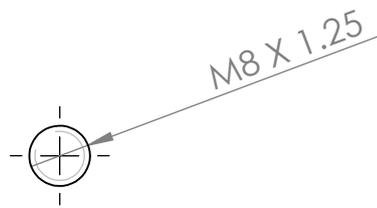
DOCUMENTACIÓN GRAFICA

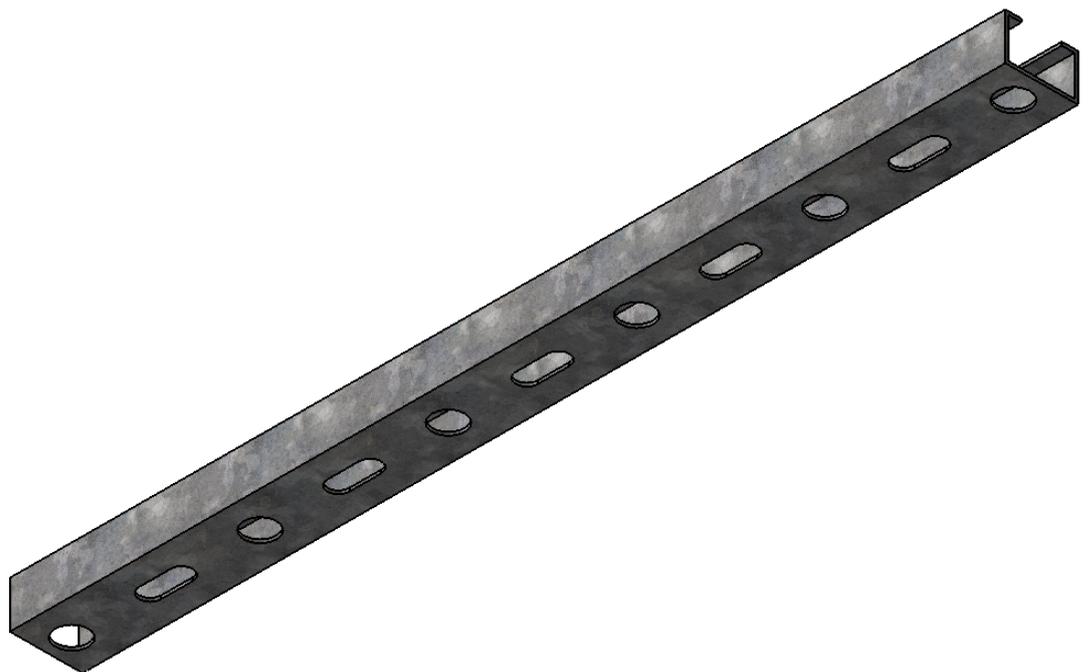
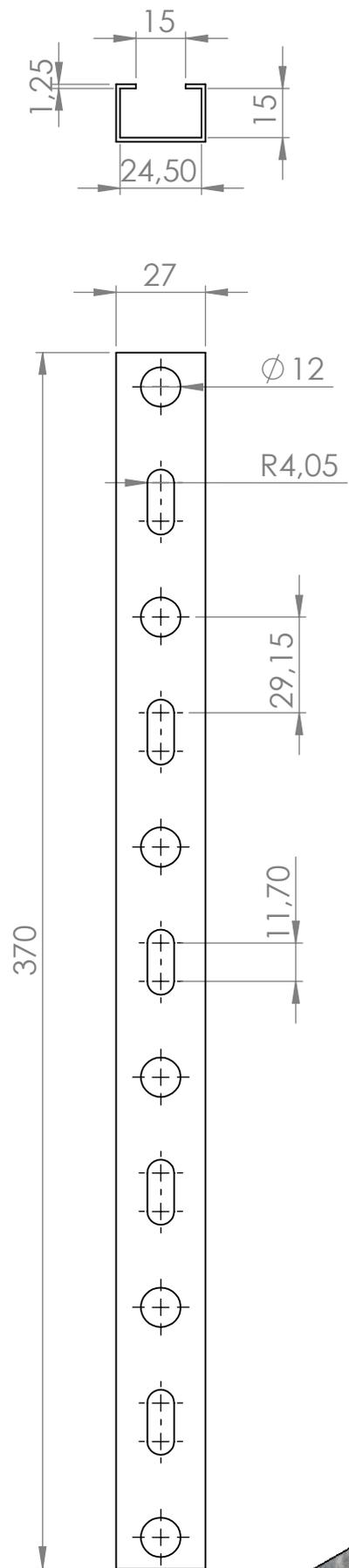


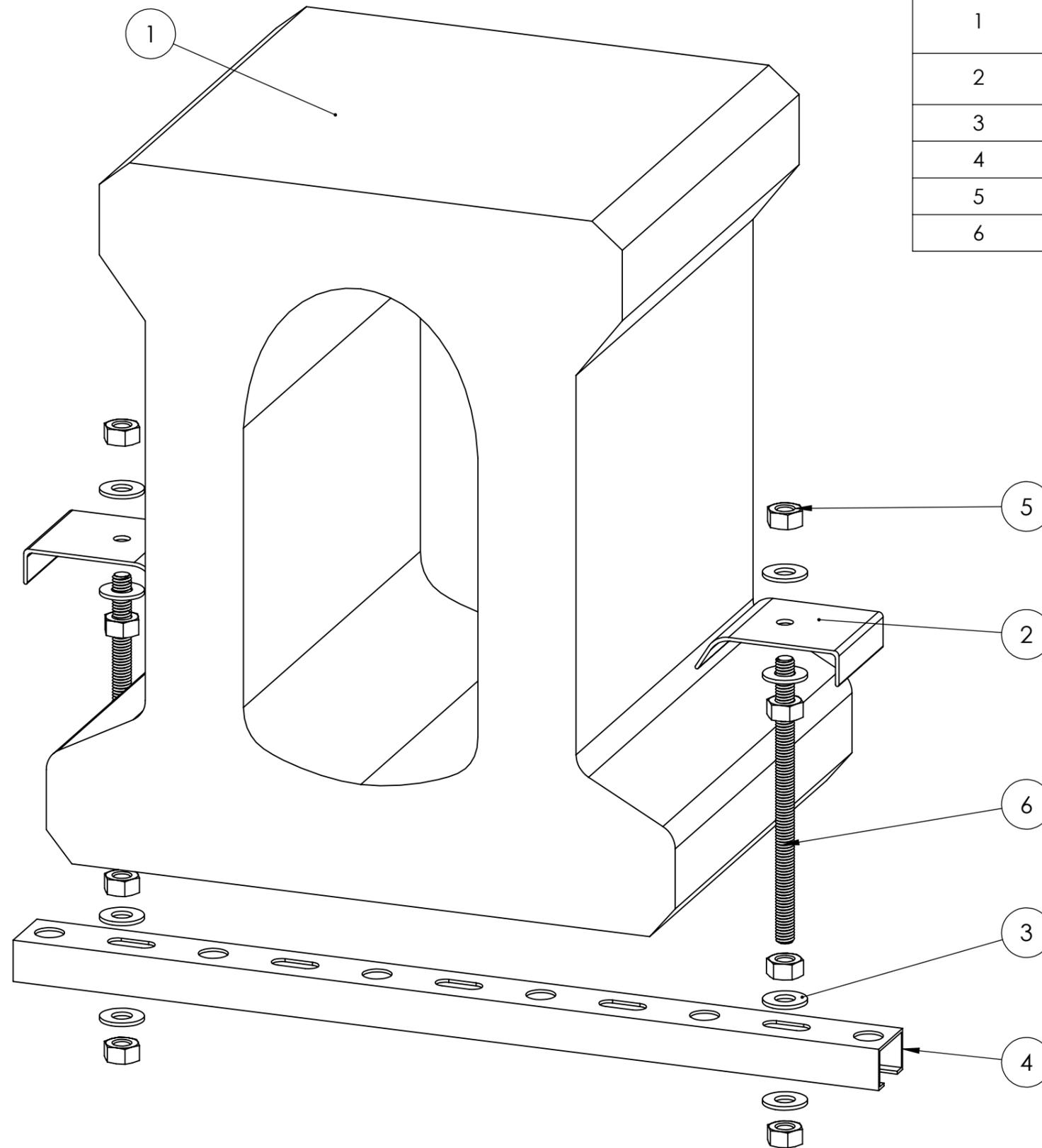




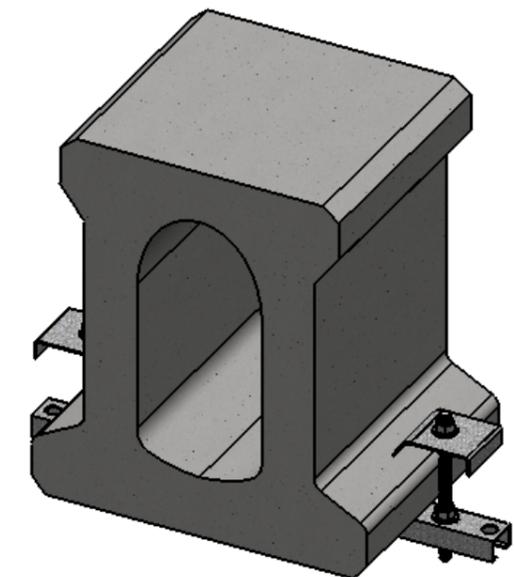








N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	Perfil tubular300	Prefabricado hormigón pretensado	1
2	Pieza para perfiles grandes	Acero Galvanizado	2
3	Arandela 8	Acero Galvanizado	8
4	Canaleta 400	Acero Galvanizado	1
5	Tuerca M8	Acero Galvanizado	8
6	Varilla M8 X 120	Acero Zincado	2



ANEXO 2: PRESUPUESTO DETALLADO

A continuación se detallan los presupuestos de instalación y del sistema de sujeción.

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

INSTALACION

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C01 VENTILACIÓN									
SUBCAPÍTULO C01.01 VENTILACIÓN MECANICA									
01.01.01	Ud EXTRACTOR EN LINEA CONDUCTO 250 MM Regulador electronico de velocidad para control de caudal incluido.						1,00	193,35	193,35
01.01.02	Ud EXTRACTOR EN LINEA CONDUCTO 315 F6+F8 Regulador electronico de velocidad para control de caudal incluido.						1,00	471,96	471,96
01.01.03	Ud ASPIRADOR AXIAL B-12 PLUS TIMER aseo 1 PB aseo 2 PB aseo P1	1 1 1				1,00 1,00 1,00			
							3,00	28,25	84,75
TOTAL SUBCAPÍTULO C01.01 VENTILACIÓN MECANICA.....									750,06
SUBCAPÍTULO C01.02 DIFUSIÓN									
01.02.01	M2 CONDUCTO AUTOPORTANTE RECTANGULAR CLIMAV. NETO Conducto autoportante rectangular para la distribución de aire formado por panel rígido de alta densidad de lana de vidrio según UNE-EN 13162, revestido por sus dos caras, la exterior con un complejo de aluminio visto + malla de fibra de vidrio + kraft y la interior con un velo de vidrio, de 25 mm de espesor. Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.								
	ADMISIÓN	45,3				45,30			
	EXTRACCIÓN	62				62,00			
							107,30	13,86	1.487,18
01.02.02	UD REJILLA CLIP TIPO 600 200X100 Incluye rmarco de montaje y conducto flexible correspondiente apra unión a conducto rectangular.								
	IMPULSIÓN	3	1,00			3,00			
							3,00	18,99	56,97
01.02.03	UD REJILLA CLIP TIPO 600 250X100 Incluye rmarco de montaje y conducto flexible correspondiente apra unión a conducto rectangular.								
	IMPULSIÓN	1	1,00			1,00			
							1,00	20,55	20,55
01.02.04	UD REJILLA CLIP TIPO 600 300X100 Incluye rmarco de montaje y conducto flexible correspondiente apra unión a conducto rectangular.								
	IMPULSIÓN	1	1,00			1,00			
							1,00	20,76	20,76
01.02.05	UD REJILLA CLIP TIPO 800 200X100 Incluye rmarco de montaje y conducto flexible correspondiente apra unión a conducto rectangular.								
	RETORNO	3	1,00			3,00			
							3,00	17,21	51,63
01.02.06	UD REJILLA CLIP TIPO 800 250X100 Incluye rmarco de montaje y conducto flexible correspondiente apra unión a conducto rectangular.								
	RETORNO	1	1,00			1,00			
							1,00	18,80	18,80
01.02.07	UD REJILLA CLIP TIPO 800 300X100 Incluye rmarco de montaje y conducto flexible correspondiente apra unión a conducto rectangular.								
	RETORNO	1	1,00			1,00			
							1,00	19,01	19,01
01.02.08	ML ML TUBO PVC SERIE B, D.90 Vent aseos P.B:	1	32,00			32,00			

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

INSTALACION

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Vent aseos P.1	1	10,00			10,00			
							42,00	5,83	244,86
									1.919,76
									2.669,82

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

INSTALACION

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C02 SUELO RADIANTE/REFRECANTE									
02.01	ML Tubo Sysclima PE-RT EVOH 5 Capas- Tubo Sysclima-PE-RT EVOH 5 Capas, fabricado y testado según normas DIN 16833 y DIN 16834. Fabricado a base de PE-RT Tipo I, con barrera antioxígeno (EVOH) SEGÚN NORMA din 4726, situada entre dos capas PE-RT para protegerla durante transporte e instalación de los tubos. Diámetro: 16 mm En suelo						2.200,00	0,52	1.144,00
02.02	Ud PLACA DE NOPAS NP 20/25 Placa de nopas térmica compuesta por 20+30mm de poliestireno modeado. Marca Sysclima, superficie útil de placa: 0,84m ² ; Resistencia térmica equivalente: 0,81m ² K/W planta baja planta primera	1 1	90,00 150,00			90,00 150,00	240,00	4,86	1.166,40
02.03	ML TIRA PERIMETRAL AUTOADHESIVA BP-AD 150/80 Aislamiento periférico de espuma de polietileno de 8 mm de espesor y 130 mm de altura, con film de PE pegado para proteger las juntas de la dilatación del mortero. Bordea las placas aislantes y asegura una total independencia entre la losa flotante y las paredes. De este modo, permite la libre dilatación y evita los puentes térmicos y acústicos. Union paredes/suelo						240,00	0,40	96,00
02.04	ML TUBO MULTICAPA GENERALES CLIMATIZACIÓN Tubería multicapa marca Pressman en rollo, de diámetro 25 y 2,5mm de espesor apto para instalaciones con temperaturas de 95°C, y capaz de soportar 110°C en momentos punto. Tubería formada por 5 capas. Capa interior polietileno reticulado de alta densidad (pez-b), capa de adhesivo con punto de fusión >120 °C, capa intermedia de aluminio solapada y soldada, capa de adhesivo con punto de fusión >120 °C, y capa exterior de polímero (pe). ineria - colectores SR	1	86,00			86,00	86,00	4,51	387,86
02.05	Ud CAJA BLANCA EMPOTRABLE H 600 Caja empotrable con marco frontal y puerta extraíbles lacados en blanco válida para los colectores HZ5 y HZ6 . Chapa frontal guía para mortero y medio caña protección del tubo, extraíbles.						2,00	38,95	77,90
02.06	Ud CAJA BLANCA EMPOTRABLE H 750 Caja empotrable con marco frontal y puerta extraíbles lacados en blanco válida para los colectores HZ5 y HZ6 . Chapa frontal guía para mortero y medio caña protección del tubo, extraíbles.						3,00	41,98	125,94
02.07	Ud RACOR 16 X 1,8 PARA RETICULADO						58,00	1,15	66,70
02.08	Ud CODO GUIA 14-18 PLASTICO Codo de plástico rígido para doblar el tubo con seguridad y precisión en ángulo de 90° hacia el colector. En colector suelo radiante						58,00	0,53	30,74
02.09	Ud VALV. ZONA RECTA máx. caudal 3/4" kvs 5,1 Válvula de 2 vías para colector, fabricada en latón niquelado, con racor loco de unión. Accionable mediante actuador eléctrico-térmico M28 Sala caldera						5,00	12,19	60,95
02.10	Ud VALVULA ESFERA 3/4" Valvula de esfera de corte para colector de ida y retorno, fabricada en latón niquelado, con rosca hembra " y racor loco de unión con rosca macho 1". En colector								

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

INSTALACION

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.11	Ud ACTUADOR ELECTROTÉRMICO M28 NC 230V Actuador electrotérmico para el accionamiento de válvulas termostatzables M 28. Con conector y cable de conexión. Tiempo máximo de carrera: 3 minutos.						5,00	7,72	38,60
02.12	UD ADITIVO MORTERO Z1 - 10kg						5,00	16,51	82,55
02.13	ud GRAPA PLACA LISA TUBO 16-20						4,00	11,48	45,92
02.14	UD Central de regulación FRIO/CALOR RVS 36 Central de regulación Sysclima frío / calor RVS 36, Sonda de impulsión y exterior incluidas; sonda de Ambiente y humedad QAA 22, INCLUÍDA. PLANTA BAJA 1 1,00 1,00 PLANTA PRIMERA 1 1,00 1,00						100,00	0,02	2,00
02.15	UD CRONOTERMOSTATO IT600 230V Cronotermostato ambiente frío / calor VS 30W PLANTA BAJA 2 1,00 2,00 PLANTA PRIMERA 3 1,00 3,00						2,00	226,29	452,58
02.16	Ud COLECTOR INOX 1" CON CAUDALÍMETRO ICL 4 sal. Colector Sysclima Inox compacto con caudalímetro ICL 4 salidas planta primera 1 2,00 2,00						5,00	28,69	143,45
02.17	Ud COLECTOR INOX 1" CON CAUDALÍMETRO ICL 6 sal. Colector Sysclima Inox compacto con caudalímetro ICL 6 salidas planta baja 1 1,00 1,00						2,00	46,07	92,14
02.18	uD COLECTOR INOX 1" CON CAUDALÍMETRO ICL 7 sal. Colector Sysclima Inox compacto con caudalímetro ICL 7 salidas planta baja 1 1,00 1,00						1,00	61,80	61,80
02.19	Ud COLECTOR INOX 1" CON CAUDALÍMETRO ICL 8 sal. planta 1 1 1,00 1,00						1,00	69,55	69,55
							1,00	76,26	76,26
TOTAL CAPÍTULO C02 SUELO RADIANTE/REFRECANTE.....									4.221,34

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

INSTALACION

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C03 SALA INSTALACIONES									
02.04	ML TUBO MULTICAPA GENERALES CLIMATIZACIÓN Tubería multicapa marca Pressman en rollo, de diámetro 25 y 2,5mm de espesor apto para instalaciones con temperaturas de 95°C, y capaz de soportar 110°C en momentos punto. Tubería formada por 5 capas. Capa interior polietileno reticulado de alta densidad (pez-b), capa de adhesivo con punto de fusión >120 °C, capa intermedia de aluminio solapada y soldada, capa de adhesivo con punto de fusión >120 °C, y capa exterior de polímero (pe). B.Calor - inercia	1	50,00			50,00			
							50,00	4,51	225,50
03.02	Ud B. CALOR INVERTER AIRE-AGUA MINICHILLER Bomba de calor inverter aire-agua KOSNER modelo KMCI-14 3PH.Minichiller o similar, para instalación en el exterior con ventiladores axiales. Potencia frigorífica 12,50 Kw. Potencia térmica 13,80 Kw. Grupo hidráulico con vaso de expansión, presostato diferencial, presostato mínima presión de agua, manómetro de agua y bomba circuladora. Circuito frigorífico con compresor rotativo GMCC, intercambiador en inox y válvula de 4 vías. Cuadro eléctrico con protección frente a sobretensiones y sobreintensidades. Control electrónico. Dimensiones (LxPxA mm): 970x1327x400. Peso 111 Kg. Alimentación 400/3/50. Nivel de presión sonora 60 dB(A). EER 3,2/4,84. Alimentación 5x4mm2. Complementos de instalación y gestión de la bomba de calor incluidos. Edificio	2				2,00			
							2,00	4.750,80	9.501,60
03.03	Ud ACUMULADOR INOX 100L 8 BAR Acumulador Greenheiss modelo DPI/A/M de 100 litros de capacidad fabricado en acero inoxidable AISI 316 L, con aislamiento en espuma rígida de poliuretano y recubrimiento exterior en PVC. Presión máxima de trabajo acumulador 8bar. Temperatura máxima de trabajo 90 °C. Protección catódica permanente opcional. Montaje mural suspendido. Diámetro exterior: 520mm. Altura: 882mm.Peso: 28kg.						1,00	339,55	339,55
03.04	ML ml CU D28 calorifugado						6,00	18,17	109,02
03.05	UD GRUPO HIDRÁULICO MEZCLA DN25 CON CIRCULADOR Grupo hidráulico con válvula mezcladora, para instalaciones de calefacción en las que es necesario el control de la temperatura de impulsión. Incluye: Válvulas de cierre con termómetro (0-120°C), Bomba circuladora, Carcasa aislante, Distanciador con válvula anti-retorno, Válvula de sobrecaudal, Temperatura de trabajo de -10°C a 110°C, Presión máxima 10 bar, Válvula mezcladora de tres vías, Servomotor a 3 puntos 230V. planta baja planta primera	1 1				1,00 1,00			
							2,00	205,30	410,60
03.06	Ud GRUPO HIDRÁULICO DIRECTO DN25 CON CIRCULADOR Grupo hidráulico compuesto por Válvulas de cierre con termómetro (0-120°C), Bomba circuladora, Carcasa aislante, Distanciador con válvula anti-retorno, Válvula de esfera en retorno, Temperatura de trabajo de -10°C a 110°C, Presión nominal PN 6 Fancoils	1				1,00			
							1,00	137,95	137,95
03.07	Ud COLECTOR PARA GRUPOS HIDRÁULICOS Distribuidor modular fabricado en hierro fundido, incluye accesorios de montaje, tales como tornillos, soportes, etc.						1,00	94,37	94,37
03.08	Ud MOD. AMPLIACIÓN COLECTOR						1,00	48,71	48,71
03.09	Ud VASO EXPANSIÓN CALEFACCIÓN 35L. Incluye soporte vaso expansión								

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

INSTALACION

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
03.10	Ud SALUS TERMOSTATO DE CONTACTO 30°-90° Termostato de seguridad tarado a 50°C						1,00	40,59	40,59
03.11	Ud FILTRO Y DOBLE MALLA Acumulador de agua caliente sanitaria para conexión a una bomba de calor. Cuba de chapa de acero esmaltada, protección mediante ánodo en magnesio. Intercambiador sobredimensionado en forma de serpentín. Resistencia eléctrica de esteatita con termostato integrado. Aislamiento de espuma de poliuretano inyectada de 50 mm de grosor (0% CFC). Termómetro. Capacidad: 291 l. Capacidad del intercambiador acs: 16,7 l. Superficie del intercambiador acs: 2,5 m2. Potencia eléctrica: 3000 W. Ø 600 mm ... Altura: 1.760 mm ... Peso: 145 Kg.						2,00	11,03	22,06
03.12	Ud VÁLVULA TULLER HH 1"						2,00	6,14	12,28
03.13	Ud VÁLVULA TULLER HH 3/4"						8,00	6,20	49,60
03.14	Ud VALVULA RETENCION 1"						1,00	4,68	4,68
03.15	Ud VÁLVULA DE SEGURIDAD 3/4" 3 BAR						4,00	4,52	18,08
03.16	ud MATERIAL CABLEADO Y CONEXIONADO ELÉCTRICO EQUIPOS SALA						2,00	12,46	24,92
03.17	ud COMPLEMENTOS HIDRÁULICOS Racorería, soportación, y otros complementos necesarios para instalaicón de componentes hidráulicos en sala caldera.						1,00	263,95	263,95
							1,00	97,76	97,76
	TOTAL CAPÍTULO C03 SALA INSTALACIONES								11.401,22

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

INSTALACION

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C04 FANCOILS									
02.04	ML TUBO MULTICAPA GENERALES CLIMATIZACIÓN								
	Tubería multicapa marca Pressman en rollo, de diámetro 25 y 2,5mm de espesor apto para instalaciones con temperaturas de 95°C, y capaz de soportar 110°C en momentos punto. Tubería formada por 5 capas. Capa interior polietileno reticulado de alta densidad (pez-b), capa de adhesivo con punto de fusión >120 °C, capa intermedia de aluminio solapada y soldada, capa de adhesivo con punto de fusión >120 °C, y capa exterior de polímero (pe).								
	inercia - FANCOIL	1	50,00			50,00			
							50,00	4,51	225,50
04.02	UD FANCOIL TIPO MURAL 3kW								
	PLANTA BAJA	2				2,00			
							2,00	198,23	396,46
04.03	UD FANCOIL ENCASTRADO SUELO 3kW								
	PLANTA PRIMERA	4				4,00			
							4,00	156,41	625,64
	TOTAL CAPÍTULO C04 FANCOILS.....								1.247,60

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

INSTALACION

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C05 MANO DE OBRA									
05.01	H MANO DE OBRA								
							116,00	32,00	3.712,00
	TOTAL CAPÍTULO C05 MANO DE OBRA.....								3.712,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

INSTALACION

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C06 BENEFICIO									
06.01	% BENEFICIO								
							20,00	232,52	4.650,40
	TOTAL CAPÍTULO C06 BENEFICIO.....								4.650,40
	TOTAL.....								27.902,38

ANEXO 3: FICHAS TÉCNICAS

A continuación se adjuntan las fichas técnicas de las máquinas de generación de calor, refrigeración y ventilación propuestos en el presente proyecto.

HPI EVOLUTION

BOMBAS DE CALOR AIRE/AGUA REVERSIBLES "SPLIT INVERTER"

- HPI/E: de 6 a 24,4 kW con apoyo mediante resistencia eléctrica integrada
- HPI/H: de 6 a 24,4 kW con apoyo hidráulico de caldera (o sin apoyo)

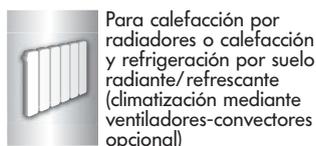


HPI 6 MR-2

HPI 8 MR-2

HPI 11 a 16 MR-2 y TR-2

HPI 22 y 27 TR-2



Para calefacción por radiadores o calefacción y refrigeración por suelo radiante/refrescante (climatización mediante ventiladores-convectores opcional)



Bomba de calor aire/agua



Electricidad (energía suministrada al compresor)



Energía renovable natural y gratuita



Las bombas de calor HPI EVOLUTION se distinguen por su diseño compacto y sus altas prestaciones: funcionan a una temperatura de hasta -20°C con un COP de hasta 4,2 a $+7/+35^{\circ}\text{C}$. Al ser reversibles permiten calentar en invierno y refrescar en verano. De manera opcional, se pueden equipar con un «kit de aislamiento» para climatización mediante ventilo-convectores (fancoils).

Están compuestas por una unidad exterior «Inverter» conectada al módulo interior mediante conexiones frigoríficas.

El módulo interior viene totalmente equipado, e incluye:

- Un cuadro de mando DIEMATIC iSystem con regulación programable en función de la temperatura exterior que se comunica con el grupo exterior y que, dependiendo de las opciones conectadas, permite gestionar un circuito de calefacción directa, un circuito con válvula mezcladora y uno o dos circuitos de producción de agua caliente sanitaria. Mediante el cuadro DIEMATIC iSystem es posible la gestión de bombas de calor HPI EVOLUTION y calderas en cascada.
- Bombas modulantes clase A con índice de eficiencia energética $\text{EEI} < 0,23$.
- Un filtro hidráulico con válvula de aislamiento.

Este módulo está disponible en 2 versiones:

- **MIT-IN-2/E...iSystem** con aporte mediante una resistencia eléctrica integrada que puede utilizar una conexión monofásica de 2 ó 6 kW, o una conexión trifásica de 4 ó 12 kW (no se puede instalar sin la bomba de calor).
- **MIT-IN-2/H...iSystem** con aporte mediante caldera.

CONDICIONES DE USO

Temperaturas límite de servicio

- en modo calefacción:
 - Aire exterior: $-20/+35^{\circ}\text{C}$ ($-15/+35^{\circ}\text{C}$ para HPI 6 MR-2)
 - Agua: $+18/+60^{\circ}\text{C}$ ($+18/+55^{\circ}\text{C}$ para HPI 22/27 TR-2)
 - en modo refrigeración:
 - Aire exterior: $-5/+46^{\circ}\text{C}$
 - Agua: $+18/+25^{\circ}\text{C}$ (kit de aislamiento obligatorio para temperaturas inferiores a 18°C)
- Presión máxima de servicio: 3 bar

PRESENTACIÓN DE LA GAMA

La gama de bombas de calor de aire/agua Inverter HPI EVOLUTION incluye una serie de modelos que van desde 5,9 a 24,4 kW (potencia calorífica a +7/+35 °C conforme a la norma EN 14511-2). Constan de un grupo exterior y un módulo interior MIT-IN-2.

Los puntos fuertes de esta gama son:

- Posibilidad de funcionar con una temperatura del aire exterior de hasta -20 °C (salvo las versiones 6 MR-2 que funcionan hasta -15°C).
- Los modelos 6 y 8 MR-2 y 11-16 MR/TR-2 pueden calentar el agua hasta una temperatura de 60 °C, y los modelos HPI 22/27 TR-2 hasta una temperatura de 55°C.
- Los modelos son reversibles y pueden funcionar en modo de suelo radiante/refrescante, o en modo de climatización mediante ventiladores-convectores con el kit opcional de "aislamiento en modo de climatización" (salvo en el caso de las BDC instaladas en cascada).
- Mayor ahorro gracias a la función "híbrida" que, combinando una BDC y una caldera de condensación, permite una gestión de las soluciones en función de las condiciones climáticas, de las necesidades de calefacción y del coste de los distintos tipos de energía.

El grupo exterior, que se puede alimentar con corriente monofásica o trifásica, consta de los siguientes elementos:

- Un compresor modulante Twin Rotary o Scroll (tecnología DC Inverter)
- Un evaporador compuesto por una batería de tubos de cobre y aletas de aluminio.

- Uno o dos ventiladores helicoidales de velocidad variable para un funcionamiento silencioso.
- Una botella contra golpes de ariete y de reserva de potencia.
- Manorreductores electrónicos, un filtro, un presostato AP.
- Un sistema de limitación de la corriente de arranque.

El módulo interior está disponible en 2 versiones:

- **MIT-IN-2/E... iSystem:** para un apoyo mediante la resistencia eléctrica integrada con posibilidad de cableado monofásico de 2 a 6 kW o trifásico de 4 a 12 kW.
- **MIT-IN-2/H... iSystem:** para un apoyo hidráulico mediante caldera.

Los 2 módulos incorporan:

- Un manómetro electrónico, una válvula de seguridad, purgadores automáticos, un controlador de caudal, válvulas de aislamiento, una válvula con filtro integrado.
- Un vaso de expansión de 10 litros.
- Una bomba de calefacción con índice de eficiencia energética EEI < 0,23.
- Una botella de equilibrio de 40 litros.
- Un condensador compuesto por un intercambiador de placas de acero inoxidable.
- Un cuadro de mando DIEMATIC iSystem con una regulación electrónica programable en función de la temperatura exterior y en comunicación con el grupo exterior. Se pueden incorporar diversos mandos a distancia disponibles como opción (véase la página 8).

GAMA DE MODELOS

Bomba de calor	Eléctrico con resistencia		Hidráulico por caldera (o sin apoyo)	Potencia	
	2 o 6 kW monofásico	4 o 12 kW trifásico		Calorífica kW (1)	Frigorífica kW (2)
 <p>Bomba de calor aire/agua reversible para una temperatura exterior de hasta -20°C (-15°C para HPI 6 MR-2/...)</p>	HPI 6 MR-2/EM	-	HPI 6 MR-2/H	5,87	4,69
	HPI 8 MR-2/EM	-	HPI 8 MR-2/H	8,26	7,9
	HPI 11 MR-2/EM	HPI 11 TR-2/ET	HPI 11 MR-2/H, HPI 11 TR-2/H	10,56	11,16
	HPI 16 MR-2/EM	HPI 16 TR-2/ET	HPI 16 MR-2/H, HPI 16 TR-2/H	14,2	14,46
	-	HPI 22 TR-2/ET	HPI 22 TR-2/H	19,4	17,7
	-	HPI 27 TR-2/ET	HPI 27 TR-2/H	24,4	22,2

(1) Temp. agua en la salida: + 35°C, temp. ext.: + 7°C, prestaciones según EN 14511-2.

(2) Temp. agua en la salida: + 18°C, temp. ext.: + 35°C, prestaciones según EN 14511-2.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS HPI EVOLUTION

Modelo	HPI EVOLUTION	6 MR-2	8 MR-2	11 MR-2	11 TR-2	16 MR-2	16 TR-2	22 TR-2	27 TR-2
Potencia calorífica a + 7°C/+ 35°C (1)	kW	5,87	8,26	10,56	10,56	14,19	14,19	19,4	24,4
COP calor a + 7°C/+35°C (1)		4,18	4,27	4,18	4,18	4,22	4,15	3,94	3,90
Potencia calorífica a + 2°C/+ 35°C (1)	kW	3,87	5,93	10,19	10,19	11,38	11,38	11,6	14,7
COP calor a + 2°C/+ 35°C (1)		3,26	3,12	3,2	3,2	3,22	3,22	3,01	3,10
Potencia calorífica a - 7°C/+ 35°C (1)	kW	4,02	5,6	8,09	8,09	10,32	10,32	11,1	13,8
COP calor a - 7°C/+ 35°C (1)		2,56	2,7	2,88	2,88	2,89	2,89	2,25	2,25
Potencia eléctrica absorbida a + 7°C/+ 35°C (1)	kWe	1,41	1,93	2,53	2,53	3,36	3,42	4,92	6,26
Intensidad nominal (1)	A	6,57	8,99	11,81	3,8	16,17	5,39	7,75	9,86
Potencia frigorífica a + 35°C/+ 18°C (2)	kW	4,69	7,9	11,16	11,16	14,46	14,46	17,65	22,2
COP frío a +35°C/+18°C (2)		4,09	3,99	4,75	4,75	3,96	3,96	3,8	3,8
Potencia frigorífica a + 35°C/+ 7°C (5)	kW	3,13	4,98	7,43	7,43	7,19	7,19	9,3	11,7
COP frío a + 35°C/+ 7°C (5)		3,14	2,7	3,34	3,34	3,58	3,58	2,9	2,9
Potencia eléctrica absorbida a + 35°C/+ 18°C (2)	kWe	1,15	2,0	2,35	2,35	3,65	3,65	6,7	8,3
Caudal nominal de agua a $\Delta t = 5$ K	m ³ /h	1,01	1,42	1,82	1,82	2,45	2,45	3,3	4,2
Altura manométrica disponible al caudal nominal a $\Delta t = 5$ K	mbar	618	493	393	393	213	213	-	-
Caudal de aire nominal	m ³ /h	2100	3300	6000	6000	6000	6000	8400	8400
Tensión de alimentación del grupo exterior	V	230 V mono	230 V mono	230 V mono	400 V tri	230 V mono	400 V tri	400 V tri	400 V tri
*Nivel de presión sonora (3)/Potencia sonora (4)	dB(A)	41,7/64,8	43,2/65,2	43,4/68,8	43,4/68,8	47,4/68,5	47,4/68,5	51,8/73,8	53/75
Fluido frigorífico R 410A	kg	2,1	3,2	4,6	4,6	4,6	4,6	7,1	7,7
Longitud máxima precargada	m	10	10	10	10	10	10	30	30
Peso sin carga grupo exterior/ módulo interior MIT-IN-2	kg	42/72	75/72	118/72	118/72	130/72	130/72	130/72	130/72

(1) Modo calor: temp. aire ext./temp. agua a la salida, prestaciones según EN 14511-2.

(2) Modo frío: temp. aire ext./temp. agua a la salida, prestaciones según EN 14511-2.

(3) A 5 m del aparato, campo libre, a + 7°C/+ 35°C.

(4) Ensayo realizado conforme a la norma UNE EN 12102, a + 7°C/+ 55°C.

(5) Modo de climatización: temp. aire ext./temp. agua a la salida.

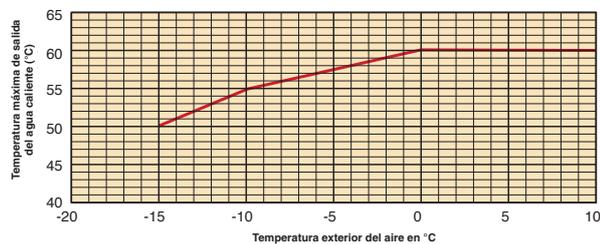
* Grupo exterior

TEMPERATURA DEL AGUA PRODUCIDA

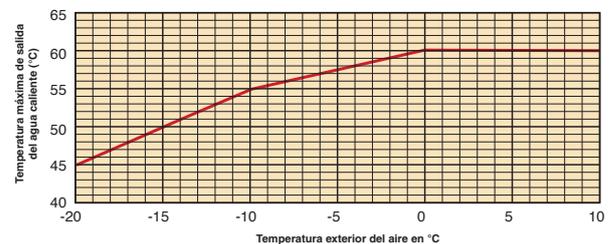
Los modelos de bomba de calor HPI EVOLUTION pueden producir agua caliente a una temperatura de hasta 60 °C (55 °C para los modelos HPI 22-27 TR-2). El gráfico ilustra la

temperatura del agua producida por cada modelo en función de la temperatura exterior.

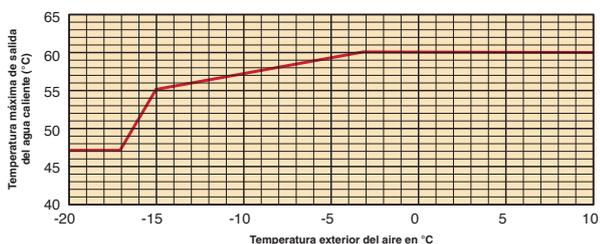
HPI 6 MR-2



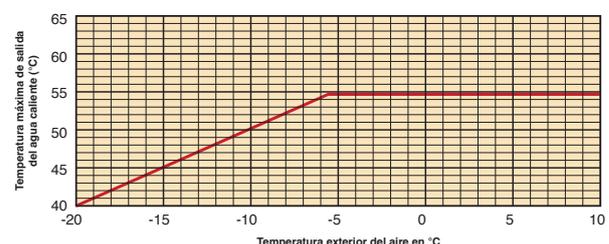
HPI 8 MR-2



HPI 11 y 16 MR/TR-2



HPI 22 y 27 TR-2



HPI_E0027A

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS HPI EVOLUTION

CUADROS DE DATOS PARA EL DIMENSIONADO

HPI 6 MR-2

		Temperatura agua a la salida (°C)														
		25		35		40		45		50		55		60		
Temp. aire exterior (°C)		Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	
	-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	3,46	1,97	3,32	1,71	3,18	1,46	3,02	1,22	-	-	-	-	-
	-10	4,40	2,70	4,22	2,40	4,11	2,08	4,00	1,77	3,81	1,53	3,61	1,28	-	-	-
	-7	4,40	3,29	4,40	2,72	4,40	2,35	4,40	1,98	4,40	1,76	4,40	1,54	-	-	-
	2	5,00	3,47	5,00	2,97	5,00	2,72	5,00	2,47	5,00	2,13	5,00	1,76	5,00	1,38	-
	7	6,00	5,51	6,00	4,42	6,00	3,87	6,00	3,32	6,00	2,84	6,00	2,32	6,00	1,77	-
	12	7,07	6,47	7,07	5,05	7,07	4,34	7,07	3,63	7,07	3,19	7,07	2,73	7,07	2,23	-
	15	7,54	7,04	7,54	5,46	7,54	4,68	7,54	3,89	7,54	3,43	7,54	2,92	7,54	2,38	-
	20	8,04	7,55	8,04	5,87	8,04	5,03	8,04	4,19	8,04	3,68	8,04	3,14	8,04	2,56	-

HPI 8 MR-2

		Temperatura agua a la salida (°C)														
		25		35		40		45		50		55		60		
Temp. aire exterior (°C)		Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	
	-20	-	-	6,09	1,62	6,07	1,49	6,04	1,37	-	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	7,00	1,97	7,00	1,76	7,00	1,56	6,62	1,51	-	-	-	-	-
	-10	7,00	2,91	7,00	2,47	7,00	2,20	7,00	1,92	7,00	1,76	6,69	1,56	-	-	-
	-7	7,00	3,51	7,00	2,90	7,00	2,55	7,00	2,20	7,00	1,96	7,00	1,71	-	-	-
	2	7,50	3,97	7,50	3,40	7,50	3,11	7,50	2,83	7,50	2,37	7,14	1,91	6,57	1,65	-
	7	8,00	5,24	8,00	4,40	8,00	3,90	8,00	3,40	8,00	3,10	8,00	2,77	8,00	2,33	-
	12	9,00	6,16	9,00	5,26	9,00	4,54	9,00	3,83	9,00	3,42	9,00	2,97	9,00	2,50	-
	15	9,65	6,63	9,65	5,70	9,65	4,87	9,65	4,04	9,65	3,59	9,65	3,11	9,65	2,58	-
	20	10,15	7,03	10,15	6,03	10,15	5,14	10,15	4,25	10,15	3,76	10,15	3,25	10,15	2,68	-

HPI 11 MR/TR-2

		Temperatura agua a la salida (°C)														
		25		35		40		45		50		55		60		
Temp. aire exterior (°C)		Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	
	-20	-	-	6,87	1,79	6,71	1,64	6,55	1,49	-	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	8,17	2,16	8,07	1,93	7,96	1,69	7,87	1,52	7,77	1,34	-	-	-
	-10	8,50	3,02	8,50	2,52	8,50	2,27	8,50	2,02	8,50	1,78	8,50	1,54	-	-	-
	-7	8,50	3,45	8,50	2,89	8,50	2,55	8,50	2,22	8,50	1,94	8,50	1,65	-	-	-
	2	10,00	3,86	10,00	3,32	10,00	2,99	10,00	2,66	10,00	2,28	10,00	1,89	9,36	1,49	-
	7	11,20	4,89	11,20	4,45	11,20	3,94	11,20	3,42	11,20	3,02	11,20	2,60	11,20	3,13	-
	12	12,85	5,60	12,85	5,16	12,85	4,54	12,85	3,92	12,85	3,48	12,85	2,99	12,85	2,48	-
	15	13,62	6,00	13,62	5,49	13,62	4,83	13,62	4,18	13,62	3,71	13,62	3,21	13,62	2,65	-
	20	14,67	6,62	14,67	5,96	14,67	5,27	14,67	4,57	14,67	4,06	14,67	3,52	14,67	3,10	-

Estos rendimientos no están certificados, por lo que solo deben utilizarse para dimensionar la BDC.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS HPI EVOLUTION

HPI 16 MR/TR-2

		Temperatura agua a la salida (°C)													
		25		35		40		45		50		55		60	
Temp. aire exterior (°C)		Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP
	-20	-	-	8,03	1,74	7,89	1,60	7,75	1,46	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	9,55	2,10	9,49	1,88	9,42	1,66	9,33	1,50	9,23	1,32	-	-
	-10	11,20	2,92	11,13	2,43	11,10	2,19	11,07	1,94	10,82	1,73	10,57	1,51	-	-
	-7	11,20	3,38	11,20	2,85	11,20	2,49	11,20	2,14	11,20	1,92	11,20	1,68	-	-
	2	12,00	3,76	12,00	3,24	12,00	2,88	12,00	2,52	12,00	2,20	12,00	1,86	11,15	1,54
	7	16,00	4,58	16,00	4,10	16,00	3,67	16,00	3,23	15,89	2,86	15,21	2,52	14,53	2,13
	12	18,39	5,38	18,39	4,74	18,39	4,19	18,39	3,64	18,18	3,25	17,43	2,87	16,68	2,44
	15	19,44	5,66	19,44	5,01	19,44	4,43	19,44	3,84	19,19	3,43	18,42	3,02	17,65	2,58
	20	20,62	5,95	20,62	5,31	20,62	4,71	20,62	4,10	20,47	3,66	19,73	3,25	18,99	2,80

HPI 22 TR-2

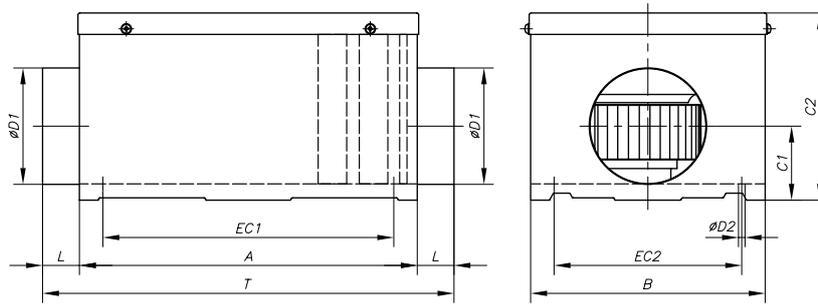
		Temperatura agua a la salida (°C)													
		25		35		40		45		50		55		60	
Temp. aire exterior (°C)		Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP
	-20	-	-	5,92	1,37	5,82	1,29	-	-	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	7,96	1,78	7,75	1,62	7,53	1,46	-	-	-	-	-	-
	-10	-	-	10,00	2,19	9,67	1,95	9,35	1,70	9,11	1,52	-	-	-	-
	-7	-	-	11,22	2,44	10,83	2,15	10,44	1,85	9,35	1,75	8,25	1,65	-	-
	2	-	-	14,42	3,30	13,79	2,92	13,15	2,54	11,98	2,22	10,80	1,89	-	-
	7	-	-	16,37	4,01	15,68	3,55	14,98	3,08	14,48	2,72	13,98	2,35	-	-
	12	-	-	18,54	4,50	17,85	4,03	17,15	3,56	16,64	3,17	16,13	2,77	-	-
	15	-	-	19,85	4,80	19,15	4,33	18,46	3,86	17,94	3,44	17,41	3,02	-	-
	20	-	-	22,02	5,29	21,33	4,82	20,63	4,34	20,10	3,89	19,56	3,44	-	-

HPI 27 TR-2

		Temperatura agua a la salida (°C)													
		25		35		40		45		50		55		60	
Temp. aire exterior (°C)		Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP	Potencia kW	COP
	-20	-	-	6,30	1,26	6,01	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-
	-15	-	-	8,56	1,65	8,29	1,48	8,01	1,30	-	-	-	-	-	-
	-10	-	-	10,82	2,04	10,56	1,81	10,30	1,58	10,11	1,41	-	-	-	-
	-7	-	-	12,18	2,28	11,93	2,02	11,68	1,75	10,46	1,65	9,23	1,55	-	-
	2	-	-	15,82	3,13	15,13	2,77	14,43	2,41	13,14	2,10	11,85	1,79	-	-
	7	-	-	19,73	3,65	18,89	3,23	18,05	2,81	17,45	2,48	16,84	2,15	-	-
	12	-	-	21,88	4,01	21,06	3,60	20,23	3,18	19,62	2,83	19,02	2,47	-	-
	15	-	-	23,17	4,23	22,35	3,81	21,54	3,40	20,93	3,03	20,32	2,67	-	-
	20	-	-	25,32	4,59	24,52	4,18	23,72	3,77	23,11	3,38	22,50	2,99	-	-

Estos rendimientos no están certificados, por lo que solo deben utilizarse para dimensionar la BDC.

Dimensiones mm



Modelo	A	B	C1	C2	Ø D1	L	Ø D2	EC1	EC2	T
SV/FILTER-125/H 657	290	80	222	125	36,5	36,5	7	607	240	730
SV/FILTER-150/H 700	340	92	244	150	36,5	36,5	7	650	290	773
SV/FILTER-200/H 775	395	117	273	200	36	36	7	725	345	847
SV/FILTER-250/H 775	395	140	293	250	50	50	7	725	345	875
SV/FILTER-315/H 860	520	175	371	315	48	48	8,5	809	469	956
SV/FILTER-350/H 960	610	200	410	355	48	48	8,5	909	564	1056
SV/FILTER-400/H1035	670	219	455	400	38	38	8,5	984	624	1111

Curvas características

Curva del equipo según filtros incorporados **1** G4+F6 **2** F6+F8 **3** F7+F9

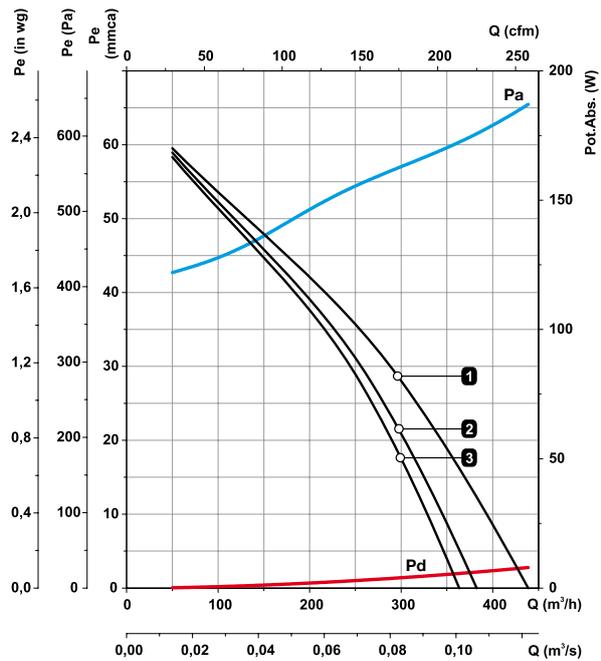
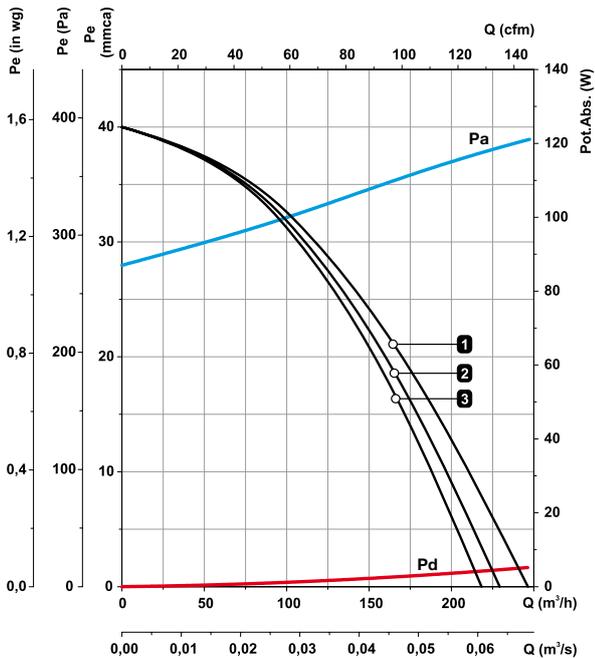
Presión Estática

Presión Dinámica

Potencia Absorbida

SV/FILTER 125/H

SV/FILTER 150/H



Curvas características

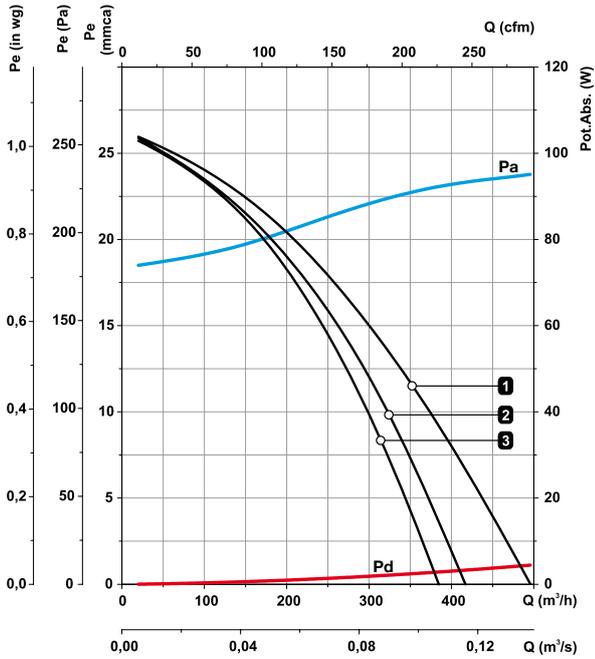
Curva del equipo según filtros incorporados **1** G4+F6 **2** F6+F8 **3** F7+F9

Presión Estática

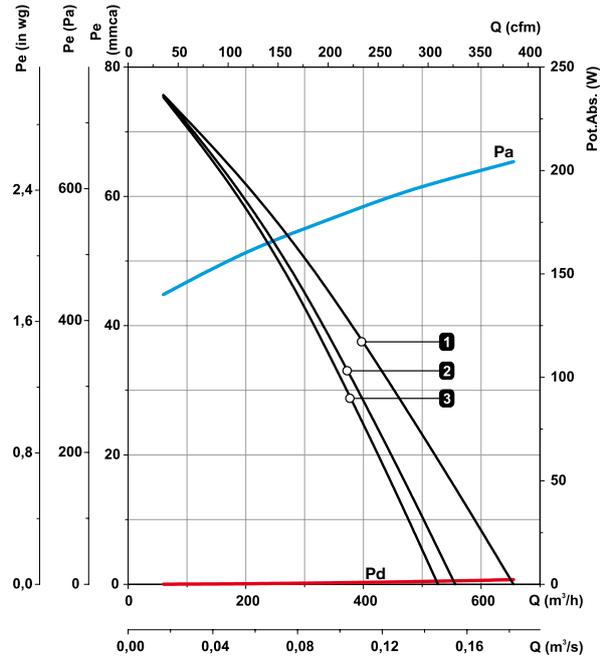
Presión Dinámica

Potencia Absorbida

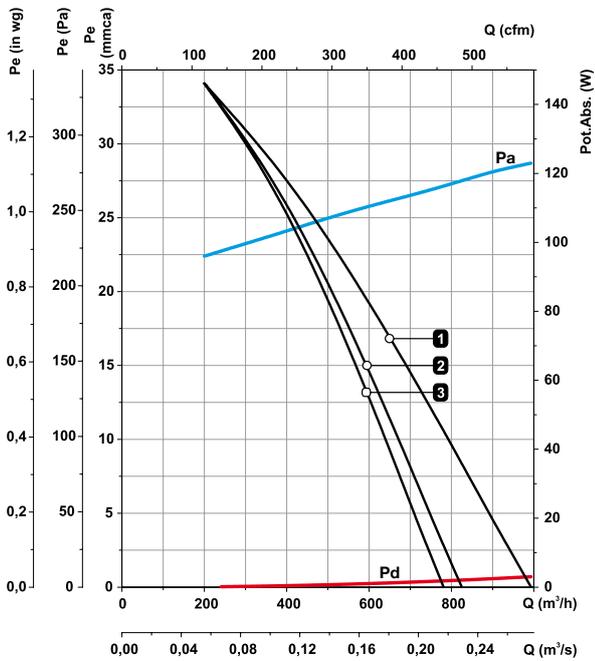
SV/FILTER 200/H



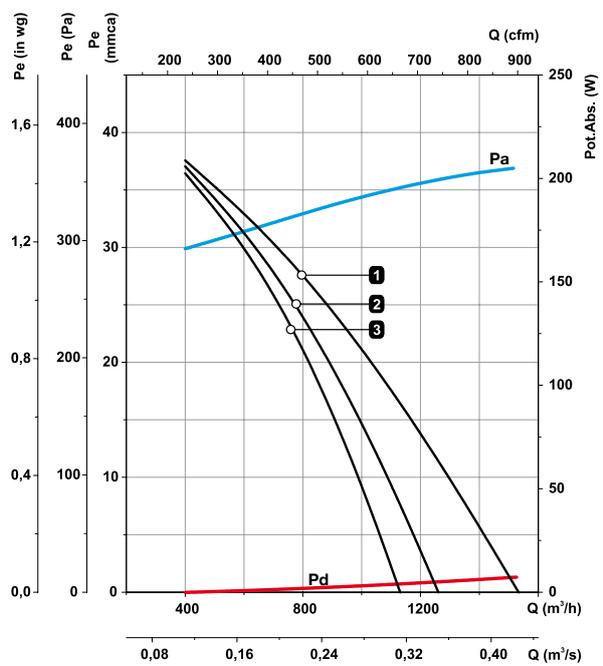
SV/FILTER 250/H



SV/FILTER 315/H



SV/FILTER 350/H



Curvas características

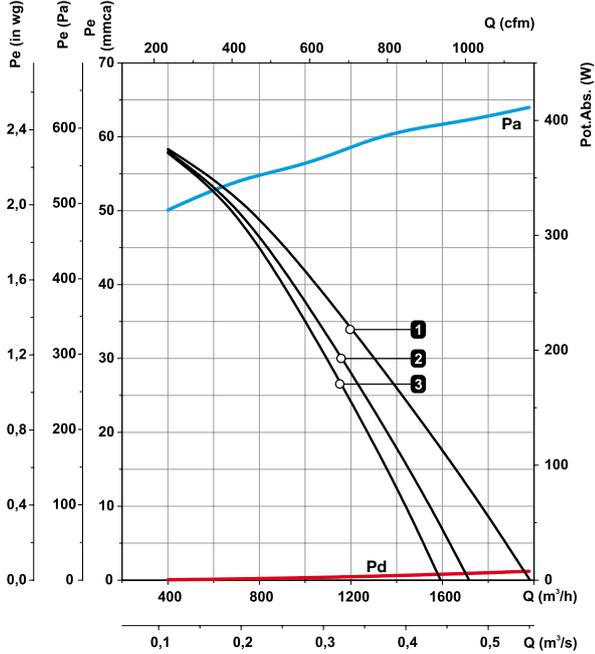
Curva del equipo según filtros incorporados **1** G4+F6 **2** F6+F8 **3** F7+F9

Presión Estática

Presión Dinámica

Potencia Absorbida

SV/FILTER 400/H



Accesorios

Ver apartado accesorios



FILTROS



CJFILTER



PRESOSTATO



SI-PRESIÓN



SONDA DE PRESIÓN



INT



VIS



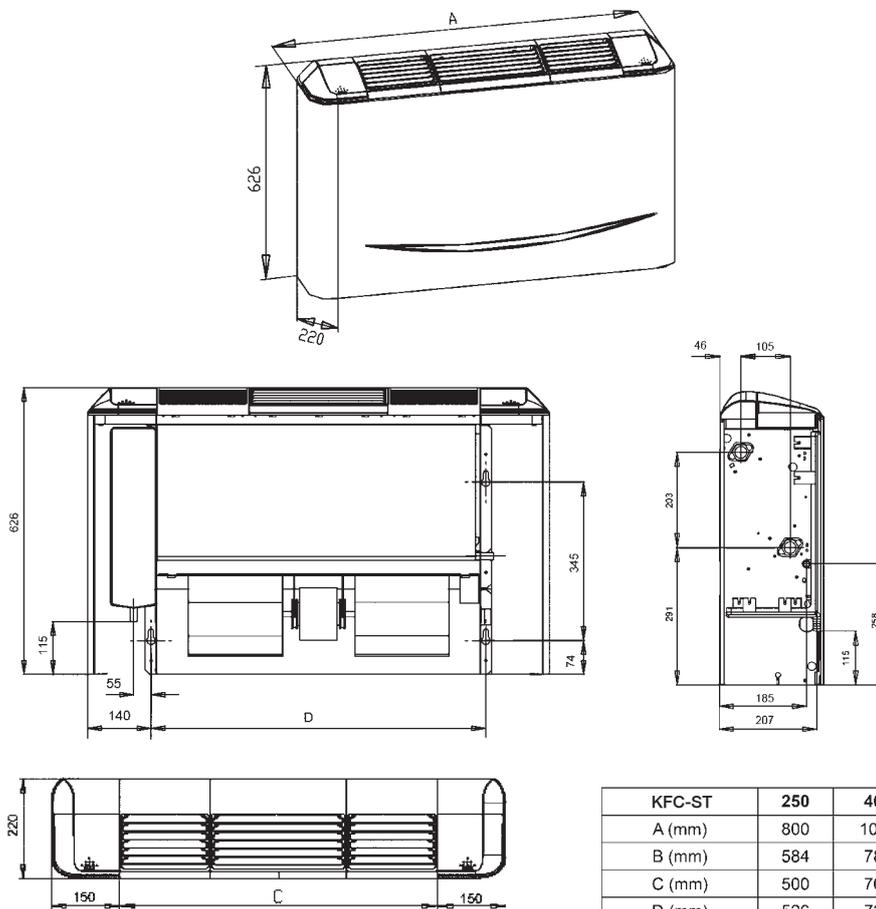
TEJ

Fancoil consola 2 tubos

MODELO **KFC-SL**



- Diseño compacto, robusto y de colocación vertical
- Instalación en pared o suelo (mediante peanas)
- Ventilador con 3 velocidades
- Pies de serie
- Opcionales: conjunto válvulas de 3 vías, kit termostato de instalación en aparato, conjunto electrónico para centralizaciones o controles electrónicos individuales



■ CARACTERÍSTICAS

		250	400	500	800	900
CAPACIDAD FRIGORÍFICA 7/12	KW	1,87	3,30	4,85	6,52	7,85
	BTU	6.375	11.220	19.325	22.250	26.770
	Frig/h	1,61	2,83	4,86	5,61	6,75
CAPACIDAD FRIGORÍFICA SENSIBLE	KW	1,6	2,7	3,98	5,5	6,25
	BTU	5.456	9.180	13.572	18.755	21.313
	Frig/h	1,38	2,32	3,42	4,73	5,38
CAPACIDAD CALORÍFICA 50/40	KW	2,53	7,23	6,98	9,58	11,69
	BTU	8.625	24.580	24.015	32.670	39.860
	Kcal/h	2,170	5,800	6,025	8,250	10,050

■ MOTOR VENTILADOR

Q. AIRE	m³/h	425/360/320	680/580/510	850/720/640	1.360/1.160/1.020	1.530/1.300/1.150
ALIMENTACIÓN	V	220-240/50				
VELOCIDADES	Nº	3	3	3	3	3
POTENCIA ABSORBIDA	W	45	46	77	118	137
CORRIENTE FUNCIONAMIENTO	A	0,20	0,22	0,33	0,51	0,60
NIVEL POTENCIA SONORA	dB(A)	35/32/28	39/36/34	43/40/38	47/44/40	48/45/42
NIVEL PRESIÓN SONORA	dB(A)	33/30/28	37/34/31	41/38/36	44/41/38	46/43/40
NIVEL PRESIÓN SONORA VEL. SILENCIO	dB(A)	26	29	35	36	38

■ INSTALACIÓN

CONEXIONADO TUBO AGUA	Pulgadas	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
PÉRDIDA CARGA BAT. AGUA	Kpa	10	9,5	20	21	24
CAUDAL AGUA	L/H	322	564	834	1.121	1.350
CONEXIÓN DIÁMETRO DESAGÜE	mm	16	16	16	16	16
BOMBA DE CONDENSADOS		No	No	No	No	No

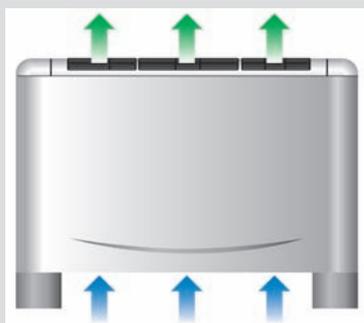
■ DIMENSIONES

PROFUNDO	mm	220	220	220	212	212
ALTO	mm	626	626	626	545	545
ANCHO	mm	800	1.000	1.200	1.250	1.250
PESO	KG	26,5	28	32,5	36	36

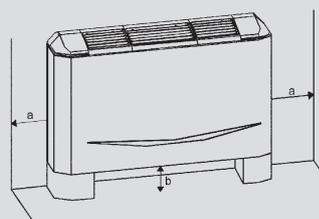
CÓDIGO		5600050002	5600050004	5600050005	5600050008	5600050009
Izquierda						

CÓDIGO		5600050022	5600050024	5600050025	5600050028	5600050029
Derecha						

DETALLES DEL MODELO



Disponemos de panel trasero para su colocación en vidrieras. También disponibilidad de instalación con patas.



Unidad vertical con carcasa, con toma de aire inferior y salida por la parte superior de la carcasa, para su instalación en una pared o de pie sobre el suelo.

VERSIÓN	A (MM)	B (MM)
Versión toma de aire frontal	150	-
Versión toma de aire inferior	150	80
Versión oculta	200	80

Fancoil mural

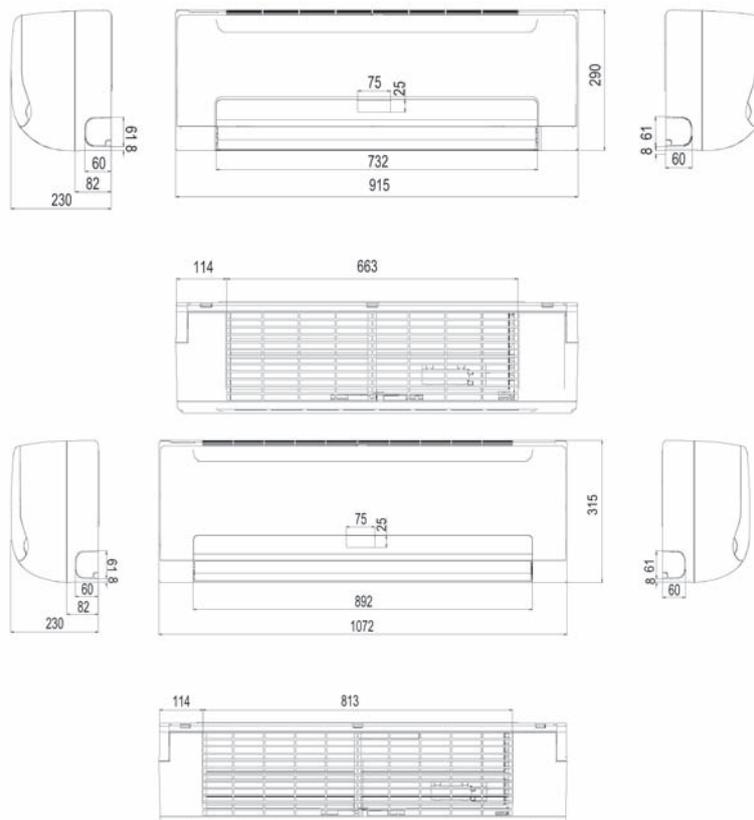
MODELO **KFC-SP**

DISPONIBLE VERSIÓN DC.



R05BGE

- Display LED en el frontal
- Versatilidad de conexionado hidráulico, trasero o hacia ambos lados
- Válvula de tres vías incorporada de serie
- Facilidad en su instalación
- Triple velocidad de ventilador con doble direccionamiento del flujo de aire
- Ventilador extremadamente silencioso
- Filtro de alta eficiencia
- Mando a distancia por infrarrojos de serie
- Opcionales: termostato de pared
- Posibilidad de realizar control centralizado
- Cuadro electrónico incluido



		200	400	600
■ CARACTERÍSTICAS				
CAPACIDAD FRIGORÍFICA	KW	2,2	3,08	4,07
	BTU	7.508	10.511	13.890
	Frig/h	1.892	2.649	3.500
CAPACIDAD FRIGORÍFICA SENSIBLE	KW	1,3	2,76	3,35
	BTU	4.437	9.419	11.433
	Frig/h	1.118	2.374	2.881
CAPACIDAD CALORÍFICA 50/40	KW	3,02	4,34	5,69
	BTU	10.307	14.812	19.419
	Kcal/h	2.597	3.732	4.893
CAPACIDAD CALORÍFICA 60/50	KW	4,77	7,02	9,15
	BTU	16.279	23.958	31.227
	Kcal/h	4.102	6.037	7.869

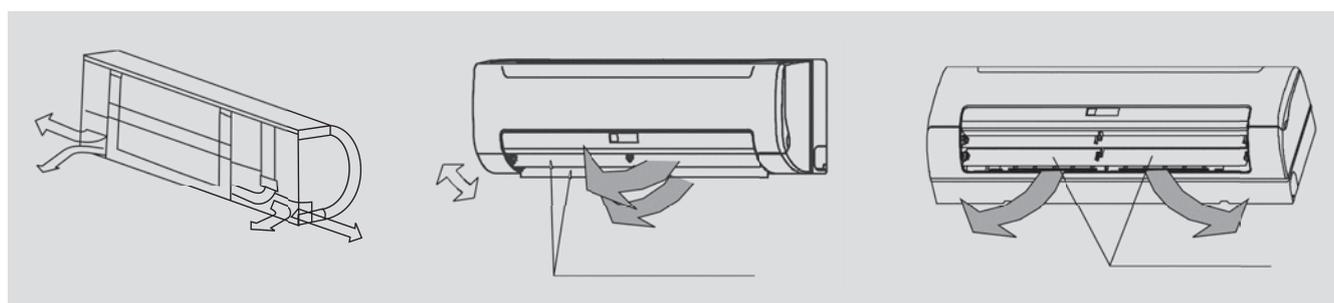
■ MOTOR VENTILADOR				
Q. AIRE	m³/h	425/360/320	680/580/510	1.020/870/770
ALIMENTACIÓN	V	220-240/50		
VELOCIDADES	Nº	3	3	3
POTENCIA ABSORBIDA	W	23	41	44
CORRIENTE FUNCIONAMIENTO	A	0,10	0,18	0,19
NIVEL POTENCIA SONORA	dB(A)	40/35/29	46/39/34	49/42/37
NIVEL PRESIÓN SONORA	dB(A)	30/24/20	37/31/26	40/34/29
NIVEL PRESIÓN SONORA VEL. SILENCIO	dB(A)	26	29	34

■ INSTALACIÓN				
CONEXIONADO TUBO AGUA	Pulgadas	3/4	3/4	3/4
PÉRDIDA CARGA BAT. AGUA	Kpa	12	22	26
CAUDAL AGUA	L/H	378	529	701
CONEXIÓN DIÁMETRO DESAGÜE	mm	20	20	20
BOMBA DE CONDENSADOS		No	No	No

■ DIMENSIONES				
PROFUNDO	mm	210	210	210
ALTO	mm	290	290	315
ANCHO	mm	915	915	1.070
PESO	KG	13	13	13

CÓDIGO	5600020002	5600020004	5600020006

DETALLES DEL MODELO



ANEXO 4: CERTIFICADOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se adjuntan certificados de eficiencia energética, el primero en el caso de ser una instalación convencional con caldera de condensación, para la comparación con el segundo de la instalación planteada con bomba de calor.

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	NAVE SYSCLIMA		
Dirección	POLIGONO CAT NAVE 6-14		
Municipio	Tudela	Código Postal	31500
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Comunidad Foral de Navarra
Zona climática	D2	Año construcción	2007
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	C.T.E.		
Referencia/s catastral/es	XXXXXXXXXXXXXXXX		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	<input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	ESTIBALIZ LUCAS ALONSO	NIF(NIE)	78951583N
Razón social	UPNA	NIF	A11111111
Domicilio	AVD TARAZONA		
Municipio	TUDELA	Código Postal	31500
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Comunidad Foral de Navarra
e-mail:	estilucas@hotmail.com	Teléfono	696048422
Titulación habilitante según normativa vigente	ARQUITECTURA TECNICA		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.1		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año]

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 31/5/2016

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	213.0
---	-------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Medianería	Fachada	156.08	0.00	
Muro de fachada	Fachada	42.67	0.66	Por defecto
Suelo con terreno	Suelo	76.39	0.66	Por defecto
Suelo con aire	Suelo	101.35	0.49	Por defecto

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco	Hueco	40.63	2.83	0.60	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional[%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Condensación	24.0	66.0	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional[%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sólo refrigeración	Maquina frigorífica		110.7	Electricidad	Estimado
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diario de ACS a 60° (litros/día)	500.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional[%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Condensación	24.0	66.0	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m ²]	Perfil de uso
Edificio	213.0	Intensidad Baja - 8h

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Intensidad Baja - 8h
----------------	----	-----	----------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES						
	41.9 E	CALEFACCIÓN		ACS			
	<i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i>		D	<i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i>		F	
	17.98		18.10				
			REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
<i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]¹</i>		<i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i>		D	<i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i>		A
		5.87		0.00			

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	5.87	1249.73
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	36.07	7683.64

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES						
	205.0 E	CALEFACCIÓN		ACS			
	<i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i>		E	<i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i>		E	
	84.90		85.45				
			REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
<i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]¹</i>		<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i>		D	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i>		A
		34.64		0.00			

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

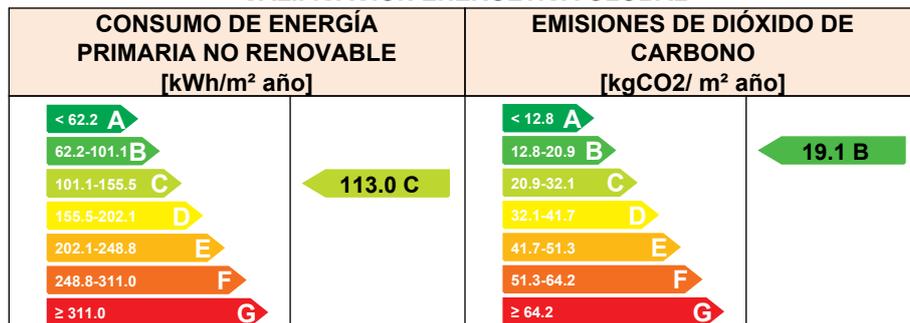
DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
47.1 E	19.6 C
<i>Demanda de calefacción [kWh/m² año]</i>	<i>Demanda de refrigeración [kWh/m² año]</i>

¹El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

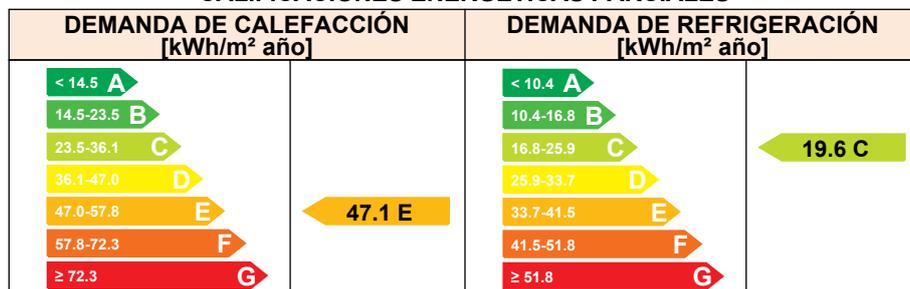
ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Bomba de calor de alta eficiencia para calefacción, refrigeración y ACS

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL



CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m ² año]	32.93	53.8 %	8.16	54.0 %	16.75	76.7 %	0.00	- %	57.83	64.1 %
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	64.34	D 24.2 %	15.94	B 54.0 %	32.72	B 61.7 %	0.00	A - %	113.00	C 44.9 %
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m ² año]	10.90	C 39.4 %	2.70	B 54.0 %	5.54	B 69.4 %	0.00	A - %	19.14	B 54.4 %
Demanda [kWh/m ² año]	47.09	E 0.0 %	19.62	C 0.0 %						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Coste estimado de la medida

-

Otros datos de interés

ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	31/5/2016
---	-----------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	NAVE SYSCLIMA		
Dirección	POLIGONO CAT NAVE 6-14		
Municipio	Tudela	Código Postal	31500
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Comunidad Foral de Navarra
Zona climática	D2	Año construcción	2007
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	C.T.E.		
Referencia/s catastral/es	XXXXXXXXXXXXXXXX		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	<input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	ESTIBALIZ LUCAS ALONSO	NIF(NIE)	78951583N
Razón social	UPNA	NIF	A11111111
Domicilio	AVD TARAZONA		
Municipio	TUDELA	Código Postal	31500
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Comunidad Foral de Navarra
e-mail:	estilucas@hotmail.com	Teléfono	696048422
Titulación habilitante según normativa vigente	ARQUITECTURA TECNICA		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.1		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año]
<p>< 62.2 A 62.2-101.1 B 101.1-155.5 C 155.5-202.1 D 202.1-248.8 E 248.8-311.0 F ≥ 311.0 G</p>	<p>< 12.8 A 12.8-20.9 B 20.9-32.1 C 32.1-41.7 D 41.7-51.3 E 51.3-64.2 F ≥ 64.2 G</p>
← 113.0 C	← 19.1 B

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 31/5/2016

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	213.0
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Medianería	Fachada	156.08	0.00	
Muro de fachada	Fachada	42.67	0.66	Por defecto
Suelo con terreno	Suelo	76.39	0.66	Por defecto
Suelo con aire	Suelo	101.35	0.49	Por defecto

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Huevo	Huevo	40.63	2.83	0.60	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional[%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		143.0	Electricidad	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional[%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		240.6	Electricidad	Estimado
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diario de ACS a 60° (litros/día)	500.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional[%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción, refrigeración y ACS	Bomba de Calor		283.0	Electricidad	Estimado
TOTALES	ACS				

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m ²]	Perfil de uso
Edificio	213.0	Intensidad Baja - 8h

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Intensidad Baja - 8h
----------------	----	-----	----------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	C	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	B
		10.90		5.54	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año] ¹		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	B	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	A
		2.70		0.00	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	19.14	4077.11
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	0.00	0.00

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	D	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	B
		64.34		32.72	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año] ¹		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	B	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	A
		15.94		0.00	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

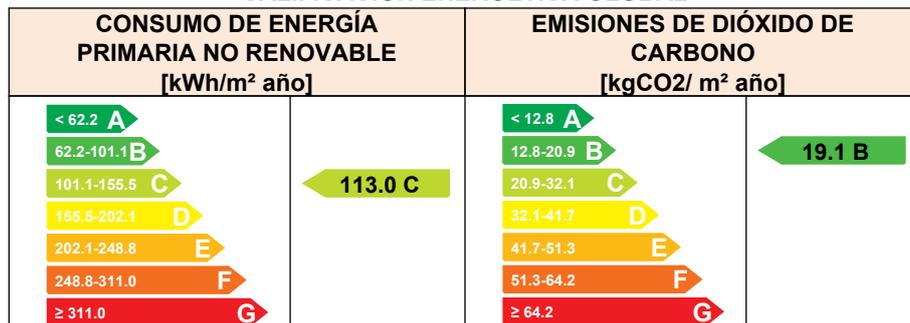
DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m ² año]

¹El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

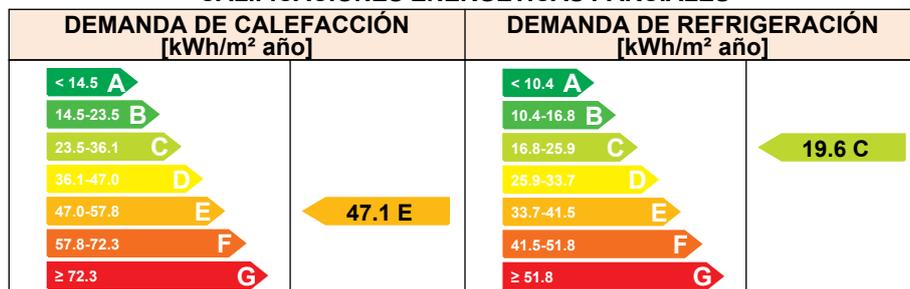
ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Bomba de calor de alta eficiencia para calefacción, refrigeración y ACS

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL



CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m ² año]	32.93	0.0 %	8.16	0.0 %	16.75	0.0 %	0.00	- %	57.83	0.0 %
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	64.34	D	15.94	B	32.72	B	0.00	A	113.00	C
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m ² año]	10.90	C	2.70	B	5.54	B	0.00	A	19.14	B
Demanda [kWh/m ² año]	47.09	E	19.62	C						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Coste estimado de la medida

-

Otros datos de interés

ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

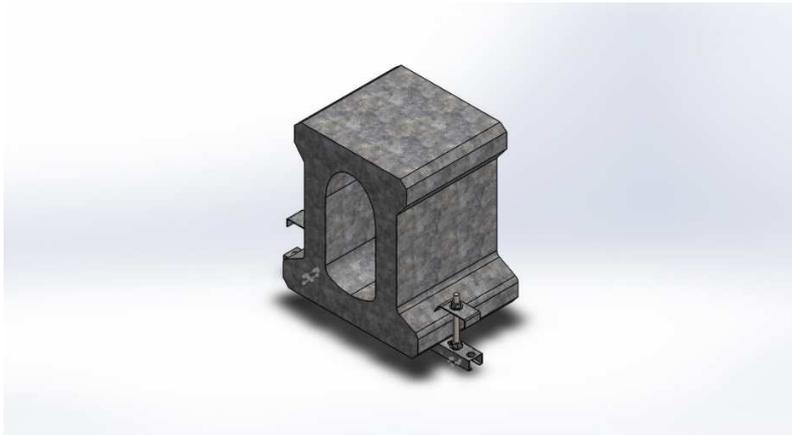
Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	31/5/2016
---	-----------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR

ANEXO 5: INFORME DE ELEMENTOS FINITOS

A continuación se adjuntan los informes de elementos finitos que crea el programa con más detalle. Se adjunta el informe para un peso aplicado de 50kg y otro para 100kg.



Simulación de Ensamblaje1

Fecha: jueves, 16 de junio de 2016
Diseñador: Solidworks
Nombre de estudio: Estudio 5 (50kg)
Tipo de análisis: Análisis estático

Table of Contents

Descripción	1
Suposiciones	2
Información de modelo	2
Propiedades del estudio	7
Unidades	7
Propiedades de material	8
Cargas y sujeciones	10
Definiciones de conector	11
Información de contacto	12
Información de malla	19
Detalles del sensor	21
Fuerzas resultantes	22
Vigas.....	22
Resultados del estudio	23
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

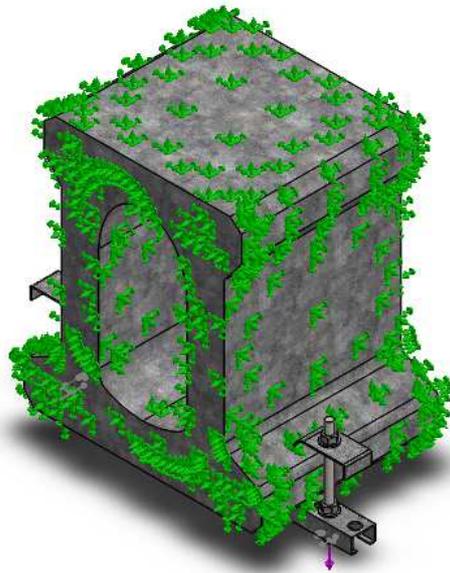
Descripción

No hay datos



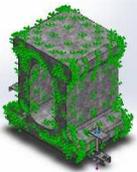
Suposiciones

Información de modelo

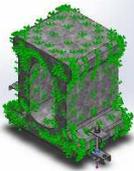
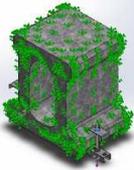
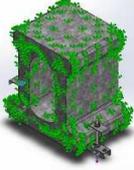
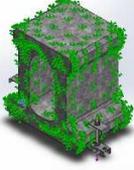


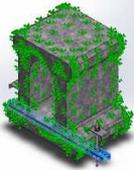
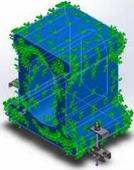
Nombre del modelo: Ensamblaje1
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

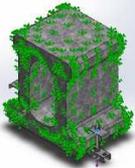
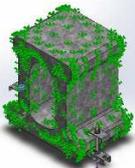
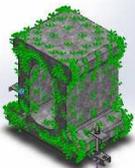
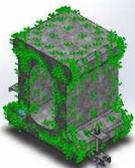
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016

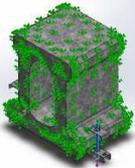
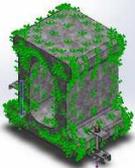


Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016

<p>Saliente-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.023028 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016</p>
<p>Cortar-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:0.23728 kg Volumen:3.01499e-005 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:2.32534 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Canaleta 400.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016</p>
<p>Saliente-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:67.211 kg Volumen:0.00854015 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:658.668 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Perfil tubular300.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016</p>
<p>Cortar-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:0.028504 kg Volumen:3.62186e-006 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.279339 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Pieza para perfiles grandes_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016</p>
<p>Cortar-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:0.028504 kg Volumen:3.62186e-006 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.279339 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Pieza para perfiles grandes_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016</p>
<p>Cortar-Barrer1</p> 	Sólido	<p>Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.0501895 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:32 2016</p>



<p>Cortar-Barrer1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.0501895 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:32 2016</p>
<p>Cortar-Barrer1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.0501895 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:32 2016</p>
<p>Cortar-Barrer1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.0501895 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:32 2016</p>
<p>Cortar-Barrer1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.0501895 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:32 2016</p>
<p>Cortar-Barrer1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.0501895 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:32 2016</p>
<p>Cortar-Barrer1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.0501895 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:32 2016</p>

<p>Cortar-Barrer1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:0.0501895 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 16 11:51:32 2016</p>
<p>Saliente-Extruir1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.0464453 kg Volumen:6.03186e-006 m³ Densidad:7700 kg/m³ Peso:0.455164 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Varilla M8 X 120_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016</p>
<p>Saliente-Extruir1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.0464453 kg Volumen:6.03186e-006 m³ Densidad:7700 kg/m³ Peso:0.455164 N</p>	<p>C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Varilla M8 X 120_2.SLDPRT Jun 16 11:51:33 2016</p>

Propiedades del estudio

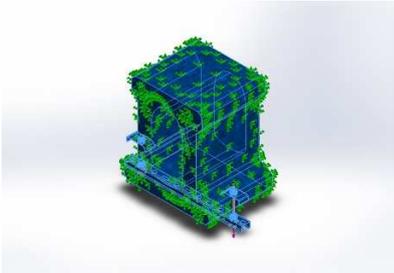
Nombre de estudio	Estudio 5 (50kg)
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO\UNIVERSIDAD\DISEÑO\SOLID 2\Perfil tubular con M8 - copia)

Unidades

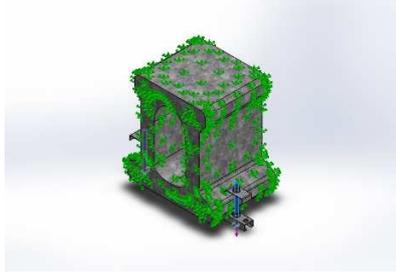
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²



Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p> Nombre: Acero galvanizado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises Límite elástico: 2.03943e+008 N/m² Límite de tracción: 3.56901e+008 N/m² Módulo elástico: 2e+011 N/m² Coefficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 7870 kg/m³ </p>	<p> Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-10), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-2), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-5), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-6), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-7), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-8), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-9), Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Canaleta 400-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Perfil tubular300-1), Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Pieza para perfiles grandes_2-1), Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Pieza para perfiles grandes_2-4), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-1), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-10), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-2), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-5), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-6), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-7), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-8), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-9) </p>
Datos de curva:N/A		





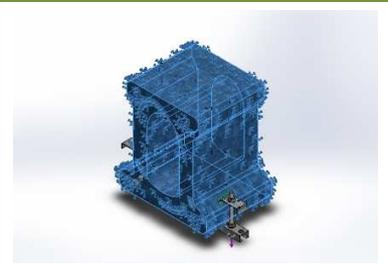
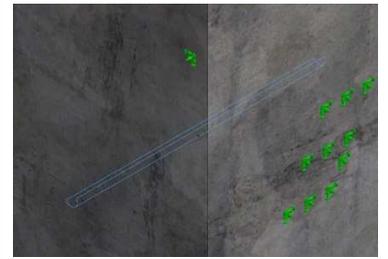
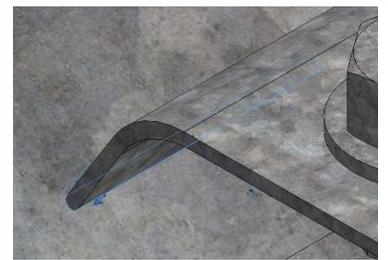
Nombre: Acero aleado
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises
Límite elástico: 6.20422e+008 N/m²
Límite de tracción: 7.23826e+008 N/m²
Módulo elástico: 2.1e+011 N/m²
Coefficiente de Poisson: 0.28
Densidad: 7700 kg/m³
Módulo cortante: 7.9e+010 N/m²
Coefficiente de dilatación térmica: 1.3e-005 /Kelvin

Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Varilla M8 X 120_2-1),
Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Varilla M8 X 120_2-3)

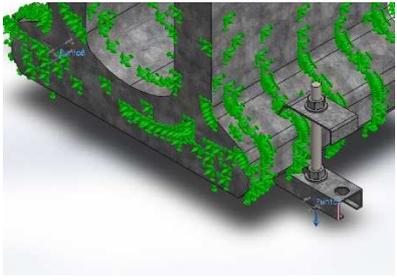
Datos de curva:N/A



Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 arista(s), 28 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.112368	479.819	-0.563638	479.819
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0
Fijo-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	8.6618	9.69045	0.256597	12.9999
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0
Fijo-3		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-8.71042	9.75142	0.174362	13.0764
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

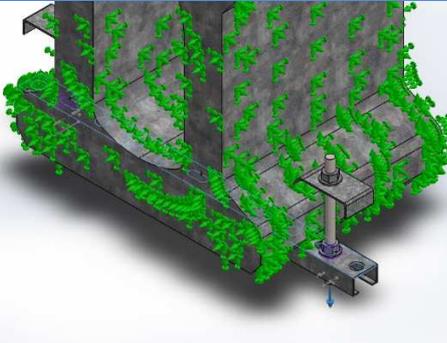
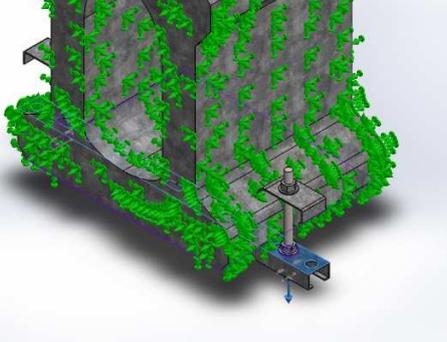
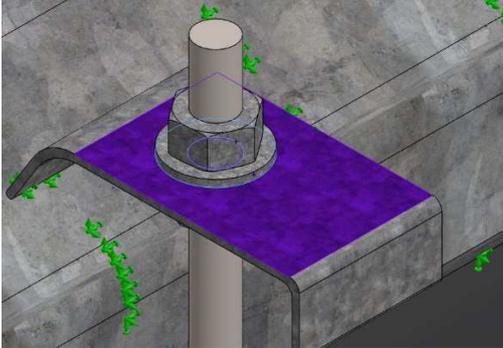
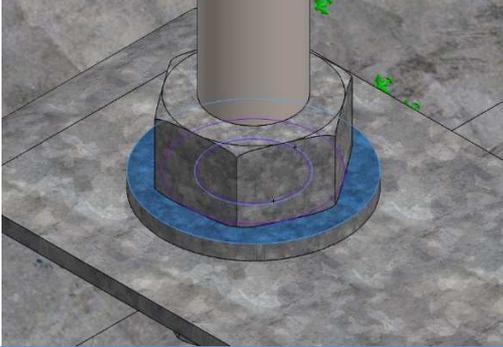


Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -250 N</p>

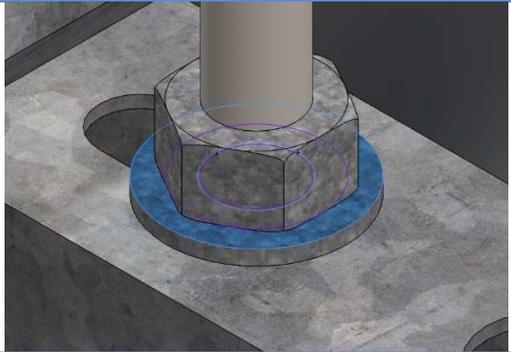
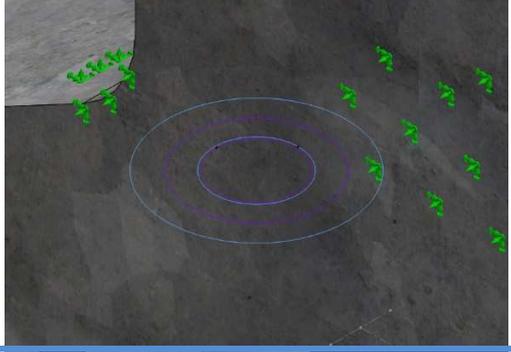
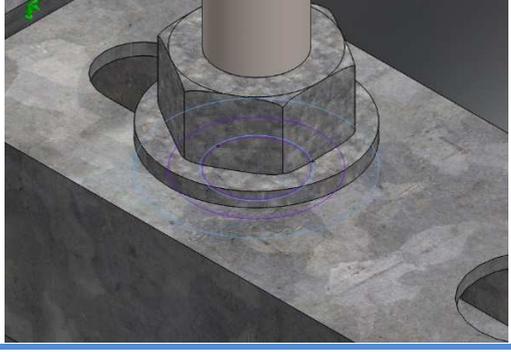
Definiciones de conector

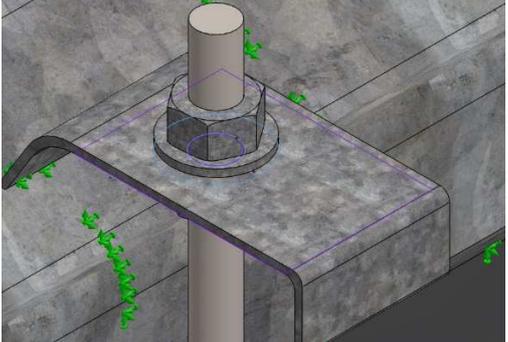
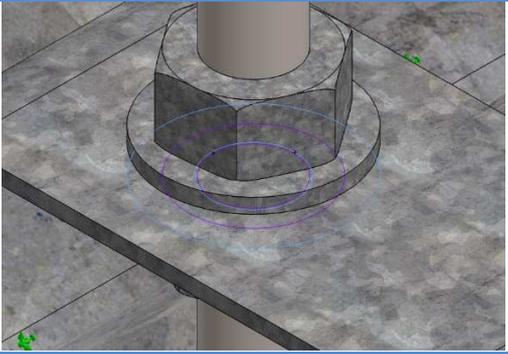
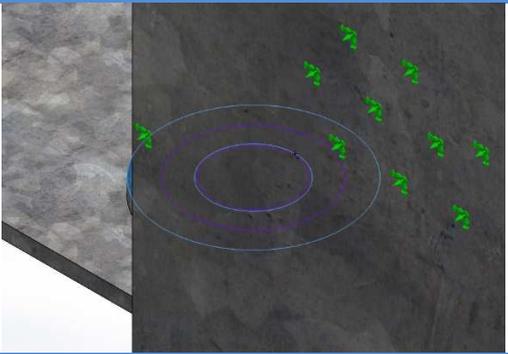
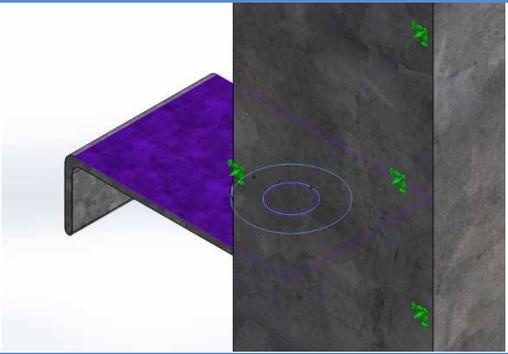
No hay datos

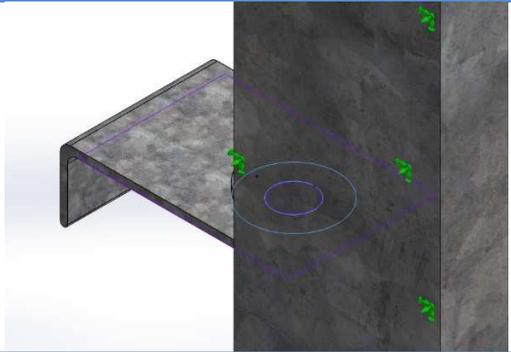
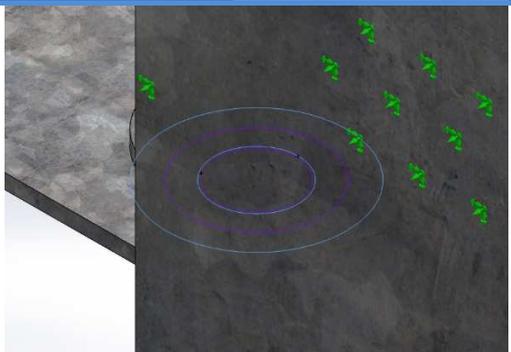
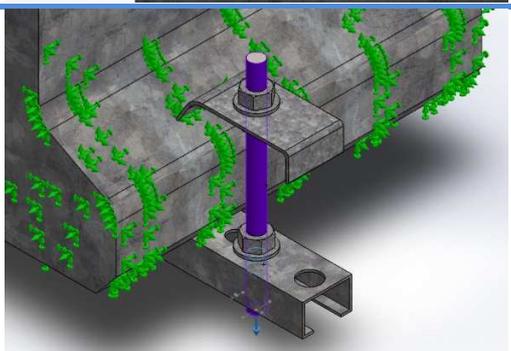
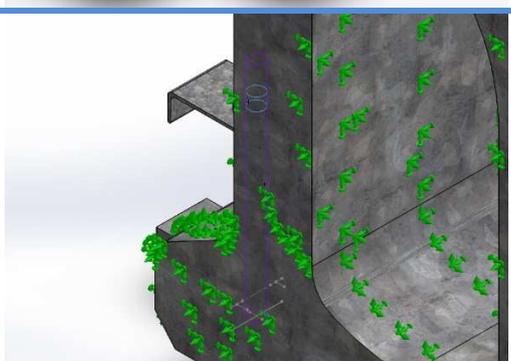
Información de contacto

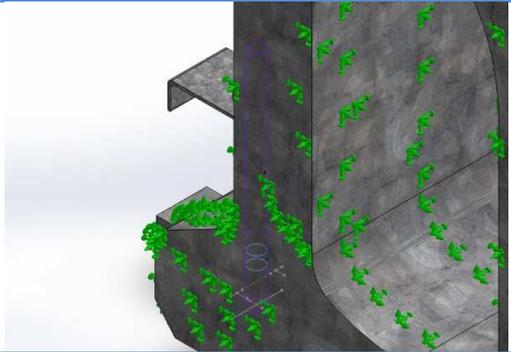
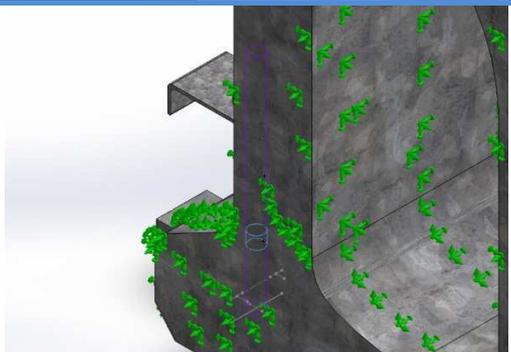
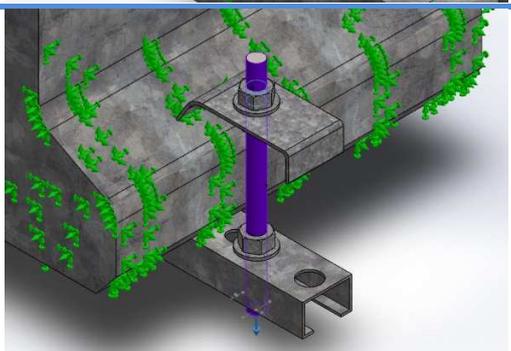
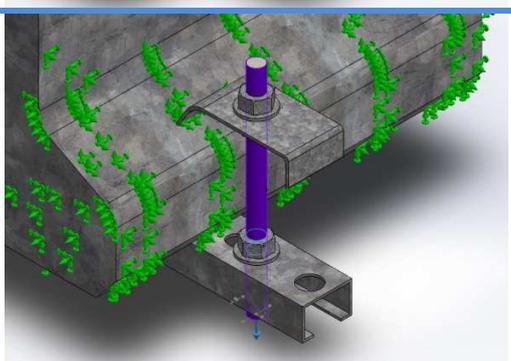
Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto-1		<p>Tipo: Par de contacto rígido</p> <p>Entidades: 3 cara(s)</p>
Contacto-2		<p>Tipo: Par de contacto rígido</p> <p>Entidades: 4 cara(s)</p>
Contacto-3		<p>Tipo: Par de contacto rígido</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p>
Contacto-4		<p>Tipo: Par de contacto rígido</p> <p>Entidades: 2 cara(s)</p>

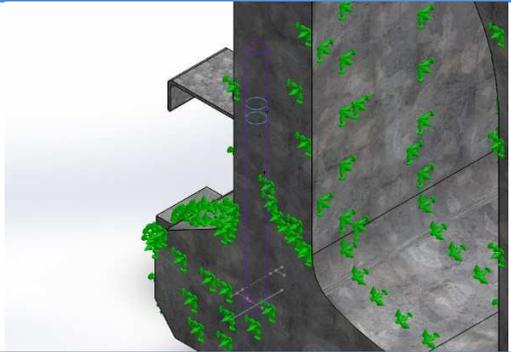
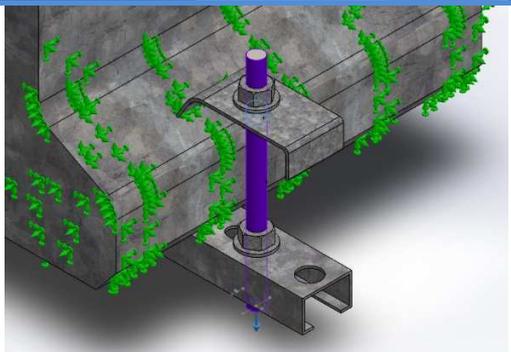
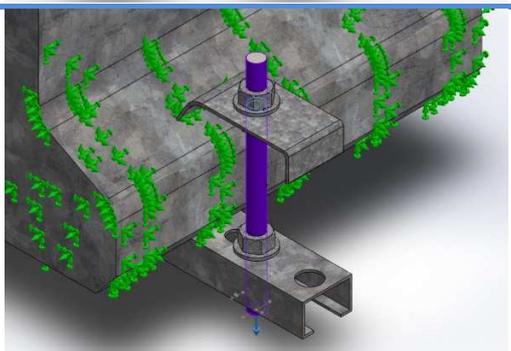
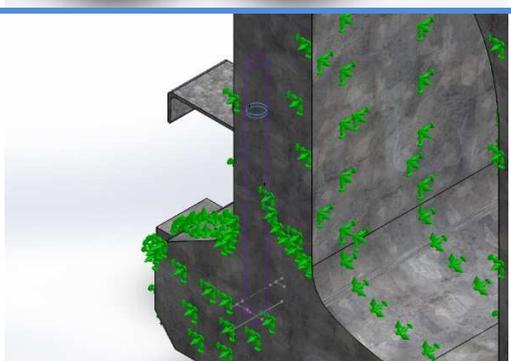


<p>Contacto-5</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-9</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-10</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-11</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>

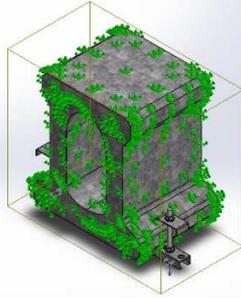
<p>Contacto-13</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-14</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-15</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-16</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>

<p>Contacto-17</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-18</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-20</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-22</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>

<p>Contacto-23</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-24</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-26</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-28</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>

<p>Contacto-31</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-33</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-34</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>
<p>Contacto-37</p>		<p>Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 2 cara(s)</p>

Contacto global



Tipo: Unión rígida
Componentes: 1
componente(s)
Opciones: Mallado
compatible



Información de malla

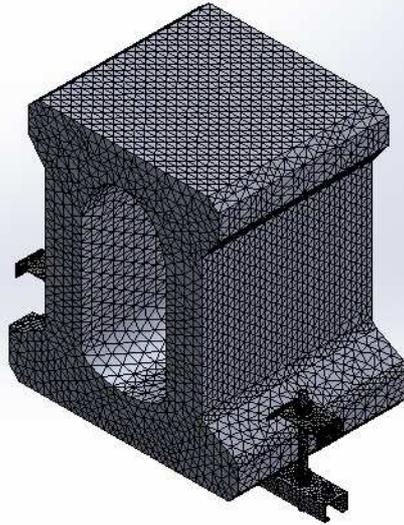
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	12.8056 mm
Tolerancia	0.640282 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

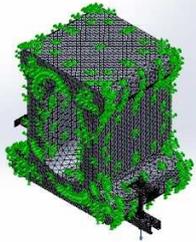
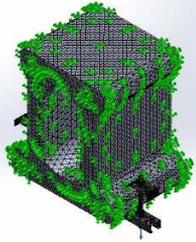
Número total de nodos	187124
Número total de elementos	115742
Cociente máximo de aspecto	12.147
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	91.6
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0121
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:11
Nombre de computadora:	ESTI

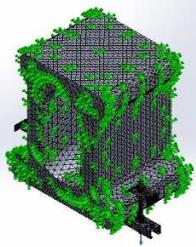
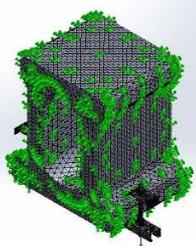
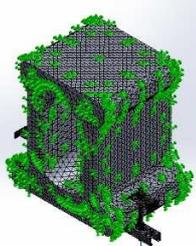
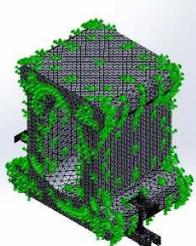


Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5 (50lg)
 Tipo de malla: Malla de sólido



Información sobre el control de malla:

Nombre del control de malla	Imagen del control de malla	Detalles del control de malla
Control-1	<small>Nombre de control: Control1 Nombre de estudio: Estudio 5 (50lg) Tipo de malla: Malla de sólido</small> 	Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 5.12226 Coeficiente: 1.5
Control-2	<small>Nombre de control: Control2 Nombre de estudio: Estudio 5 (50lg) Tipo de malla: Malla de sólido</small> 	Entidades: 8 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 5.12226 Coeficiente: 1.5

Control-3	<p>Nombre de mundo: D:\part1.prt Nombre de estado: Control 3 (CSA3) Tipo de malla: Malla de sólido</p> 	<p>Entidades: 1 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 10.2445 Coficiente: 1.5</p>
Control-4	<p>Nombre de mundo: D:\part1.prt Nombre de estado: Control 4 (CSA4) Tipo de malla: Malla de sólido</p> 	<p>Entidades: 8 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 5.12226 Coficiente: 1.5</p>
Control-5	<p>Nombre de mundo: D:\part1.prt Nombre de estado: Control 5 (CSA5) Tipo de malla: Malla de sólido</p> 	<p>Entidades: 2 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 5.12226 Coficiente: 1.5</p>
Control-6	<p>Nombre de mundo: D:\part1.prt Nombre de estado: Control 6 (CSA6) Tipo de malla: Malla de sólido</p> 	<p>Entidades: 2 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 5.12226 Coficiente: 1.5</p>

Detalles del sensor

No hay datos

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.160984	499.261	-0.132678	499.261

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N·m	0	0	0	0

Vigas

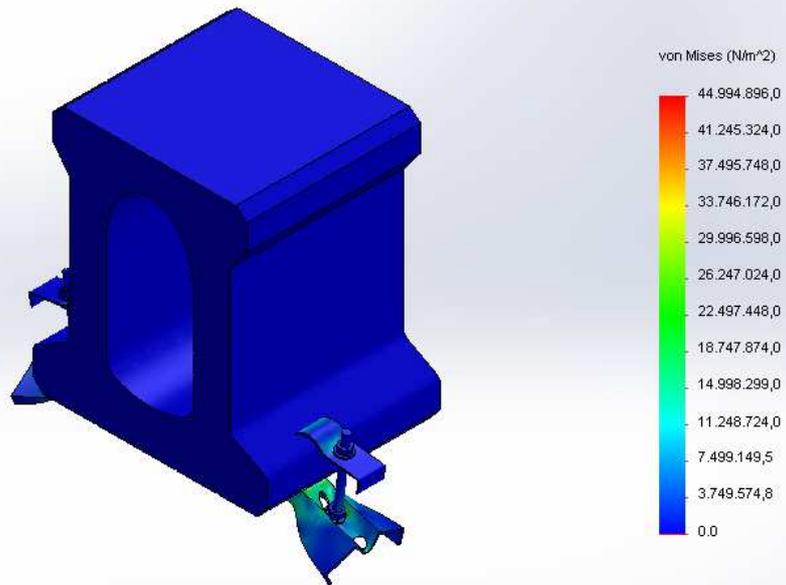
No hay datos



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.97679e-009 N/m ² Nodo: 32941	4.49949e+007 N/m ² Nodo: 160495

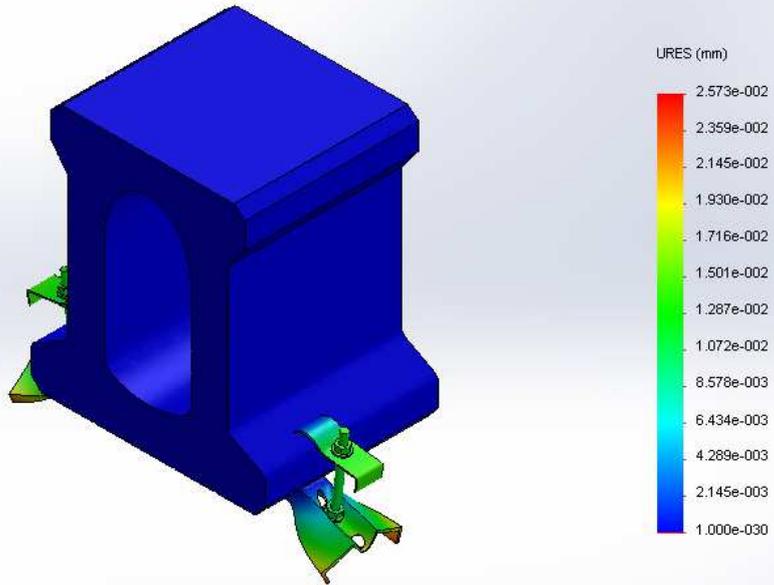
Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5 (50kg)
 Tipo de resultado: Análisis estático: tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1913.99



Ensamblaje1-Estudio 5 (50kg)-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 17600	0.0257345 mm Nodo: 1511

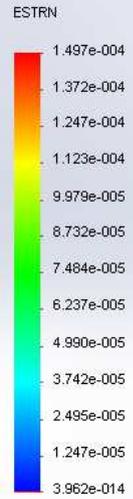
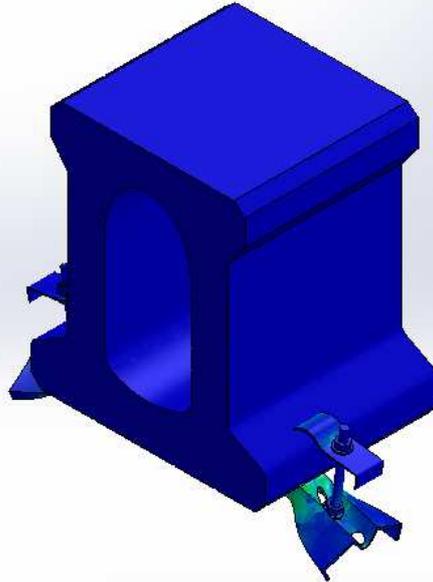
Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5 (50kg)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1913.99



Ensamblaje1-Estudio 5 (50kg)-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.96246e-014 Elemento: 43637	0.000149686 Elemento: 99259

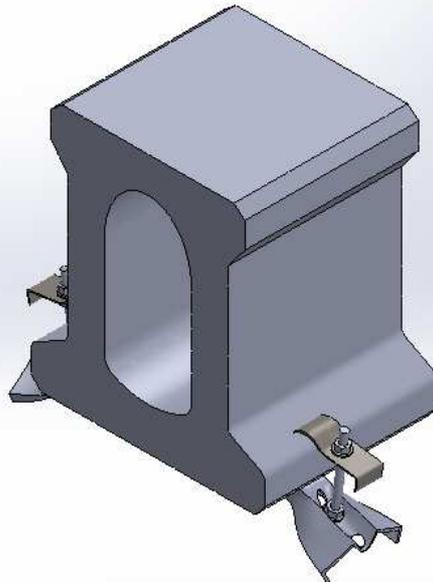
Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5 (50kg)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 1913.99



Ensamblaje1-Estudio 5 (50kg)-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada

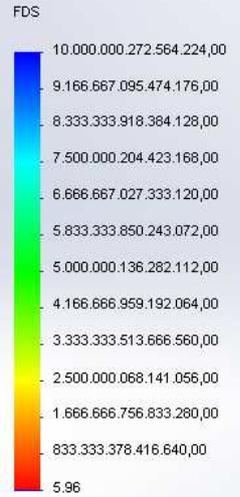
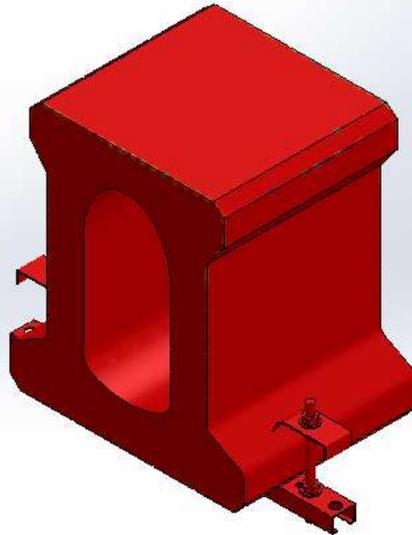
Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5 (50kg)
 Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos1(1)
 Escala de deformación: 1913.99



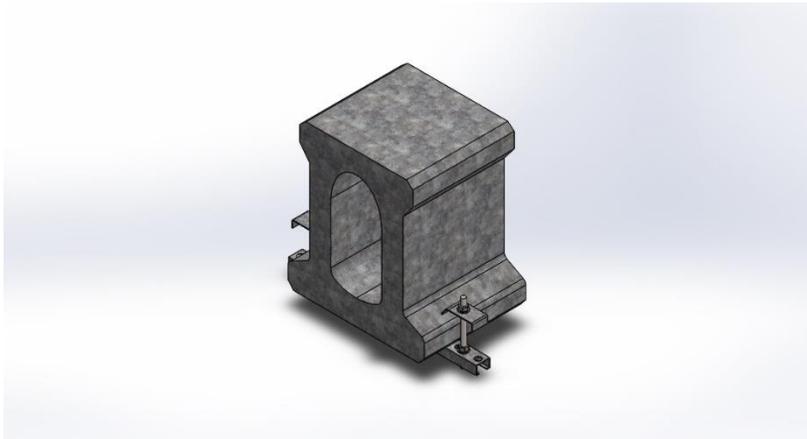
Ensamblaje1-Estudio 5 (50kg)-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	5.96391 Nodo: 1596	1e+016 Nodo: 32941

Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5 (50kg)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 6



Ensamblaje1-Estudio 5 (50kg)-Factor de seguridad-Factor de seguridad1



Descripción
No hay datos

Simulación de Ensamblaje1

Fecha: lunes, 20 de junio de 2016
Diseñador: Solidworks
Nombre de estudio: Estudio 5(100kg)
Tipo de análisis: Análisis estático

Table of Contents

Descripción	1
Suposiciones	2
Información de modelo	2
Propiedades del estudio	6
Unidades	6
Propiedades de material	7
Cargas y sujeciones.....	9
Definiciones de conector	10
Información de contacto	10
Información de malla	11
Detalles del sensor	12
Fuerzas resultantes.....	12
Vigas	13
Resultados del estudio.....	14
Conclusión	16

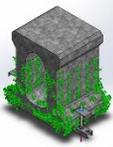
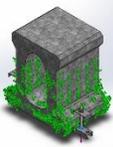
Suposiciones

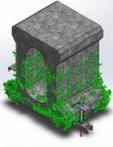
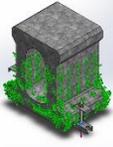
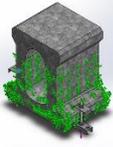
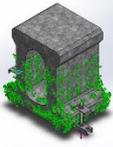
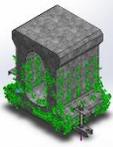
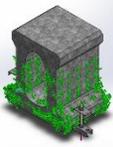
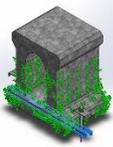
Información de modelo

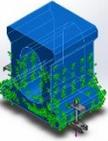
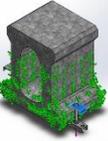
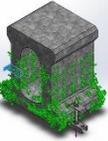
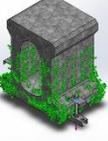
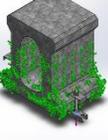


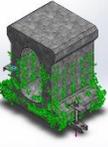
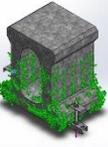
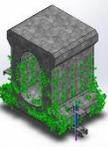
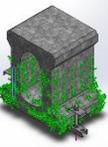
Nombre del modelo: Ensamblaje1
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016

Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0023498 kg Volumen:2.98577e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.023028 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Arandela 8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:0.23728 kg Volumen:3.01499e-005 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:2.32534 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Canaleta 400.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016

Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:67.211 kg Volumen:0.00854015 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:658.668 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Perfil tubular300.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:0.028504 kg Volumen:3.62186e-006 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.279339 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Pieza para perfiles grandes_2.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:0.028504 kg Volumen:3.62186e-006 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.279339 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Pieza para perfiles grandes_2.SLDPRT Jun 20 18:54:56 2016
Cortar-Barrer1 	Sólido	Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.0501895 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:54 2016
Cortar-Barrer1 	Sólido	Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.0501895 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:54 2016
Cortar-Barrer1 	Sólido	Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.0501895 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:54 2016
Cortar-Barrer1 	Sólido	Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.0501895 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copia\Tuerca M8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:54 2016

Cortar-Barrer1 	Sólido	Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.0501895 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copiaTuerca M8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:54 2016
Cortar-Barrer1 	Sólido	Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.0501895 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copiaTuerca M8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:54 2016
Cortar-Barrer1 	Sólido	Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.0501895 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copiaTuerca M8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:54 2016
Cortar-Barrer1 	Sólido	Masa:0.00512138 kg Volumen:6.50747e-007 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:0.0501895 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copiaTuerca M8_2.SLDPRT Jun 20 18:54:54 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0464453 kg Volumen:6.03186e-006 m ³ Densidad:7700 kg/m ³ Peso:0.455164 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copiaVarilla M8 X 120_2.SLDPRT Jun 20 18:54:55 2016
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.0464453 kg Volumen:6.03186e-006 m ³ Densidad:7700 kg/m ³ Peso:0.455164 N	C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO \UNIVERSIDAD\DISEÑO\SO LID 2\Perfil tubular con M8 - copiaVarilla M8 X 120_2.SLDPRT Jun 20 18:54:55 2016

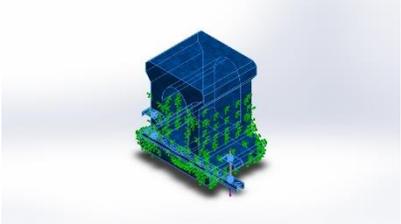
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio 5(100kg)
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (C:\Users\Esti Lucas\Desktop\PROYECTO\UNIVERSIDAD\DISEÑO\SOLID 2\Perfil tubular con M8 - copia)

Unidades

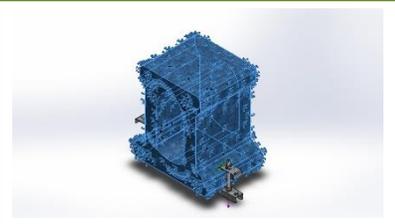
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Acero galvanizado</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises</p> <p>Límite elástico: 2.03943e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 3.56901e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7870 kg/m³</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-10), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-2), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-5), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-6), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-7), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-8), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Arandela 8_2-9), Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Canaleta 400-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Perfil tubular300-1), Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Pieza para perfiles grandes_2-1), Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Pieza para perfiles grandes_2-4), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-1), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-10), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-2), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-5), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-6), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-7), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-8), Sólido 1(Cortar-Barrer1)(Tuerca M8_2-9)</p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

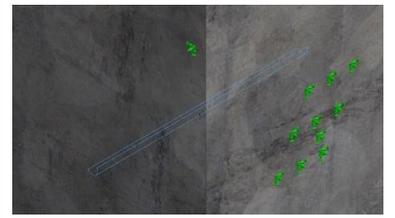
	<p>Nombre: Acero aleado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises Límite elástico: 6.20422e+008 N/m² Límite de tracción: 7.23826e+008 N/m² Módulo elástico: 2.1e+011 N/m² Coefficiente de Poisson: 0.28 Densidad: 7700 kg/m³ Módulo cortante: 7.9e+010 N/m² Coefficiente de dilatación térmica: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Varilla M8 X 120_2-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Varilla M8 X 120_2-3)</p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 28 cara(s) Tipo: Geometría fija

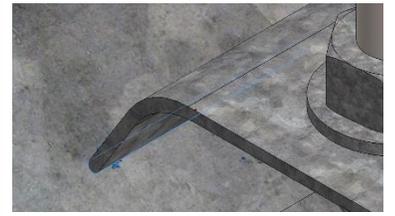
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	1.73439	956.331	-1.2966	956.333
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

Fijo-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	---	--

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	22.2296	19.4651	-0.0389045	29.5474
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

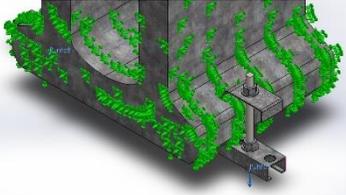
Fijo-3		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	---	--

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-22.9422	21.6187	0.0211964	31.5232
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga

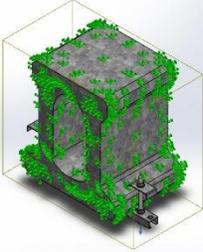


Fuerza-1		Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 500 N
----------	---	---

Definiciones de conector

No hay datos

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

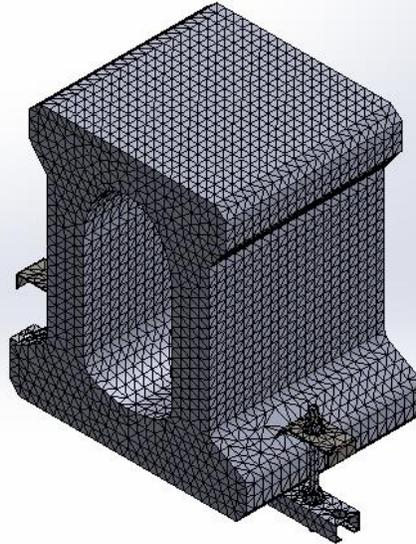
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	10.2445 mm
Tolerancia	0.512225 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	92076
Número total de elementos	60036
Cociente máximo de aspecto	37.379
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	92.5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.573
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:33
Nombre de computadora:	ESTI

Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5(100kg)
 Tipo de malla: Malla de sólido



Detalles del sensor

No hay datos

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	1.02185	997.415	-1.3143	997.416

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N·m	0	0	0	0

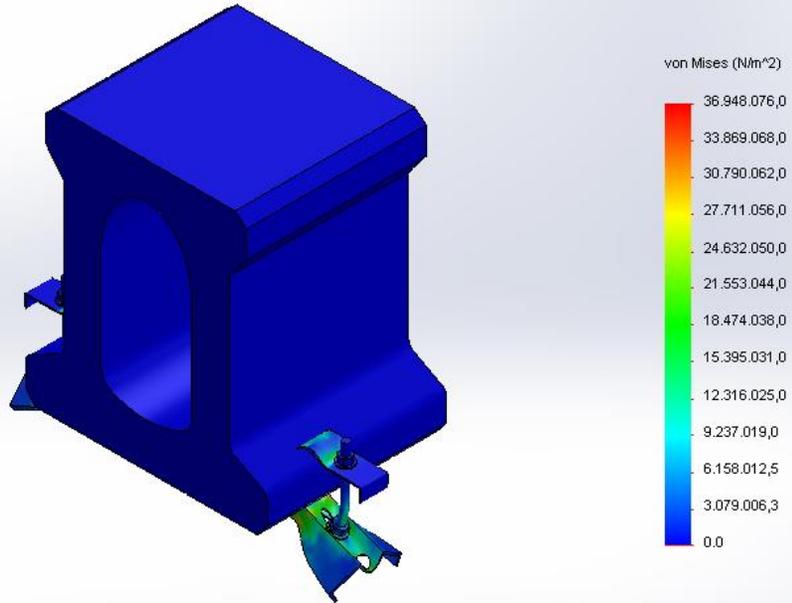


Vigas
No hay datos

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	5.19561e-008 N/m ² Nodo: 79763	3.69481e+007 N/m ² Nodo: 4432

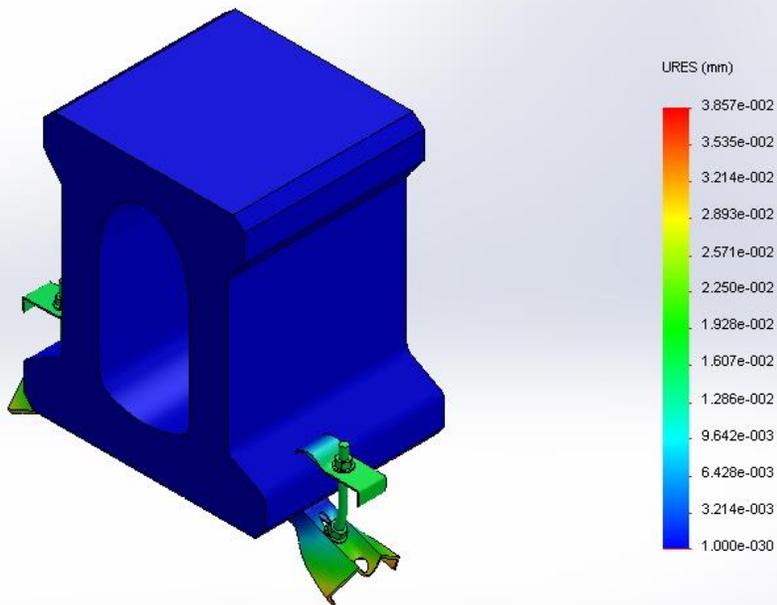
Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5(100kg)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1163.73



Ensamblaje1-Estudio 5(100kg)-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1945	0.0385676 mm Nodo: 2507

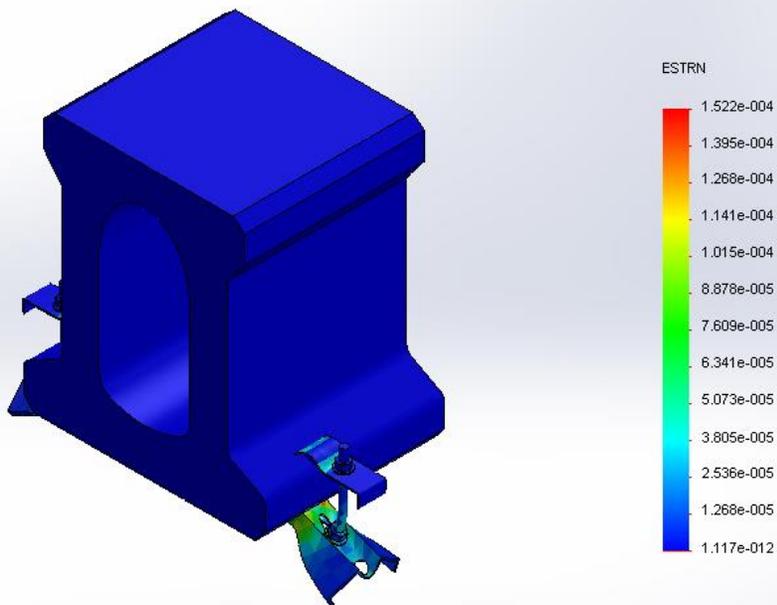
Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5(100kg)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1163.73



Ensamblaje1-Estudio 5(100kg)-Desplazamientos-Desplazamientos1

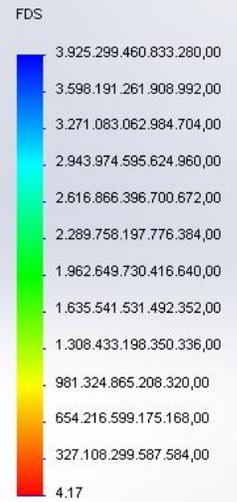
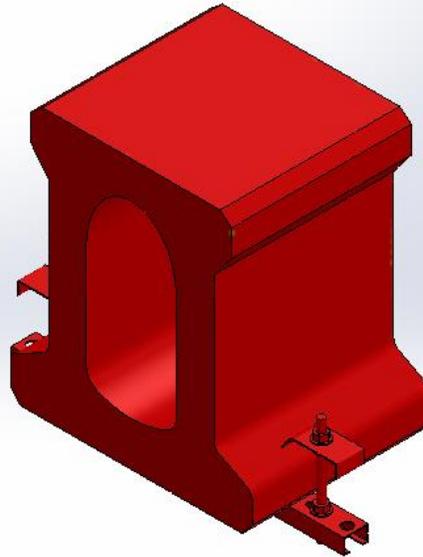
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.11716e-012 Elemento: 53644	0.000152186 Elemento: 1874

Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5(100kg)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 1163.73



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	4.17346 Nodo: 1767	3.9253e+015 Nodo: 79763

Nombre de modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Estudio 5(100kg)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 4.2



Ensamblaje1-Estudio 5(100kg)-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

Conclusión