



# **UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Departamento de Energía y Medioambiente**

**Trabajo de Fin de Grado**

**Sistema de calefacción del terreno de juego de un campo de fútbol de césped natural en clima continental de la Península Ibérica**

**Documento I - Memoria**

**AUTOR: Miguel García Rodríguez**

**TUTOR: Francisco Javier Fernández García**

**Julio, 2021**

# Agradecimientos

Me gustaría agradecer, en primer lugar, a mi familia, tanto mis padres por permitirme estudiar una carrera lejos de mi casa, Ribadeo, ya que supone un gasto económico importante y por apoyarme en todos los momentos a lo largo de estos años, sobre todo en los no tan buenos. A mi hermano, por dedicarme atención y ayudarme en las cosas relativas a estudiar una ingeniería, ya que él también estudió una. A mi tutor del TFG, Francisco Javier Fernández García, por volcarse tanto e implicarse en lo relativo a la realización del proyecto. A Hipólito Fernández, director comercial de la delegación en Asturias de Sedical, por atender a cada una de mis cuestiones en lo relativo al dimensionado del sistema, así como el resto de personal de empresas que dedicaron parte de su tiempo a responder mis cuestiones.

Nada de esto sería posible sin su ayuda, Gracias.

# Índice

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>ALCANCE .....</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>CÁLCULO Y DIMENSIONADO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DEL CAMPO DE FÚTBOL .....</b>	<b>5</b>
4.1.	ESTUDIO DEL FLUJO DE CALOR .....	6
4.1.1.	<i>Flujo de calor por radiación solar o radiación solar neta absorbida por la superficie .....</i>	<i>6</i>
4.1.2.	<i>Flujo de calor por convección.....</i>	<i>7</i>
4.1.3.	<i>Flujo de calor por radiación de onda larga .....</i>	<i>9</i>
4.1.4.	<i>Flujo de calor por la evaporación de la lluvia y la nieve fundida .....</i>	<i>10</i>
4.1.5.	<i>Flujo de calor sensible por lluvia .....</i>	<i>10</i>
4.1.6.	<i>Flujo de calor por fusión de la nieve .....</i>	<i>11</i>
4.1.7.	<i>Flujo de calor total .....</i>	<i>13</i>
4.2.	ESTUDIO DE LA TRANSMISIÓN DE CALOR .....	14
4.2.1.	<i>Convección agua-tubo .....</i>	<i>17</i>
4.2.2.	<i>Conducción entre la cara interna de la tubería y la externa a lo largo de su espesor .....</i>	<i>22</i>
4.2.3.	<i>Conducción en tubos cilíndricos isotérmicos paralelos enterrados en un espacio semi-infinito .....</i>	<i>23</i>
4.2.4.	<i>Resultado final .....</i>	<i>25</i>
<b>5.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA.....</b>	<b>27</b>
5.1.	DISEÑO HIDRÁULICO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR.....	28
5.2.	ACUMULACIÓN .....	30
5.3.	AEROTERMIA.....	31
5.4.	INSTALACIÓN FINAL .....	34
<b>6.</b>	<b>DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS .....</b>	<b>35</b>
6.1.	BOMBAS DE CALOR DE AEROTERMIA.....	36
6.2.	BOOSTERS O BOMBAS DE CALOR AGUA-AGUA.....	38
6.3.	ACUMULADORES .....	40
6.4.	TUBERÍAS.....	41
6.4.1.	<i>Tuberías del intercambiador de calor del campo de fútbol .....</i>	<i>41</i>
6.4.2.	<i>Colectores de ida y de retorno del intercambiador de calor .....</i>	<i>41</i>
6.4.3.	<i>Tuberías de ida y de retorno .....</i>	<i>44</i>

6.4.4.	<i>Tuberías en acumuladores</i> .....	45
6.4.5.	<i>Colector intermedio</i> .....	48
6.4.6.	<i>Tuberías Booster</i> .....	50
6.4.7.	<i>Tuberías bombas de calor</i> .....	50
6.5.	BOMBAS.....	51
6.5.1.	<i>Bombas en las tuberías de retorno</i> .....	51
6.5.2.	<i>Bombas en las tuberías de los acumuladores</i> .....	55
6.6.	DEPÓSITO DE INERCIA.....	59
6.7.	VASOS DE EXPANSIÓN.....	60
6.7.1.	<i>Vasos de expansión en el intercambiador de calor del campo de fútbol</i> .....	62
6.7.2.	<i>Vaso de expansión en el circuito de inercia</i> .....	62
7.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>64</b>
8.	<b>PLANIFICACIÓN</b> .....	<b>65</b>
9.	<b>CRONOGRAMA</b> .....	<b>66</b>
10.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>67</b>

# Índice de figuras y ecuaciones

ILUSTRACIÓN 1.1 ESQUEMA DE UNA BOMBA DE CALOR.....	2
ECUACIÓN 4-1: FLUJO DE CALOR POR RADIACIÓN SOLAR .....	6
ECUACIÓN 4-2: FLUJO DE CALOR POR CONVECCIÓN.....	7
ECUACIÓN 4-3: COEFICIENTE DE CONVECCIÓN .....	7
ECUACIÓN 4-4: COEFICIENTE DE INTERCAMBIO ADIMENSIONAL DE CALOR .....	8
ECUACIÓN 4-5: FLUJO DE CALOR POR RADIACIÓN DE ONDA LARGA .....	9
ECUACIÓN 4-6: FLUJO DE CALOR POR EVAPORACIÓN .....	10
ECUACIÓN 4-7: FLUJO DE CALOR SENSIBLE POR LLUVIA .....	11
ECUACIÓN 4-8: FLUJO DE CALOR SENSIBLE POR FUSIÓN DE LA NIEVE.....	12
ECUACIÓN 4-9: FLUJO DE CALOR LATENTE POR LA NIEVE .....	12
ECUACIÓN 4-10: FLUJO DE CALOR TOTAL.....	13
ECUACIÓN 4-11: POTENCIA TÉRMICA.....	15
ECUACIÓN 4-12: FLUJO MÁSSICO DE AGUA.....	16
ECUACIÓN 4-13: POTENCIA TÉRMICA POR TRANSMISIÓN DE CALOR.....	16
ECUACIÓN 4-14: NÚMERO DE REYNOLDS .....	17
ILUSTRACIÓN 4.1 CONVECCIÓN POR EL INTERIOR DE TUBERÍAS .....	18
ECUACIÓN 4-15: FÓRMULA DE PETUKHOV.....	19
ECUACIÓN 4-16: FÓRMULA DE GNIELINSKI .....	20
ECUACIÓN 4-17: NÚMERO DE PRANDTL.....	21
ECUACIÓN 4-18: NÚMERO DE NUSSSELT .....	21
ILUSTRACIÓN 4.2 CONDUCCIÓN EN PARED CILÍNDRICA SIMPLE .....	23
ILUSTRACIÓN 4.3 CONDUCCIÓN EN TUBOS CILÍNDRICOS ISOTÉRMICOS PARALELOS QUE ESTÁN ENTERRADOS EN UN ESPACIO SEMI- INFINITO.....	24
ECUACIÓN 4-19: FACTOR DE FORMA .....	24
ILUSTRACIÓN 4.4 ESQUEMA DE LA DISPOSICIÓN DE LAS TUBERÍAS.....	25
ILUSTRACIÓN 5.1 ESQUEMA DE LOS SUBSISTEMAS.....	27
ILUSTRACIÓN 5.2 DISPOSICIÓN DE LAS TUBERÍAS EN UN CAMPO DE FÚTBOL.....	28
ILUSTRACIÓN 5.3 EJEMPLO DE RETORNO INVERTIDO.....	29
ILUSTRACIÓN 5.4 EJEMPLO DE ACUMULADOR .....	30
ILUSTRACIÓN 5.5 ESQUEMA DEL CIRCUITO DE PRODUCCIÓN DE CALOR .....	32
ILUSTRACIÓN 6.1 BOMBA DE CALOR.....	36

ILUSTRACIÓN 6.2 CAMPO OPERATIVO DE LA BOMBA DE CALOR .....	37
TABLA 6.1 SELECCIÓN DEL BOOSTER .....	38
ILUSTRACIÓN 6.3 BOOSTER .....	39
ILUSTRACIÓN 6.4 CAMPO OPERATIVO DEL BOOSTER.....	39
ILUSTRACIÓN 6.5 TUBERÍAS DE PE-Xb.....	41
ECUACIÓN 6-1: SECCIÓN DE LA TUBERÍA .....	42
ECUACIÓN 6-2: SECCIÓN DEL COLECTOR .....	42
ILUSTRACIÓN 6.6 TUBERÍAS DE PE-100.....	43
TABLA 6.2 SELECCIÓN DEL ESPESOR DE AISLAMIENTO MÍNIMO SEGÚN EL RITE .....	43
ECUACIÓN 6-3: DIÁMETRO MÍNIMO DE LA TUBERÍA .....	44
ECUACIÓN 6-4: COMPROBACIÓN DE VELOCIDAD .....	45
ECUACIÓN 6-5: POTENCIA TÉRMICA.....	46
ECUACIÓN 6-6: DIÁMETRO MÍNIMO DE LA TUBERÍA EN ACUMULACIÓN .....	46
ECUACIÓN 6-7: COMPROBACIÓN DE VELOCIDAD .....	47
ECUACIÓN 6-8: SECCIÓN DE LAS TUBERÍAS .....	48
ECUACIÓN 6-9: SECCIÓN DEL COLECTOR INTERMEDIO.....	48
ECUACIÓN 6-10: LONGITUD DEL COLECTOR.....	49
ECUACIÓN 6-11: PÉRDIDAS LINEALES EN EL TRAMO 1 .....	51
ECUACIÓN 6-12: PÉRDIDAS LINEALES EN EL TRAMO 2 .....	53
ECUACIÓN 6-13: FACTOR DE FRICCIÓN DE DARCY.....	53
ECUACIÓN 6-14: RUGOSIDAD RELATIVA.....	53
ILUSTRACIÓN 6.7 BOMBA TPE 200-90/4 .....	55
ECUACIÓN 6-15: PÉRDIDAS LINEALES EN TRAMO DE ACUMULACIÓN .....	56
ECUACIÓN 6-16: FÓRMULA DEL FACTOR DE FRICCIÓN DE DARCY .....	56
ECUACIÓN 6-17: FÓRMULA DE LA RUGOSIDAD RELATIVA.....	56
ILUSTRACIÓN 6.8 BOMBA TPE 100-120/2 .....	58
ILUSTRACIÓN 6.9 DEPÓSITO DE INERCIA DE IBAIONDO .....	59
ILUSTRACIÓN 6.10 VASO DE EXPANSIÓN .....	60
ECUACIÓN 6-18: VOLUMEN DEL VASO DE EXPANSIÓN .....	60
ECUACIÓN 6-19: COEFICIENTE DE EXPANSIÓN.....	61
ECUACIÓN 6-20: COEFICIENTE DE PRESIÓN .....	61
ILUSTRACIÓN 9.1 CRONOGRAMA TEMPORAL .....	66

# 1. Introducción

Actualmente y desde hace algunos años los equipos de fútbol profesional le dedican una especial atención al cuidado del césped, ya que lo consideran un activo que puede mejorar las condiciones de juego, dar una buena imagen al club y, sobre todo, que puede evitar lesiones en los futbolistas.

Este tipo de sistemas de calefacción se empezaron a implantar de forma más usual después de la Eurocopa de 2012, con sede en Polonia y Ucrania ya que debido a sus climas fríos las condiciones a las que están sometidas los campos de fútbol son malas para el césped. Aunque parece que el uso de estos sistemas está destinado a lugares con climas fríos para combatir las bajas temperaturas, también se emplea para el correcto mantenimiento del césped, por lo que su uso se extendió por campos de fútbol de todo el mundo.

En España, por ejemplo, el estadio del Fútbol Club Barcelona y del Real Madrid Club de Fútbol cuentan con sistemas de calefacción para el césped. No todos los clubes se pueden permitir estas instalaciones ya que debido a las dimensiones de un campo de fútbol suponen una gran inversión.

Lo normal para sistemas de calefacción tan grandes sería utilizar calderas que empleen combustibles, pero sus efectos nocivos para el medio ambiente ya son conocidos. El cambio climático es el mayor reto medioambiental en la actualidad y la preocupación social al respecto va en aumento cada año y es por ello, que cada vez surgen más alternativas para conseguir reducir este impacto. Una de las medidas adoptadas es la descarbonización o el proceso de reducción de emisiones de carbono producto de quemar combustibles fósiles para lograr una economía global con bajas emisiones que consiga la neutralidad climática a través de una transición energética, es decir, un cambio estructural que elimine el carbono de la producción energética. Se trata de electrificar la economía en base a energías alternativas limpias que emitan únicamente lo que el planeta puede absorber como puede ser el coche eléctrico en el transporte o las bombas de calor eléctricas en edificación.

Las bombas de calor son máquinas térmicas que consiguen la temperatura deseada tanto en verano como en invierno y que también pueden producir agua caliente de forma sencilla,

económica y respetuosa con el medioambiente. Las bombas tienen la capacidad de tomar la energía del entorno natural, como el agua, aire o tierra, y transportarla a otro ambiente. Esta característica hace que sea un equipo que multiplica la potencia eléctrica de accionamiento del compresor, transportando calor útil de forma eficiente.

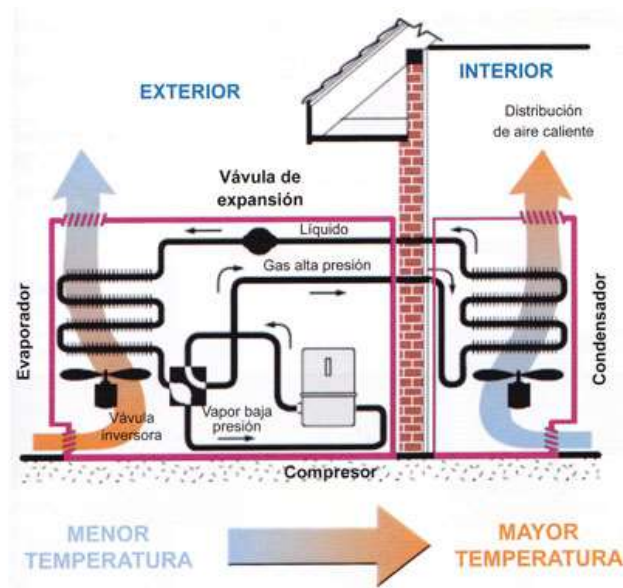


Ilustración 1.1 Esquema de una bomba de calor

El evaporador extrae la energía del foco frío, el condensador distribuye la energía en forma de calor y el compresor emplea la energía eléctrica.

La ventaja de emplear las bombas de calor reside en su capacidad de suministrar más energía útil (en forma de calor) de la que emplea para su funcionamiento (energía eléctrica), pudiendo llegar a producir un ahorro del 70% respecto a los sistemas de calentamiento tradicionales, aspecto que está profundamente relacionado con la eficiencia energética, el uso de energías renovables, contribución a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, ...



## 2. Objetivos

Los objetivos a conseguir con la realización de este Trabajo de Fin de Grado son los siguientes:

- Poner en manifiesto los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria en el Grado de Ingeniería Mecánica, centrándose sobre todo en asignaturas como Ingeniería Térmica, Transmisión de Calor e Instalaciones Industriales.
- Diseñar un sistema de calefacción que sea capaz de mantener la temperatura del césped de un campo de fútbol situado en Oviedo por encima de los 7°C en condiciones de clima muy desfavorables.
- Realizar un estudio para determinar la potencia necesaria del sistema.
- Realizar un estudio preciso de la transmisión de calor que se produce entre el agua que recorre las tuberías y el césped del campo de fútbol.
- Que el sistema no emplee combustibles fósiles, sino que la energía se obtenga de fuentes renovables.
- Realizar el diseño hidráulico de la instalación, llegando a dimensionar y seleccionar los equipos empleados sin entrar en grado de detalle.
- Introducir en el sistema una fase de acumulación intermedia para desvincular la producción de la demanda, para aprovechamiento de tarifas valle y para poder emplear equipos más pequeños o menos potentes pero que trabajen durante más tiempo.

## 3. Alcance

En el presente documento se describe el proyecto a realizar, un proyecto de Ingeniería Básica, cuyo objeto es la implantación de un sistema de calefacción para el césped de un campo de fútbol de dimensiones  $90 \times 68 \text{ m}^2$  situado en Oviedo, empleando energías renovables, que impida que la temperatura del césped descienda de los  $7^\circ\text{C}$  para su correcto mantenimiento y para protegerlo de las bajas temperaturas o heladas.

El proyecto se centrará en un estudio del flujo de calor necesario para que, en condiciones de clima desfavorables, el césped no se dañe y sea posible emplearlo en los partidos; en un estudio de la transmisión de calor que se produce entre el agua que circula por las tuberías y el terreno para obtener datos de diseño como la disposición de la instalación o la temperatura del agua necesaria para poder suministrar el flujo de calor requerido; un estudio de la parte hidráulica para el dimensionamiento de tuberías, selección de equipos de bombeo, de acumulación, de distribución y la selección de bombas de calor, pues estas emplean energía eléctrica y la energía extraída del foco frío es renovable.

No se realizarán ningún estudio de los sistemas eléctricos o de control que fuesen necesarios para el correcto funcionamiento del sistema. Los planos que se presenten serán esquematizados para poder hacerse una idea de cómo será la instalación.

## **4. Cálculo y dimensionado del intercambiador de calor del campo de fútbol**

## 4.1. ESTUDIO DEL FLUJO DE CALOR

La primera parte del estudio y de los cálculos a realizar consiste en saber qué flujo de calor o qué potencia será necesario aportar al césped para que, en condiciones desfavorables del clima como pueden ser nublado, lluvioso y nevando, su temperatura no descienda de los 7°C. El campo está situado en Oviedo, por lo que los datos climatológicos se corresponderán con esta localización. Cabe mencionar que algunos de los datos del clima se estimaron para que el valor total de la potencia necesaria no sea demasiado elevada.

Para ello, se empleó el artículo (Dobrosława KACZOREK, 2013) <sup>[3]</sup>

En él, se presentan estudios sobre la eficiencia térmica energética del calentamiento de una superficie en un espacio abierto de acuerdo con las condiciones climáticas y soluciones estructurales. Se describen también los mecanismos a tener en cuenta para aproximar una solución del flujo de calor necesario para calentar una superficie en un espacio abierto.

Dentro de los mecanismos, nos encontramos con:

### 4.1.1. Flujo de calor por radiación solar o radiación solar neta absorbida por la superficie

Debido al continuo intercambio de calor entre la superficie terrestre y el espacio que lo rodea (universo). Depende de dos factores, el albedo del material superficial y la radiación solar total y se representa por la siguiente ecuación:

$$\dot{q}_{solar} = \alpha \times I$$

*Ecuación 4-1: Flujo de calor por radiación solar*

Donde  $\alpha$  es la absorptividad de la superficie terrestre y la irradiancia  $I$  constituye la suma de la radiación solar directa, difusa y reflejada.

Finalmente, no se consideró este componente del flujo de calor ya que se está suponiendo una situación desfavorable, con el cielo nublado, lloviendo y nevando.

#### 4.1.2. Flujo de calor por convección

Ocurre por el intercambio de calor producido entre la superficie, en nuestro caso el césped, y el aire con que está en contacto. Al estar más caliente el césped que el aire que lo rodea, será una pérdida de calor y por tanto será la instalación la que deba proporcionar ese calor perdido al terreno.

$$\dot{q}_{convección} = h_c \times (t_{sup} - t_{aire})$$

*Ecuación 4-2: Flujo de calor por convección*

Donde  $h_c$  es el coeficiente de convección,  $t_{sup}$  la temperatura de la superficie y  $t_{aire}$  la temperatura del aire.

Para el cálculo del coeficiente de convección  $h_c$  se recurrió al artículo (Mohamed Ouzzane, 2014)<sup>[7]</sup>

En este artículo se obtuvo la siguiente expresión de cálculo para el coeficiente de convección en régimen de convección forzada entre la superficie y el aire, “Kusuma correlation (2004)”:

$$h_c = \rho_{aire} \times C_{p_{aire}} \times C_H \times V_{viento}$$

*Ecuación 4-3: Coeficiente de convección*

Donde  $\rho_{aire}$  es la densidad del aire,  $C_{p_{aire}}$  el calor específico del aire,  $V_{viento}$  la velocidad del aire y  $C_H$  el coeficiente de intercambio adimensional de calor, calculado como:

$$C_H = 0,025 \times V_{viento}^{-0,7} \quad \text{con} \quad 0,5 \left(\frac{m}{s}\right) \leq V_{viento} \leq 7 \left(\frac{m}{s}\right)$$

*Ecuación 4-4: Coeficiente de intercambio adimensional de calor*

$t_{sup} = 7^\circ\text{C}$  ya que el objetivo es que la temperatura no descienda de este valor.

$t_{aire} = 3^\circ\text{C}$ , una temperatura bastante baja que se puede dar en invierno en Oviedo. Se escogió este valor para establecer una situación desfavorable, ya que las temperaturas en esta localidad no suelen ser inferiores y, por lo tanto, para temperatura mínima se obtiene el máximo flujo de calor que podría ser necesario.

$\rho_{aire} = 1,27 \text{ kg/m}^3$ , que se calculó en función de su temperatura ( $3^\circ\text{C}$ ), mediante las tablas de termodinámica de propiedades del aire (ehu.eus, 2021)<sup>[4]</sup>

$C_{p_{aire}} = 1006 \text{ J/kg K}$ , que se calculó en función de su temperatura ( $3^\circ\text{C}$ ), mediante las tablas de termodinámica de propiedades del aire (ehu.eus, 2021)<sup>[4]</sup>

$V_{viento} = 2,5 \text{ m/s}$  se obtuvo de (AEMET, 2021)<sup>[1]</sup> considerando los datos y sabiendo que el césped está a ras de suelo, donde no hace tanto viento, se tomó ese valor.

$$C_H = 0,01316$$

$$h_c = 42,0459 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

$$\dot{q}_{convección} = 168,1836 \text{ W/m}^2$$

#### 4.1.3. Flujo de calor por radiación de onda larga

La radiación terrestre es la radiación de onda larga emitida por la superficie de la Tierra, por los gases, los aerosoles y las nubes de la atmósfera y es también parcialmente absorbida dentro de la atmósfera. En este caso se consideró que al estar a mayor temperatura la superficie que el ambiente con que intercambia calor se toma como pérdida de calor de la superficie y, por tanto, calor que le tendrá que proporcionar la instalación a la superficie.

Como ecuación para el cálculo de este flujo de calor, teniendo en cuenta un día nublado de invierno, se empleó:

$$\dot{q}_{rad\_LW} = \varepsilon \times \sigma \times ((T_{aire} + 273,15)^4 - (T_{nubes} + 273,15)^4)$$

*Ecuación 4-5: Flujo de calor por radiación de onda larga*

Donde  $\varepsilon$  es la emisividad del césped,  $\sigma$  la constante de Stefan-Boltzmann,  $T_{aire}$  la temperatura del aire y  $T_{nubes}$  la temperatura de las nubes.

$\varepsilon = 0,95$  y se obtuvo de (Garreaud, 2021)<sup>[5]</sup>

$\sigma = 5.67 \text{ E-}8 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ K}^4)$

$T_{aire} = 3^\circ\text{C}$

$T_{nubes} = -15^\circ\text{C}$  se estimó a partir de (Infante, 2021)<sup>[6]</sup>

$\dot{q}_{rad\_LW} = 73,9036 \text{ W/m}^2$

#### 4.1.4.      Flujo de calor por la evaporación de la lluvia y la nieve fundida

Al evaporarse el agua de la lluvia y de la nieve fundida, esta absorbe energía en forma de calor del material adyacente, en este caso, del césped.

La expresión empleada para el flujo de calor debido a la evaporación de una superficie cubierta de hierba, viene dada por “Penman (1948)”:

$$\dot{q}_{\text{evaporación}} = 0,0168 \times f \times h_c \times [(a \times T_{\text{sup}} + b) - r_a \times (a \times T_{\text{aire}} + b)]$$

*Ecuación 4-6: Flujo de calor por evaporación*

Donde  $f$  es un valor que depende de la cobertura del suelo y de la humedad del terreno,  $r_a$  la humedad relativa del aire,  $h_c$  el coeficiente de convección,  $T_{\text{sup}}$  la temperatura de la superficie,  $T_{\text{aire}}$  la temperatura del aire,  $a = 103 \text{ Pa/K}$  y  $b = 609 \text{ Pa}$ ,  $263 \text{ K} < T < 303 \text{ K}$

Finalmente, no se tuvo en cuenta este componente del flujo de calor ya que los campos de fútbol cuentan con sistemas de drenaje, por lo que el agua de la lluvia y de la nieve fundida no se evaporaría sobre el césped.

#### 4.1.5.      Flujo de calor sensible por lluvia

Intercambio de calor entre la lluvia recién caída y el césped por lo que, al estar más caliente el césped, perderá calor y será el sistema de calefacción el que tendrá que proporcionarle el calor perdido.

La ecuación que expresa este flujo de calor sensible es:



$$\dot{q}_{lluvia\_sen} = \dot{m}_{lluvia} \times C_{p_{lluvia}} \times (T_{sup} - T_{aire\_lluvia})$$

*Ecuación 4-7: Flujo de calor sensible por lluvia*

Donde  $\dot{m}$  es la tasa de precipitaciones en masa equivalente de agua por unidad de tiempo y superficie en  $[\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s})]$ ,  $C_p$  el calor específico del agua,  $T_{sup}$  la temperatura de la superficie y  $T$  la temperatura del aire cuando llueve.

$\dot{m}_{lluvia} = 0,0055 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$ . El dato se estimó mediante (AEMET, 2021)<sup>[1]</sup> considerándose la tasa de precipitación en Oviedo de  $20 \text{ L}/(\text{m}^2 \text{ h})$  y cambiando sus unidades a  $\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$ .

$C_{p_{lluvia}} = 4206,35873 \text{ J}/(\text{kg K})$ , que se obtuvo por fórmulas en función de su temperatura ( $3^\circ\text{C}$ ), mediante (WOJTKOWIAK, 1998)<sup>[9]</sup>

$$T_{sup} = 7^\circ\text{C}$$

$T_{aire\_lluvia} = 3^\circ\text{C}$  se estimó como la temperatura ambiente.

$T_{aire\_nevada} = -1^\circ\text{C}$  se consideró ya que en una localidad como Oviedo no se suelen alcanzar temperaturas tan bajas.

$$\dot{q}_{lluvia\_sen} = 93,4669 \text{ W}/\text{m}^2$$

#### 4.1.6. Flujo de calor por fusión de la nieve

Se produce debido al cambio de fase de la nieve en estado sólido a líquido que conlleva un intercambio de calor. Incluye dos mecanismos:

El calor sensible necesario para que la nieve alcance los  $0^\circ\text{C}$ , que proporciona energía en forma de calor al césped, por lo que será contrario en signo a los anteriormente comentados y que se calcula con la siguiente ecuación:

$$\dot{q}_{fusión\_sen} = \dot{m}_{fusión} \times C_{pnieve} \times (T_{aire\_nevada} - 0)$$

*Ecuación 4-8: Flujo de calor sensible por fusión de la nieve*

Donde  $\dot{m}_{fusión}$  es el flujo másico de la nieve fundida [ $\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$ ],  $C_{pnieve}$  el calor específico de la nieve y  $T_{aire\_nevada}$  la temperatura del aire cuando nieva.

$\dot{m}_{fusión} = 0,000177 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$ . El dato se estimó mediante (AEMET, 2021)<sup>[1]</sup> considerándose la tasa de nevada en Oviedo de  $8 \text{ L}/(\text{m}^2 \text{ h})$  y cambiando sus unidades a  $\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$ .

$C_{pnieve} = 2100 \text{ J}/(\text{kg K})$  proviene de (Song, 2018)<sup>[8]</sup>

$T_{aire\_nevada} = -1^\circ\text{C}$ , de nuevo, como en el apartado anterior.

$$\dot{q}_{fusión\_sen} = -0,3733 \text{ W}/\text{m}^2$$

El calor latente de fusión, que es necesario para que la nieve alcance los  $0^\circ\text{C}$  y que cederá el terreno a la nieve, se calcula como:

$$\dot{q}_{fusión\_lat} = \dot{m}_{fusión} \times h_{if}$$

*Ecuación 4-9: Flujo de calor latente por la nieve*

Donde  $\dot{m}_{fusión}$  es el flujo másico de la nieve fundida en [ $\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$ ] y  $h_{if}$  el calor latente de fusión del agua.

$\dot{m}_{fusión} = 0,000177 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$ . igual que en el apartado anterior.

$h_{if} = 334 \text{ J}/\text{kg}$ , que se obtuvo de (Song, 2018)<sup>[8]</sup>

$$\dot{q}_{fusión\_lat} = 0,0593 \text{ W}/\text{m}^2$$

#### 4.1.7. Flujo de calor total

Sumando todos los flujos de calor calculados, obtenemos el flujo de calor necesario para mantener la temperatura del césped por encima de los 7°C teniendo en cuenta condiciones climáticas desfavorables, como pueden ser las lluvias o nevadas.

$$\dot{q} = \dot{q}_{convección} + \dot{q}_{rad\_LW} + \dot{q}_{nevada\_sen} + \dot{q}_{lluvia\_sen} + \dot{q}_{fusión\_sen} + \dot{q}_{fusión\_lat}$$

*Ecuación 4-10: Flujo de calor total*

El flujo de calor total,  $\dot{q} = 337 \text{ W/m}^2$

## 4.2. ESTUDIO DE LA TRANSMISIÓN DE CALOR

El objetivo de este apartado se centra en realizar un estudio de la transferencia de calor que se produce entre el agua que recorre las tuberías y el césped del campo de fútbol para asegurar que el flujo de calor calculado anteriormente sea el suministrado. Se procederá también a seleccionar la disposición y el dimensionado de las tuberías que recorren el campo, el caudal de agua necesario y la temperatura que debe tener el agua para cumplir con los requerimientos.

Las tuberías están enterradas a una determinada profundidad en arena, ya que esta es un decente aislante térmico y así evitamos que se dañen las raíces del césped, y, sobre esta arena, se colocan los rollos de césped que conformarán el terreno de juego.

El estudio de la transmisión de calor se divide, a su vez, en tres mecanismos de transferencia:

La convección que se produce entre el agua que recorre el interior de las tuberías y la cara interna de las mismas, la conducción que tiene lugar entre la pared interna y externa de la tubería a lo largo de su espesor y, finalmente, la conducción entre la cara exterior de las tuberías, a través de la arena en la que están enterradas, hasta la superficie.

Para comenzar, se fijaron ciertos parámetros sobre los que sustentar la base del estudio, como son el flujo de calor necesario  $\dot{q}$  igual a  $338 \text{ W/m}^2$ , calculado anteriormente, o la temperatura superficial  $T_{sup}$  igual a  $7^\circ\text{C}$ . Por otro lado, se adoptó una disposición de las tuberías, colocadas recorriendo el ancho del campo de fútbol (68 m), separadas unos 0,2 m entre sí y enterradas en la arena a una profundidad de 0,1 m bajo la superficie. Las tuberías tendrán diámetro nominal de 0,05 m y espesor de 0,0046 m. También se fijó la velocidad del agua en 0,18 m/s.

Se toma como referencia para el cálculo, el área de un tubo o, mejor dicho, el área a la que un tubo le proporciona calor, es decir,  $68 \times 0,2 \text{ m}^2$  que, multiplicado por el valor del flujo de calor  $\dot{q}$ , proporciona el calor o la potencia necesaria que cada tubo debe de transmitir para conseguir mantener la temperatura superficial, siendo esta potencia  $Q_{1T} = 4583,8 \text{ W}$ .

Se empleó el programa Excel para llevar a cabo este cálculo iterativo. Se dispuso de dos ecuaciones para el cálculo de la potencia suministrada por un tubo, una de termodinámica básica “Ecuación 4-11: Potencia térmica” y otra relacionada con la transmisión de calor “Ecuación 4-13: Potencia térmica por transmisión de calor”. Se tuvieron en cuenta los datos anteriormente comentados además de los correspondientes a propiedades de los materiales. La temperatura del agua a la entrada y a la salida de las tuberías, así como la temperatura de la pared interior de la tubería serán los valores con los que se iterará hasta converger en un valor de potencia con las dos ecuaciones comentadas y las propiedades del agua se obtuvieron por fórmulas en función de su temperatura, mediante (WOJTKOWIAK, 1998)<sup>[9]</sup>. Al principio del estudio, se consideró la temperatura del agua a la entrada en 40°C y a la salida en 20°C, hasta que finalmente se obtuvieron los siguientes valores de temperatura al final de la iteración:

Temperatura del agua a la entrada o  $T_{ae} = 76,65^{\circ}\text{C}$

Temperatura del agua a la salida o  $T_{as} = 71,87^{\circ}\text{C}$

Temperatura media del agua o  $T_a = 74,26^{\circ}\text{C}$

Temperatura inicial del tubo  $T_0 = 49,3^{\circ}\text{C}$

Las expresiones que se emplearon para hacer el proceso de iteración hasta converger al valor de potencia suministrada por un tubo son:

$$Q''_{1T} = \dot{m}_{agua} \times C_{p_{agua}} \times (T_{ae} - T_{as})$$

*Ecuación 4-11: Potencia térmica*

Donde  $\dot{m}_{agua}$  es el caudal másico de agua,  $C_{p_{agua}}$  el calor específico del agua,  $T_{as}$  la temperatura del agua a la salida y  $T_{ae}$  la temperatura del agua a la entrada en las tuberías.

El caudal másico de agua se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\dot{m}_{agua} = \rho_{agua} \times v_{agua} \times \frac{\pi}{4} \times D_{it}^2$$

Ecuación 4-12: Flujo másico de agua

Donde  $\rho_{agua}$  es la densidad del agua,  $v_{agua}$  la velocidad del agua y  $D_{it}$  es el diámetro interior de las tuberías.

$\rho_{agua} = 975,2447681 \text{ kg/m}^3$ , que se obtuvo por (WOJTKOWIAK, 1998)<sup>[9]</sup>

$v_{agua} = 0,18 \text{ m/s}$  como se estableció al principio del estudio.

$D_{it} = 0,0408 \text{ m}$  según las tuberías seleccionadas.

$\dot{m}_{agua} = 0,23 \text{ kg/s}$

$C_{p_{agua}} = 4192,735636 \text{ J/(kg K)}$ , que se obtuvo por (WOJTKOWIAK, 1998)<sup>[9]</sup>

$T_{ae} = 76,65^\circ\text{C}$

$T_{as} = 71,87^\circ\text{C}$

$Q''_{1T} = 4597,6 \text{ W}$

La otra expresión empleada para el cálculo de la potencia necesaria es:

$$Q'_{1T} = \frac{(T_a - T_{sup})}{\frac{1}{\pi \times D_{it} \times L \times h_i} + \frac{1}{2 \times \pi \times L \times k_t} \times \ln\left(\frac{D_{et}}{D_{it}}\right) + \frac{1}{S \times k_{arena}}}$$

Ecuación 4-13: Potencia térmica por transmisión de calor

Esta expresión es la resultante de unir los tres mecanismos de transferencia de calor descritos anteriormente: convección forzada en el interior de tuberías, conducción en pared cilíndrica

simple y conducción en tubos cilíndricos isotérmicos paralelos enterrados en un espacio semi-infinito.

#### 4.2.1. Convección agua-tubo

La convección es una de las tres formas de transferencia de calor. En el caso a estudiar, la convección se produce entre el agua de que recorre de forma interna las tuberías y la cara interna de la tubería. Dentro de la convección, se habla de convección natural cuando el movimiento del fluido es debido a corrientes convectivas por flotabilidad y de convección forzada cuando se obliga a fluir al fluido por medios externos. En el caso objeto de estudio, la convección es forzada ya que el fluido va a ser impulsado por bombas. Además de esto cabe destacar que, al circular el fluido por el interior de las tuberías, se denominará convección forzada interna.

Aclarado este punto, el siguiente paso consiste en saber en qué tipo de régimen se encuentra el flujo. El régimen de flujo se define por la combinación del efecto de la gravedad y el efecto de la viscosidad y puede ser laminar, cuando el movimiento del fluido es ordenado y suave, o turbulento, cuando el movimiento es caótico y desordenado. Para determinar el régimen del fluido se emplea el Número de Reynolds (adimensional) y que se expresa por la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{v_{agua} \times D_{it} \times \rho_{agua}}{\mu_a}$$

*Ecuación 4-14: Número de Reynolds*

Donde  $v_{agua}$  es la velocidad del agua,  $D_{it}$  el diámetro interior de la tubería,  $\rho_{agua}$  la densidad del agua y  $\mu_a$  la viscosidad absoluta del agua a  $T_a$  o la temperatura media del agua que circula por las tuberías.

$$v_{agua} = 0,18 \text{ m/s}$$

$$D_{it} = 0,0408 \text{ m}$$

$$\rho_{agua} = 975,2447681 \text{ kg/m}^3$$

$\mu_a = 0,00038142 \text{ (N s/m}^2\text{)}$ , que se obtuvo por (WOJTKOWIAK, 1998)<sup>[9]</sup> en función de su temperatura  $T_a$ .

Finalmente, el Número de Reynolds resultó:

$$Re = 18777,7192$$

Como  $Re > 4000$ , nos encontramos con convección forzada en régimen turbulento por el interior de una tubería.

Una vez definido el mecanismo de convección y los parámetros relativos al flujo, se procede a calcular el coeficiente de convección entre el agua y la cara interna de la tubería.

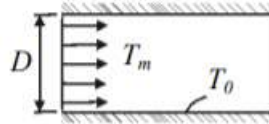


Ilustración 4.1 Convección por el interior de tuberías

Cálculo del coeficiente de convección  $h_i$ :

El coeficiente de película o coeficiente de convección cuantifica la influencia de las propiedades del fluido, de la superficie y del flujo cuando se produce transmisión de calor por convección y, para calcularlo, se emplearon las correlaciones para flujo por el interior de tuberías, con convección forzada y en régimen turbulento.

Dentro de las correlaciones existentes, se decidió optar por “Gnielinski” y “Petukhov” ya que se cumplen las condiciones de aplicabilidad:



- Petukhov:

Para obtener el coeficiente **F**, que será necesario incluir en la ecuación de Gnielinski:

$$F = [0,79 \times \ln(Re) - 1,64]^{-2} \quad \text{si} \quad 10^4 < Re < 5 \times 10^6$$

*Ecuación 4-15: Fórmula de Petukhov*

Que debe ser corregida mediante cocientes por propiedades que, en régimen turbulento para líquidos con calentamiento de la pared, es igual a:

$$\left(\frac{\mu_{a_0}}{\mu_a}\right)^{0,25}$$

Donde  $\mu_{a_0}$  es la viscosidad absoluta inicial del agua a la temperatura  $T_0$  o temperatura inicial de la cara interior del tubo,  $\mu_a$  la viscosidad absoluta del agua a  $T_a$  o la temperatura media del agua que circula por las tuberías y 0,25 es el coeficiente por propiedades aplicable al régimen turbulento para líquidos con calentamiento de la pared.

$\mu_{a_0} = 0,0005531$  (N s/m<sup>2</sup>), que se obtuvo por (WOJTKOWIAK, 1998)<sup>[9]</sup> en función de su temperatura  $T_0$ .

$\mu_a = 0,00038142$  (N s/m<sup>2</sup>), que se obtuvo por (WOJTKOWIAK, 1998)<sup>[9]</sup> en función de su temperatura  $T_a$ .

$Re = 18777,7192$  es el número de Reynolds calculado anteriormente y cumple con la condición.

$$F = 0,0291$$

- Gnielinski:

Se obtiene el número adimensional de Nusselt o  $Nu_D$  para obtener el valor del coeficiente de convección.

$$Nu_D = \frac{(F/8) \times (Re - 1000) \times Pr}{1 + 12,7 \times (F/8)^{1/2} \times (Pr^{2/3} - 1)}$$

*Ecuación 4-16: Fórmula de Gnielinski*

Para emplear esta fórmula, deben de cumplirse dos condiciones:

$$Pr > 0,5$$

$$3000 < Re < 10^6$$

Donde  $F$  es el coeficiente calculado por la ecuación de Petukhov,  $Re$  el número de Reynolds y  $Pr$  el número adimensional de Prandtl.

La ecuación debe ser corregida mediante cocientes por propiedades igual que con Petukhov que, en régimen turbulento para líquidos con calentamiento de la pared, es igual a:

$$\left(\frac{\mu_{a_0}}{\mu_a}\right)^{-0,25}$$

Siendo el único cambio respecto a la ecuación de corrección empleada en Petukhov, que el coeficiente de propiedades es en este caso de valor negativo igual a -0,25.

$$F = 0,0291$$

$$Re = 18777,7192, \text{ cumpliendo con la condición.}$$

El número de Prandtl se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Pr = \frac{\mu_a \times C_{p_{agua}}}{k_{agua}}$$

Ecuación 4-17: Número de Prandtl

Donde  $\mu_a$  es la viscosidad absoluta del agua,  $C_{p_{agua}}$  el calor específico del agua y  $k_{agua}$  la conductividad térmica del agua.

$$\mu_a = 0,00038142 \text{ (N s/m}^2\text{)}$$

$$C_{p_{agua}} = 4192,735636 \text{ J/(kg K)}$$

$k_{agua} = 0,6642 \text{ W/(m }^\circ\text{C)}$ , que se obtuvo por (WOJTKOWIAK, 1998)<sup>19</sup> en función de su temperatura  $T_a$ .

$Pr = 2,4075$ , que cumple con la condición.

Finalmente, se obtiene el valor de  $Nu_D$ :

$$Nu_D = 88,2848$$

El número de Nusselt, se define como:

$$Nu = \frac{h_i \times D_{it}}{k_{agua}}$$

Ecuación 4-18: Número de Nusselt

Donde  $h_i$  es el coeficiente de convección entre el agua y la cara interna de la tubería,  $D_{it}$  el diámetro interior del tubo y  $k_{agua}$  la conductividad térmica del agua.

$$Nu_D = 88,2848$$

$$D_{it} = 0,0408 \text{ m}$$

$$k_{agua} = 0,6642 \text{ W/(m } ^\circ\text{C)}$$

Obteniéndose un valor para el coeficiente de convección:

$$h_i = 1437,31 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Con el valor del coeficiente de convección, más el diámetro interior de la tubería y la longitud que recorre cada tubería (68 m) ya se tendrían los valores necesarios para completar la parte de la ecuación de  $Q'_{1T}$  que se corresponde con la parte de la convección.

#### 4.2.2. **Conducción entre la cara interna de la tubería y la externa a lo largo de su espesor**

La conducción de calor es otro de los procesos de transmisión de calor que se basa en el contacto directo entre los cuerpos sin que se intercambie materia, ya que el calor fluye del cuerpo que está a mayor temperatura hacia el otro con el que está en contacto a menor temperatura. En el caso a estudiar, se produce conducción de calor entre las caras interna y externa de la tubería.

La cara interna de la tubería se encontrará a mayor temperatura ya que está más cerca del agua caliente que recorre las tuberías, por lo que el intercambio de calor tendrá dirección hacia el exterior.

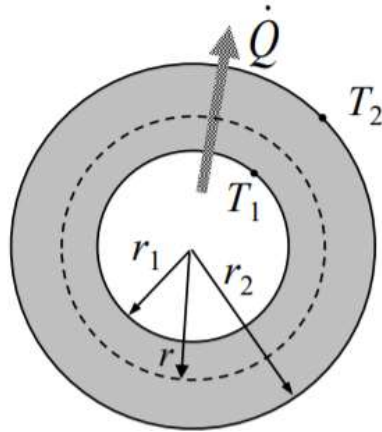


Ilustración 4.2 Conducción en pared cilíndrica simple

Los datos necesarios para completar esta parte del cálculo son:

$D_{et} = 0,05$  m o diámetro exterior de la tubería.

$D_{it} = 0,0408$  m o diámetro interior de la tubería.

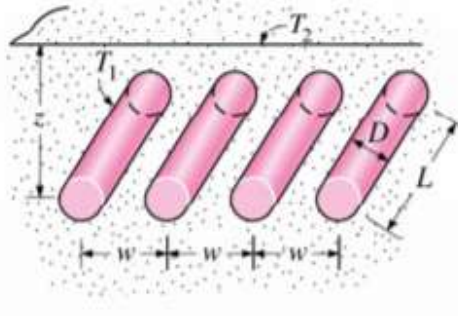
$L = 68$  m o la longitud de cada tubería.

$k_{tuberia} = 0,35$  W/(m °C) o la conductividad térmica del material del que está hecho la tubería (Pe-Xb) que se obtuvo de la ficha técnica del fabricante (Ferroplast).

#### 4.2.3. Conducción en tubos cilíndricos isotérmicos paralelos enterrados en un espacio semi-infinito

Se vuelve a producir el fenómeno de transmisión de calor, por conducción, pero en este caso los cuerpos que intercambian calor están separados por otro, ya que el intercambio de calor se produce entre la cara externa de las tuberías y la superficie o el césped. Las tuberías están enterradas en arena a 0,1 m del césped, es decir, que el intercambio de calor se produciría de la tubería a la superficie a través de la arena. Para realizar el cálculo, se emplean los denominados factores de forma.

Existen diversos factores de forma de conducción para distintas configuraciones que vienen expresados en unidades de longitud que permiten calcular el calor transferido entre dos superficies. En el caso de estudio, se tiene conducción en tubos cilíndricos isotérmicos paralelos que están enterrados en un espacio semi-infinito.



*Ilustración 4.3 Conducción en tubos cilíndricos isotérmicos paralelos que están enterrados en un espacio semi-infinito*

Cuyo factor de forma  $S$  se describe como:

$$S = \frac{2 \times \pi \times L}{\ln \left( \frac{2 \times w}{\pi \times D_{et}} \times \sinh \frac{2 \times \pi \times z}{w} \right)}$$

*Ecuación 4-19: Factor de forma*

Donde  $L$  es la longitud de la tubería,  $D_{et}$  el diámetro exterior de la tubería,  $w$  es la separación entre las tuberías y  $z$  la profundidad a que están enterradas respecto al césped.

$$L = 68 \text{ m}$$

$$D_{et} = 0,05 \text{ m}$$

$$w = 0,2 \text{ m}$$

$$z = 0,1 \text{ m}$$

$$S = 126,36 \text{ m}$$

Con el cálculo del factor de forma, solo quedaría determinar la conductividad térmica de la arena  $k_{arena}$  que se estimó a partir de tablas de propiedades de los materiales.

$$k_{arena} = 0,6 \text{ W/(m } ^\circ\text{C)}$$

#### 4.2.4. Resultado final

Dado que la longitud del intercambiador de calor del campo de fútbol es de 90 m, y las tuberías han de estar separadas 0,2 m, estará formado, por tanto, por 450 tuberías que recorren su ancho. Las tuberías tendrán un diámetro nominal de 0,05 m y 0,0046 m de espesor. Por cada tubería irá un caudal másico de agua de unos 0,23 kg/s. Para que se asegure el flujo de calor en condiciones de carga máxima, la temperatura del agua a la entrada en las tuberías debe de ser de 76,65°C y a la salida de 71,87°C.

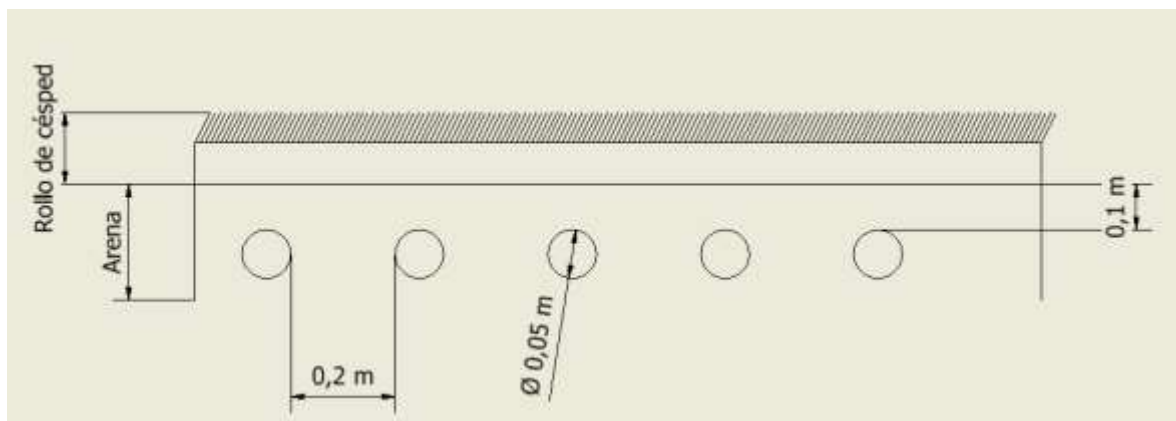


Ilustración 4.4 Esquema de la disposición de las tuberías

Se realizó una comprobación de cómo evoluciona la temperatura desde la tubería hasta la superficie del terreno de juego para ver si la temperatura será excesiva para las raíces del césped, siendo esta a 5 centímetros de las raíces de unos 30°C, que no es demasiado excesiva. Además, se debe tener en cuenta que esta temperatura se alcanzaría en condiciones máximas de carga, que no va a ser lo habitual.

Descritos ya los tres mecanismos que conforman el estudio de la transferencia de calor y definidos y calculados todos los parámetros relativos a él, se acabó convergiendo a un mismo valor de  $Q'_{1T}$  y  $Q''_{1T}$ .

$$Q'_{1T} = Q''_{1T} = 4597,6 \text{ W}$$

Prácticamente idéntico al objetivo  $Q_{1T} = 4583,8 \text{ W}$ .



## 5. Diseño del sistema

Se trata de una instalación con circuito cerrado, ya que no se suministra agua en ningún punto de la instalación, con un sistema de tuberías presurizadas.

El estudio se realizó para que el sistema de calefacción pudiese mantener la temperatura superficial por encima de  $7^{\circ}\text{C}$  pero, con el clima que tiene Oviedo, lo normal sería que no se necesitase que la instalación funcionase a plena carga durante largos períodos de tiempo, sino que los requerimientos del césped no serán tan grandes la mayor parte del año y se podría trabajar con carga parcial. Por ello, se decidió optar por dividir el sistema de calefacción, a su vez, en tres subsistemas, formado cada uno de ellos por tuberías separadas entre sí  $0,6\text{ m}$  a las que les suministraría agua un colector, de tal modo que con los tres subsistemas se tengan el total de tuberías separadas  $0,2\text{ m}$ . Así, el sistema podría trabajar de forma más eficiente en función de los requerimientos de potencia, pudiendo emplearse un subsistema solo, dos o los tres a la vez.

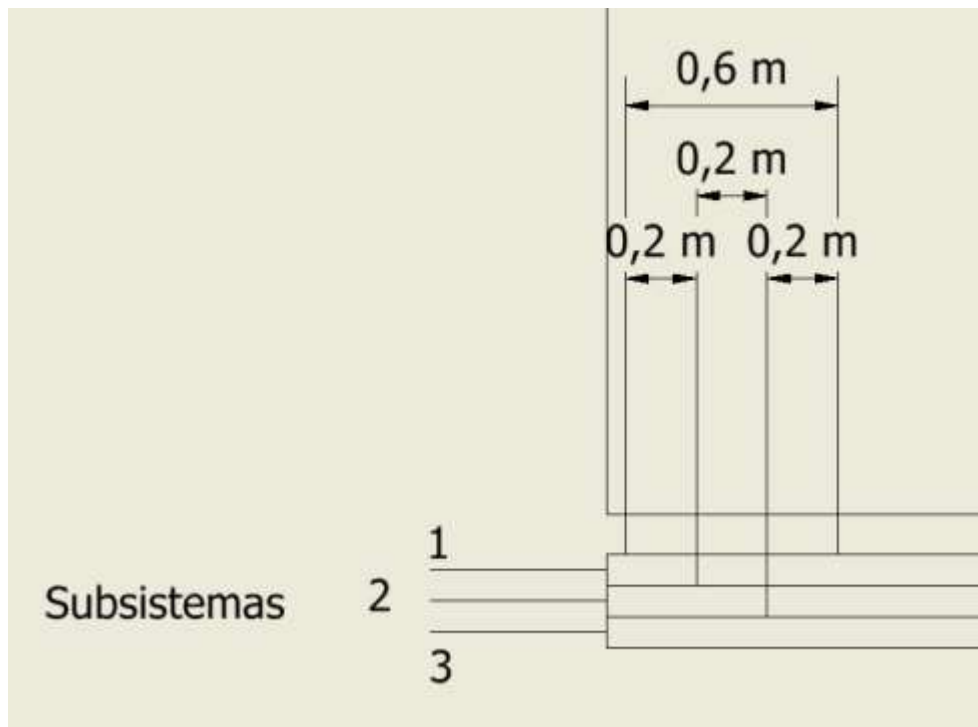


Ilustración 5.1 Esquema de los subsistemas

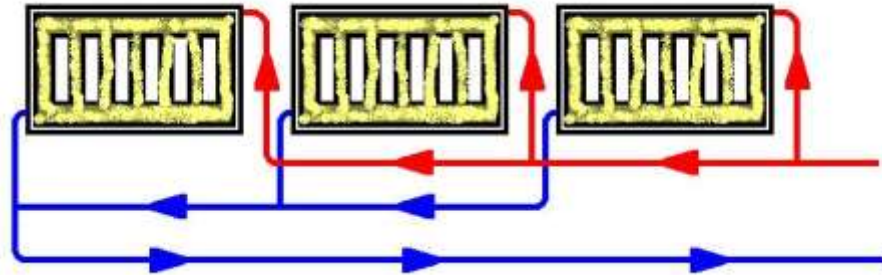
## 5.1. DISEÑO HIDRÁULICO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

La disposición de las tuberías ya se dejó aclarada en el estudio de la transmisión de calor. Las tuberías recorren el ancho del campo de fútbol que son 68 m, separadas unos 0,2 m entre sí y enterradas a 0,1 m de la superficie. Como la longitud del campo de fútbol son 90 m, el total de tuberías necesarias serían 450 pero, como se decidió optar por dividirlo en tres subsistemas, cada uno de ellos estará conformado por 150 tuberías.



*Ilustración 5.2 Disposición de las tuberías en un campo de fútbol*

Cada subsistema contará, además, con un colector de ida por donde irá el agua caliente que se repartirá entre las tuberías y otro colector de retorno del agua a lo largo del campo de fútbol. Se dispuso el sistema para que hubiese retorno invertido, donde el recorrido del agua es igual en todos los tubos emisores y, dado que los recorridos son similares, las pérdidas de carga también lo serán, con lo que se favorece el equilibrado hidráulico de la red.



*Ilustración 5.3 Ejemplo de retorno invertido*

También dispondrá cada subsistema de una tubería de retorno que recoge el agua del colector de retorno y la lleva hasta el circuito de producción de agua caliente y otra tubería de ida que llevará el agua caliente hasta el colector de ida. En estas tuberías de retorno, se colocarán las bombas seleccionadas para hacer circular el agua, poniéndose estas bombas por duplicado (en paralelo) para asegurarse que, si una de las bombas falla, se podrá aportar igualmente el caudal de agua necesario.

## 5.2. ACUMULACIÓN

Se decidió poner una fase de acumulación intermedia, es decir, disponer depósitos de acumulación para el agua caliente además de un colector para distribuir el agua entre el intercambiador de calor del campo de fútbol y el circuito de producción de agua caliente. Con esto, se consigue desvincular la producción de la demanda, poder aprovechar las tarifas valle de consumo y poder emplear equipos menos potentes que, en caso de carga máxima, trabajarían durante más tiempo para poder suministrar el agua a la temperatura necesaria.

Dado que el volumen de agua que va a mover el sistema va a ser muy grande, ya que se deben mover unos 103,5 kg/s de agua, se decidió dividir dicho volumen en tres acumuladores y cada acumulador estará conectado con el colector de retorno y de ida de un subsistema. A su vez, estos acumuladores estarán conectados con el colector, que distribuirá el agua al circuito de producción de agua caliente y lo hará de nuevo a los acumuladores.

En las tuberías que conectan los acumuladores con el colector, se dispondrán bombas para asegurar la circulación del agua.



*Ilustración 5.4 Ejemplo de acumulador*

### 5.3. AEROTERMIA

Se decidió hacer el proyecto empleando fuentes de energía renovables por lo que, en vez de emplear una caldera tradicional para calentar el agua, se consideró utilizar una bomba de calor, ya que tienen la capacidad de suministrar más energía útil (calor) de la que emplean para funcionar (energía eléctrica). Dentro de las bombas de calor, debido al clima de Oviedo, se seleccionó la bomba de calor de aerotermia, que recoge la energía del aire ambiente a través de un ciclo de compresión de un gas refrigerante y potencia esa energía para calentar el agua, descartando otro tipo de bombas de calor como la de geotermia ya que debido a la localización del campo de fútbol sería complicado.

Al ser el flujo de calor que hay que suministrar de  $338 \text{ W/m}^2$  y el área de un campo de fútbol  $90 \times 68 \text{ m}^2$ , la potencia requerida por la instalación sería de aproximadamente 2000 kW, por lo que en un principio se decidió apostar por poner tres bombas de calor de aerotermia de unos 500 kW cada una ya que, al haber una fase de acumulación intermedia, en caso de requerimiento de la potencia máxima, las bombas de calor trabajarían durante más tiempo para asegurar dicho requerimiento.

Esta es la disposición inicial que se consideró, pero al buscar los equipos necesarios y cierta información acerca de ellos, surgió un inconveniente, ya que las bombas de calor de aerotermia pueden calentar el agua hasta una temperatura de unos  $40^\circ\text{C}$  mediante la energía extraída del aire ambiente, mientras que la temperatura que debe alcanzar el agua debe ser del orden de unos  $77^\circ\text{C}$  para asegurar que en condiciones de máxima potencia se mantenga el césped por encima de  $7^\circ\text{C}$ . Además, un salto térmico demasiado elevado penalizaría el rendimiento de los equipos haciendo que el COP (coeficiente de operación) se reduzca considerablemente.

Por ello, se llegó a la conclusión de que para que el agua alcance la temperatura requerida, se debía dividir el calentamiento en dos etapas para alcanzar dicha temperatura, siendo necesaria la incorporación de unas máquinas denominadas Booster o bombas de calor agua-agua. Los Booster han de condensar sobre agua a una temperatura a partir de  $35^\circ\text{C}$  para conseguir una temperatura tan elevada. Estos necesitan de una primera etapa que caliente el agua de evaporación a un mínimo de  $25^\circ\text{C}$  y un máximo de  $45^\circ\text{C}$ , por lo que se recurrirá a

poner bombas de calor para alcanzar esa temperatura necesaria de evaporación en los Booster, por ello, se tendrá:

Una primera etapa en la que trabajarían las bombas de calor de aerotermia para calentar el agua hasta los 40°C con la energía extraída del aire y otra en la que los Booster trabajarían entre dos focos, el foco frío o evaporador donde se extrae la energía del agua que se encuentra a 40°C y el foco caliente o condensador donde se cede esta energía para obtener el agua a la temperatura deseada (77°C). Entre las bombas de calor y los Booster, se incorporaría un circuito con depósito de inercia para compensar las diferencias de la producción de las bombas de calor y la demanda de la evaporación en los Booster. Además, la incorporación del depósito de inercia garantiza que ante el arranque de cualquier Booster se dispondrá de agua a 40°C instantáneamente y para hacer los ciclos de parada y arranque de las bombas de calor lo más largos posible.

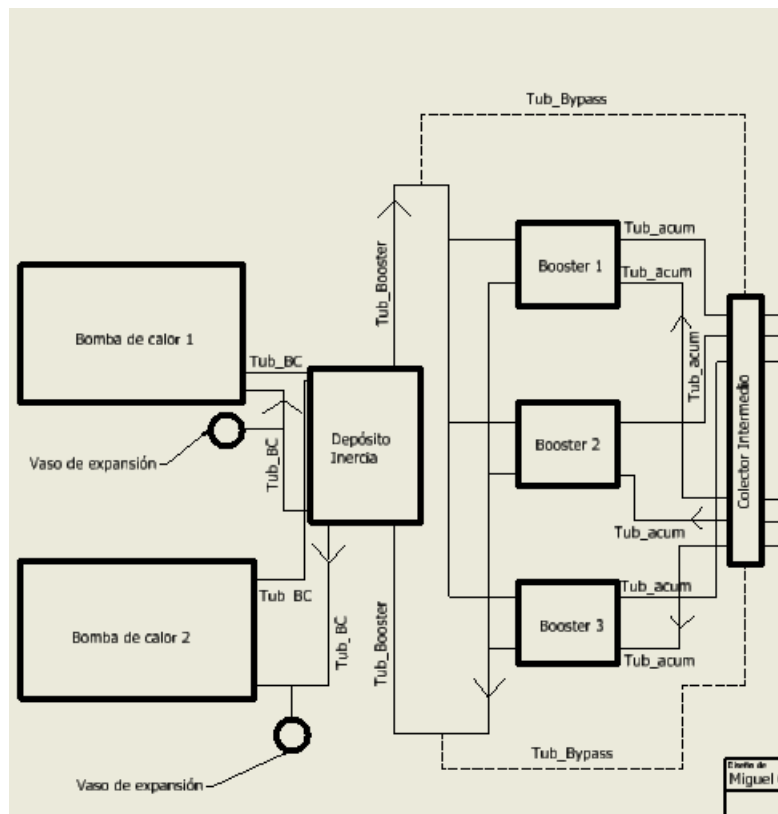


Ilustración 5.5 Esquema del circuito de producción de calor

Por lo tanto, se tendrá un sistema de compresión múltiple indirecta con circuito intermedio, pues los compresores de los dos tipos de bombas de calor funcionarán de manera independiente y se podrá modular la potencia con temperaturas intermedias.

También se estudió la posibilidad de baipasear los Booster y conectar directamente las bombas de calor de aerotermia con el colector intermedio de distribución cuando los requerimientos de temperatura no sean tan altos, pues como se comentó anteriormente, el sistema está diseñado para poder trabajar en las condiciones más desfavorables y estas no van a ser las condiciones normales de funcionamiento. Por ello, en los momentos en que una temperatura del agua de unos 40-45°C sea suficiente, sólo funcionarán las bombas de calor de aerotermia, como se detalla en “Ilustración 5.5 Esquema del circuito de producción de calor”.

## 5.4. INSTALACIÓN FINAL

La instalación final estará formada por un circuito de producción de agua caliente (sistema de compresión múltiple indirecta con circuito intermedio), una etapa de acumulación intermedia (colector y acumuladores) y el intercambiador de calor del campo de fútbol.

Las bombas de calor de aerotermia irán conectadas al depósito de inercia y este, a su vez, a los Booster mediante un circuito. El colector intermedio estará conectado con los Booster y los acumuladores, recibiendo el agua “fría” de retorno que llega de los acumuladores, distribuyéndola a los Booster en función de las necesidades para calentar el agua y de nuevo éste agua es bombeada al colector, que la distribuirá entre los acumuladores. El colector intermedio estará conectado también con el circuito de inercia en caso de que no fuese necesario emplear los Booster. Como se mencionó, habrá tres acumuladores y cada acumulador estará conectado con la tubería de retorno y la de ida de cada uno de los tres subsistemas. La tubería de ida llevará el agua caliente hasta el colector de ida, dispuesto a lo largo del campo, que la repartirá entre las 150 tuberías de que consta cada subsistema para calentar el campo de fútbol y el agua será recogida por el colector de retorno. La tubería de retorno será la encargada de llevar el agua desde el colector de retorno hasta los acumuladores. Las bombas seleccionadas para impulsar el caudal de agua estarán situadas en las tuberías de retorno y en las tuberías que conectan los acumuladores con el colector intermedio. Los vasos de expansión se dispondrán en los tramos de aspiración de las bombas.



# **6. Dimensionado    y    selección    de equipos**

## 6.1. BOMBAS DE CALOR DE AEROTERMIA

Como se comentó anteriormente, la potencia necesaria en condiciones de máxima capacidad ronda los 2000 kW, por lo que se decidió apostar por poner dos bombas de calor de 600 kW para la primera etapa de calentamiento, dos ya que en caso de que una falle el sistema no se quedaría sin producción de agua caliente.

Las bombas de calor se seleccionaron del catálogo de Sedical, más específicamente el modelo:

TWA/WP 562 S/L/P/AF

Bomba de calor aire-agua clase A con ventiladores axiales, compresores scroll e intercambiador de placas.

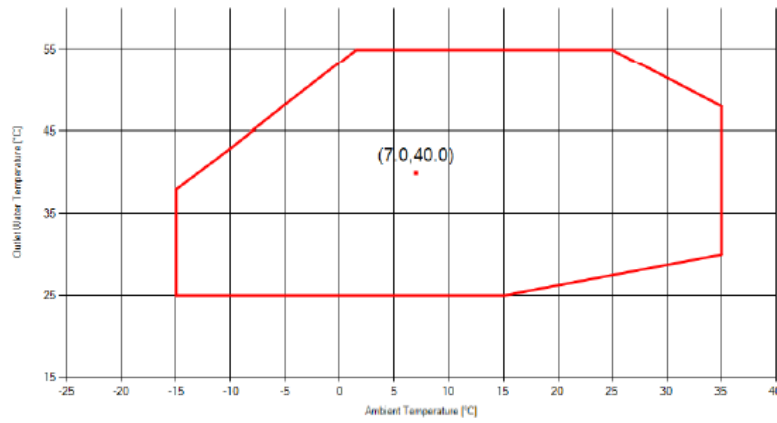


**multi  
power**



*Ilustración 6.1 Bomba de calor*

Con un campo operativo de calefacción de:



*Ilustración 6.2 Campo operativo de la bomba de calor*

COP igual a 3,7 siempre que el salto térmico no sea excesivo (calentando el agua a 40°C cuando el ambiente está a 7°C). Emplea refrigerante R 454B con bajo potencial de calentamiento global y cuenta con doble bomba de circulación.

## 6.2. BOOSTERS O BOMBAS DE CALOR AGUA-AGUA

Se apostó por poner tres Booster de unos 550 kW cada uno para la segunda etapa de calentamiento, pues si la demanda del sistema se puede satisfacer con un solo Booster, solo funcionaría uno y, de ser necesario, entraría en funcionamiento otro o los tres a la vez. Para seleccionar estos equipos, se debe establecer una temperatura de entrada en el evaporador, que en el caso objeto de estudio será 40°C y se debe fijar una temperatura de salida (condensador), que serán unos 78°C.

Se acudió de nuevo al catálogo de Sedical:

MOD.	To (°C)	WASSTEMPORATUR AM VERFLÜSSIGEREIN-AUSTRITT °C / TEMPERATURA ACQUA INGRESSO/USCITA CONDENSATORE °C CONDENSER INLET/OUTLET WATER TEMPERATURE °C / TEMPERATURE DE L'EAU ENTRÉE / SORTIE AU CONDENSEUR °C									
		55 / 60		60 / 65		65 / 70		70 / 75		70 / 78	
		kWt	kWe	kWt	kWe	kWt	kWe	kWt	kWe	kWt	kWe
342	10	297	90,7	291	99,5	286	109	---	---	---	---
	15	339	93,4	330	102	322	112	314	123	---	---
	20	385	96,1	374	105	363	115	353	126	349	129
	25	438	98,3	424	108	411	118	396	129	393	134
	30	496	101	479	110	462	121	444	132	440	136
	35	561	104	540	113	519	124	498	136	492	139
	40	632	107	608	116	583	126	559	140	550	142

Tabla 6.1 Selección del Booster

Por lo que se seleccionó el modelo:

JWH/BH 342 S/Y/P

Bomba de calor refrigerada por agua para la conducción de agua caliente a alta temperatura, compresores scroll e intercambiador de placas.



Ilustración 6.3 Booster

Con un campo operativo de calefacción de:

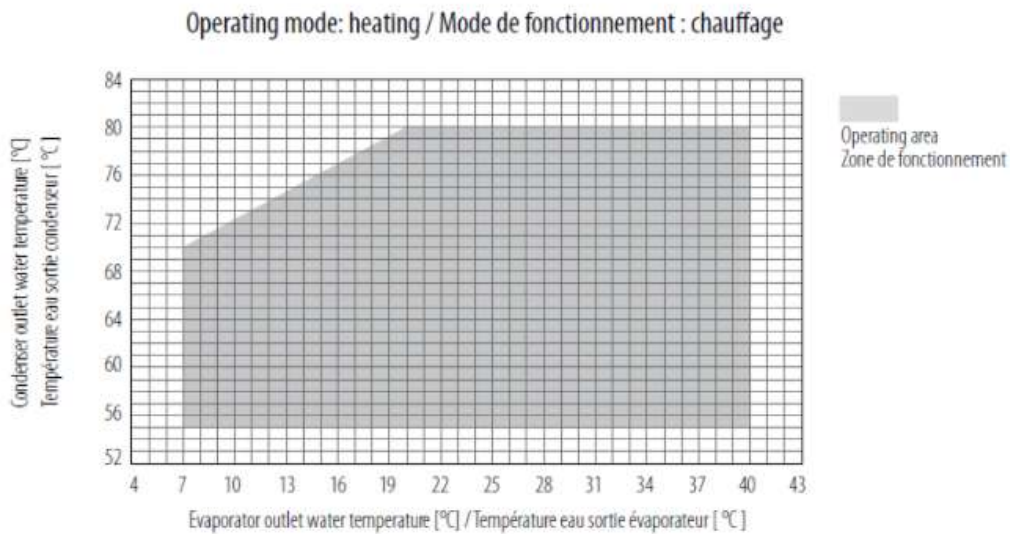


Ilustración 6.4 Campo operativo del Booster

COP igual a 3,87 siempre que el salto térmico no sea excesivo (temperatura en evaporación a 40°C para producir a 70-78°C). Guarda un buen compromiso entre el COP que conseguiría la bomba de calor y la potencia que produce el Booster. Emplea refrigerante R134a que no daña la capa de Ozono.

### 6.3. ACUMULADORES

El flujo másico de agua que va por cada tubería que recorre el ancho del campo de fútbol en condiciones de máximo requerimiento es  $\dot{m}_{agua\_tub} = 0,23$  kg/s y, como son necesarias 450 tuberías, el flujo másico total es  $\dot{m}_{agua} = 103,5$  kg/s. Por ello se estimó un volumen de agua de unos 150 000 litros, divididos en tres acumuladores de 50 000 litros cada uno, para poder disponer de agua suficiente durante un período aproximado de 25 minutos en condiciones de carga máxima.

Se consultó a la empresa Suicalsa sobre la disponibilidad de unos acumuladores tan grandes o sobre si sería posible su fabricación. Su fabricación sería en acero al carbono y se realizaría por encargo a la empresa.

## 6.4. TUBERÍAS

### 6.4.1. Tuberías del intercambiador de calor del campo de fútbol

Como ya se comentó, las tuberías que recorren el campo de fútbol serán de 0,05 m de diámetro nominal y 0,0046 m de espesor, con una longitud de 68 m cada una. Al ser la longitud del campo de fútbol unos 90 m, serán necesarias 450 tuberías en total o 150 tuberías por subsistema.

Se seleccionaron estas tuberías del catálogo de FerroPlast, hechas con polietileno reticulado o PE-Xb.



*Ilustración 6.5 Tuberías de PE-Xb*

### 6.4.2. Colectores de ida y de retorno del intercambiador de calor

Para el dimensionamiento de los colectores, se recurrió (Bruno, 2021)<sup>[2]</sup> donde se explica un método obtenido de “Redes de Distribución” (Mario Doninelli).

Para calcular el diámetro del colector, se deben conocer los diámetros de todas las tuberías que salen de él o que llegan al colector y calcular sus secciones. En el caso objeto de estudio, a cada colector llegarían o saldrían de él 150 tuberías que tienen el mismo diámetro.

La sección de cada tubería  $S_{tubería}$  se calcula:

$$S_{tubería} = \frac{\pi}{4} \times D_{it}^2$$

*Ecuación 6-1: Sección de la tubería*

Donde  $D_{it}$  es el diámetro interior de la tubería.

$$D_{it} = 0,0408 \text{ m}$$

$$S_{tubería} = 0,001307 \text{ m}^2$$

La sección del colector  $S_{colector}$ , en caso de retorno invertido:

$$S_{colector} = 1,4 \times (S_{tubería} \times 150)$$

*Ecuación 6-2: Sección del colector*

$$S_{colector} = 0,2745 \text{ m}^2$$

Finalmente, el diámetro del colector  $D_{int\_colector\_min}$  obtenido es:

$$D_{int\_colector\_min} = 0,59 \text{ m}$$

Se acudió al catálogo de Tuyper Grupo para seleccionar un diámetro normalizado para los colectores:

Tuberías de PE-100 con diámetro nominal  $D_{ext\_colector}$  de 0,71 m y espesor de 0,0272 m, longitud de 90 m, siendo necesarias 6 en total, dos por cada uno de los tres subsistemas.





*Ilustración 6.6 Tuberías de PE-100*

Se acudió al RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios) para seleccionar un espesor de aislamiento exigido, a través de la siguiente tabla:

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido ( °C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

*Tabla 6.2 Selección del espesor de aislamiento mínimo según el RITE*

Siendo en este caso de 0,05 m.

### 6.4.3. Tuberías de ida y de retorno

Para poder dimensionar las tuberías de retorno y de ida, se acudió a la norma “UNE 149201:2017 Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.” Donde se expone que la velocidad del agua para tuberías termoplásticas y multicapa debe estar en el intervalo de 0,5 m/s y 3,5 m/s. Sabiendo el caudal de agua que va a ir por la tubería y conociendo el dato de la velocidad, se puede calcular el diámetro de la tubería  $D_{tub}$  por la siguiente expresión:

$$D_{tub\_min} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{subsistema}}{\pi \times v_{max}}}$$

Ecuación 6-3: Diámetro mínimo de la tubería

Donde  $Q_{subsistema}$  es el caudal de agua que mueve cada subsistema y  $v_{max}$  la velocidad máxima del agua.

$Q_{subsistema} = 0,03561 \text{ m}^3/\text{s}$  que se obtuvo de multiplicar el flujo másico de agua (0,23 kg/s) por 150 (el número de tuberías por subsistema) y dividiéndolo entre la densidad del agua para pasar de flujo másico a flujo volumétrico.

$v_{max} = 3,5 \text{ m/s}$  ya que para obtener el diámetro mínimo se debe considerar que la velocidad es la máxima permitida, según la norma “UNE 149201:2017”.

$$D_{tub\_min} = 0,1138 \text{ m}$$

Una vez calculado el diámetro mínimo que ha de tener la tubería, se acudió al catálogo de Tuyper Grupo para seleccionar un diámetro normalizado, siendo en este caso:

Tuberías de PE-100 con diámetro nominal  $D_{ext\_tub} = 0,2 \text{ m}$  y un espesor de 0,0077 m, siendo necesarias 6 tuberías en total, dos por cada subsistema

Posteriormente se comprobó que, para el diámetro seleccionado, la velocidad cumple con la norma “UNE 149201:2017”, es decir, que está comprendida entre 0,5 m/s y 3,5 m/s.

Para ello se recurre a la siguiente expresión para la calcular la velocidad de comprobación

**$v_{comprobación}$** :

$$v_{comprobación} = \frac{4 \times Q_{subsistema}}{\pi \times D_{int\_tub}^2}$$

*Ecuación 6-4: Comprobación de velocidad*

Donde  $Q_{subsistema}$  es el caudal de agua que mueve cada subsistema y  $D_{int\_tub}$  el diámetro de la tubería seleccionado.

$$Q_{subsistema} = 0,03561 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{int\_tub} = 0,1846 \text{ m}$$

$$v_{comprobación} = 1,33 \text{ m/s por lo que cumple con lo establecido en la norma “UNE 149201:2017”}$$

El espesor de aislamiento mínimo necesario según el RITE es de 0,05 m.

#### 6.4.4. Tuberías en acumuladores

Son las tuberías que conectan los acumuladores con el colector intermedio y que llevan el agua desde el colector hasta los Booster y viceversa.

Para su dimensionamiento, se consideró la potencia térmica intercambiada debido a la diferencia de temperatura entre el agua caliente que se debe suministrar a la instalación y el agua “fría” que retorna para así obtener un valor del caudal de agua que circula por las tuberías.

Para ello se empleó la siguiente expresión de potencia térmica  $Q'$  *térmico*:

$$Q'_{\text{térmico}} = \dot{m}_{\text{agua\_acum}} \times C_{p_{\text{agua}}} \times \Delta T$$

*Ecuación 6-5: Potencia térmica*

Donde  $\dot{m}_{\text{agua}}$  es el caudal másico de agua,  $C_{p_{\text{agua}}}$  el calor específico del agua y  $\Delta T$  la variación de temperatura.

$Q'_{\text{térmico}} = 550\,000$  W ya que sería la máxima cantidad de potencia necesaria para los requerimientos de la instalación.

$C_{p_{\text{agua}}} = 4187,6475$  J/(kg K), que se obtuvo por (WOJTKOWIAK, 1998)<sup>[9]</sup> en función de su temperatura (66°C).

$\Delta T = 20^\circ\text{C}$  ya que se estimó en esta cifra la diferencia de temperatura en el agua.

Finalmente, despejando el flujo másico de agua se obtiene su valor.

$\dot{m}_{\text{agua\_acum}} = 6,567$  kg/s que, dividido por la densidad del agua, proporciona el caudal volumétrico  $Q_{\text{acum}}$ :

$$Q_{\text{acum}} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para obtener un valor del diámetro, una vez obtenido el caudal que van a mover estas tuberías, se realizó la misma operación que con las tuberías de ida y retorno, acudiendo a la norma “UNE 149201:2017” para fijar una velocidad máxima y así obtener un diámetro mínimo,  $D_{\text{tub\_acum\_min}}$ , por lo que se empleó la misma expresión que en el apartado anterior:

$$D_{\text{tub\_acum\_min}} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{\text{acum}}}{\pi \times v_{\text{max}}}}$$

*Ecuación 6-6: Diámetro mínimo de la tubería en acumulación*

Donde las tuberías  $Q_{acum}$  es el caudal que atraviesa y  $v_{max}$  la velocidad máxima permitida.

$Q_{acum} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{s}$  como se detalló anteriormente.

$v_{max} = 3,5 \text{ m/s}$  ya que para obtener el diámetro mínimo se debe considerar que la velocidad es la máxima permitida, según la norma “UNE 149201:2017”.

$D_{tub\_acum\_min} = 0,0495 \text{ m}$

Se procede, de igual forma que en el apartado anterior, a seleccionar un diámetro normalizado para estas tuberías, por lo que se acudió al catálogo de Ferroplast para ello.

Tuberías de PE-Xb con diámetro nominal  $D_{ext\_tub\_acum} = 0,075 \text{ m}$  y  $0,0068 \text{ m}$  de espesor.

Posteriormente se comprobó que, para este diámetro, la velocidad del agua está dentro del rango permisible.

$$v_{comprobación} = \frac{4 \times Q_{acum}}{\pi \times D_{int\_tub\_acum}^2}$$

*Ecuación 6-7: Comprobación de velocidad*

Donde  $Q_{acum}$  es el caudal que atraviesa las tuberías y  $D_{int\_tub\_acum}$  el diámetro de tubería seleccionado.

$Q_{acum} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{s}$

$D_{int\_tub\_acum} = 0,0614 \text{ m}$

$v_{comprobación} = 2,27 \text{ m/s}$  por lo que cumple con lo establecido en la norma “UNE 149201:2017”.

Espesor mínimo de aislamiento según el RITE igual a 0,04 m.

#### 6.4.5. Colector intermedio

Es el colector que se sitúa entre los acumuladores y los Booster para conectar los subsistemas con el circuito de producción.

Para su dimensionado, se siguió el mismo proceso que para calcular la sección de los colectores de ida y de retorno, según (Bruno, 2021)<sup>[2]</sup>

El colector intermedio está conectado con los acumuladores por 6 tuberías y con los Booster con otras 6, todas ellas del mismo diámetro.

Es necesario calcular la sección de estas tuberías  $S_{tub\_acum}$ :

$$S_{tub\_acum} = \frac{\pi}{4} \times D_{int\_tub\_acum}^2$$

*Ecuación 6-8: Sección de las tuberías*

Donde  $D_{int\_tub\_acum}$  es el diámetro interior de las tuberías que conectan el acumulador con este colector intermedio.

$$D_{int\_tub\_acum} = 0,0614 \text{ m}$$

$$S_{tub\_acum} = 0,00296 \text{ m}^2$$

La sección del colector intermedio es, por tanto:

$$S_{colector\_intermedio} = 1,4 \times (S_{tub\_acum} \times 12)$$

*Ecuación 6-9: Sección del colector intermedio*

$$S_{colector\_intermedio} = 0,0497 \text{ m}^2$$

Finalmente, despejando el diámetro  $D_{int\_colector\_intermedio\_min}$ :

$$D_{int\_colector\_intermedio\_min} = 0,2516 \text{ m}$$

Por lo que se procedió a seleccionar un diámetro normalizado acudiendo al catálogo de Tuyper Grupo:

Tubería de PE-100 con diámetro nominal  $D_{ext\_colector\_intermedio} = 0,315 \text{ m}$  y un espesor de 0,0121 m.

La longitud se estimó a partir de la siguiente fórmula:

$$L_{colector\_min} = D_{m\acute{a}x\_tub} \times 3 \times N^{\circ}_{tub}$$

*Ecuación 6-10: Longitud del colector*

Donde  $D_{m\acute{a}x\_tub}$  es el diámetro máximo de las tuberías que llegan o salen del colector y  $N^{\circ}_{tub}$  el número de tuberías que salen y llegan al colector.

$$D_{m\acute{a}x\_tub} = 0,075 \text{ m}$$

$$N^{\circ}_{tub} = 12$$

$$L_{colector\_min} = 2,7 \text{ m}$$

Por lo que se decidió poner una longitud de 5 m para que no exista riesgo de cambios de circulación del agua.

Espesor mínimo de aislamiento necesario según el RITE igual a 0,05 m.

#### 6.4.6. Tuberías Booster

Son las tuberías que conectan los Booster con el depósito de inercia. Su diámetro se obtiene de las características de los equipos, en su ficha técnica, siendo su diámetro nominal de 0,08 m. Por lo que se seleccionaron las tuberías en el catálogo de Ferroplast:

Tubería de PE-Xb con diámetro nominal  $D_{ext\_tub\_booster} = 0,09$  m y un espesor de 0,0082 m.

Espesor mínimo de aislamiento necesario según el RITE igual a 0,04m.

#### 6.4.7. Tuberías bombas de calor

Son las tuberías que conectan las bombas de calor con el depósito de inercia y, del mismo modo que con los Booster, su diámetro se obtiene de la ficha técnica, siendo su diámetro nominal de 0,1 m. Por lo que se seleccionaron las tuberías en el catálogo de Tuyper Grupo:

Tubería de PE-100 con diámetro nominal  $D_{ext\_tub\_bc} = 0,11$  m y un espesor de 0,0042 m.

Espesor mínimo de aislamiento necesario según el RITE igual a 0,04 m.



## 6.5. BOMBAS

### 6.5.1. Bombas en las tuberías de retorno

El primer grupo de bombeo estará situado en la tubería de retorno de cada subsistema, que conecta el colector de retorno con el acumulador, y se dispondrán dos bombas en paralelo en cada subsistema por si una de las bombas falla.

Para su dimensionamiento, se necesita saber el caudal de agua que han de bombear y las pérdidas de carga que deben vencer.

El caudal de agua será el que circule por cada subsistema  $Q_{\text{subsistema}} = 0,03561 \text{ m}^3/\text{s}$

Las pérdidas de carga se calcularán para cada tramo de tubería que deba abastecer la bomba. No se considerarán las pérdidas de carga por altura manométrica ya que es un sistema cerrado. Tampoco se considerarán las pérdidas en los colectores de ida y de retorno debido a su gran diámetro.

- Tramo 1: Tuberías que recorren el campo.

Se calcularon las pérdidas de carga que se producen en las tuberías que recorren el campo  $h_{f\_tramo1}$ .

Las tuberías están dispuestas en paralelo, por lo que las pérdidas de carga lineales serán las mismas para todas las tuberías y se calcularon mediante la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_{f\_lineales\_tramo1} = \frac{8 \times f \times L_{tramo1} \times Q_{tub}^2}{g \times \pi^2 \times D_{it}^5}$$

Ecuación 6-11: Pérdidas lineales en el Tramo 1

Donde  $f$  es el factor de fricción,  $L_{tramo1}$  la longitud de las tuberías,  $Q_{tub}$  el caudal que recorre cada tubería que atraviesa el campo,  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $D_{it}$  el diámetro interior de las tuberías que recorren el campo.

$f = 0,02916$  y es el valor del coeficiente de Petukhov calculado en el estudio de transmisión del calor.

$L_{tramo1} = 68$  m ya que es la longitud del ancho del campo.

$$Q_{tub} = 0,000235 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$D_{it} = 0,0408 \text{ m}$$

$$h_{f\_lineales\_tramo1} = 0,0806 \text{ m}$$

Las pérdidas singulares  $h_{f\_singulares\_tramo1}$  se consideraron como el 20% de las pérdidas lineales.

$$h_{f\_singulares\_tramo1} = 0,0161 \text{ m}$$

Sumando ambas, se obtienen las pérdidas de carga asociadas al Tramo 1.

$$h_{f\_tramo1} = 0,0967 \text{ m}$$

- Tramo 2: Tuberías de ida y de retorno

Se calcularon las pérdidas de carga  $h_{f\_tramo2}$  asociadas a las tuberías de retorno y de ida que llevan el agua de los colectores de retorno a los acumuladores y de estos a los colectores de ida.

Las pérdidas de carga lineales se calcularon de nuevo por Darcy-Weisbach:

$$h_{f\_lineales\_tramo2} = \frac{8 \times f \times L_{tramo2} \times Q_{sistema}^2}{g \times \pi^2 \times D_{int\_tub}^5}$$

*Ecuación 6-12: Pérdidas lineales en el Tramo 2*

Donde  $f$  es el factor de fricción de Darcy,  $L_{tramo2}$  la longitud de las tuberías de ida y retorno,  $Q_{sistema}$  el caudal que recorre el subsistema,  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $D_{int\_tub}$  el diámetro interior de las tuberías de retorno y de ida.

El factor de fricción de Darcy  $f$ , considerando régimen turbulento completamente desarrollado, se calcula por la siguiente expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log\left(\frac{\varepsilon_r}{3,7}\right)$$

*Ecuación 6-13: Factor de fricción de Darcy*

Donde  $\varepsilon_r$  es la rugosidad relativa.

La rugosidad relativa se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D_{int\_tub}}$$

*Ecuación 6-14: Rugosidad relativa*

Donde  $\varepsilon$  es la rugosidad superficial del material del que está hecha la tubería.

$\varepsilon = 0,067$  mm ya que es el valor de la rugosidad superficial del PE-100

$$D_{int\_tub} = 184,6 \text{ mm}$$

Despejando, se obtiene el valor de  $f$  :

$$f = 0,0156$$

$L_{tramo2} = 170$  m ya que se consideró la longitud de la tubería de retorno (largo del campo más parte del ancho y entrada a la sala donde estará el resto de la instalación) y la tubería de ida (desde la sala hasta el colector de ida).

$$Q_{sistema} = 0,03561 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$D_{int\_tub} = 0,1846 \text{ m}$$

$$h_{f\_lineales\_tramo2} = 1,2965 \text{ m}$$

Las pérdidas singulares  $h_{f\_singulares\_tramo2}$  se consideraron como el 20% de las pérdidas lineales.

$$h_{f\_singulares\_tramo2} = 0,26 \text{ m}$$

Sumando ambas, se obtienen las pérdidas de carga asociadas al Tramo 2.

$$h_{f\_tramo2} = 1,556$$

Finalmente:

$$h_{f\_bomba\_1} = h_{f\_tramo1} + h_{f\_tramo2}$$

Sabidos el caudal de agua que debe ser bombeado y las pérdidas de carga que debe vencer, ya se puede proceder a seleccionar una bomba que cumpla con las siguientes características:

$$Q_{bomba\_1} = 0,03561 \text{ m}^3/\text{s} \quad h_{f\_bomba\_1} = 1,6526 \text{ m}$$

Para seleccionar la bomba, se acudió al catálogo de Grundfos y, a través de las curvas características de las bombas se escogió:

Bomba en línea simple de rotor seco TPE 200-90/4 S-A-F-A-BQQE-MDA



Ilustración 6.7 Bomba TPE 200-90/4

### 6.5.2. Bombas en las tuberías de los acumuladores

El segundo grupo de bombeo estará situado en las tuberías que conectan los acumuladores con el colector intermedio. Para su dimensionamiento, se procederá del mismo modo que en el anterior grupo de bombeo.

El caudal que deberá ser bombeado es  $Q_{acum} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{s}$

Las pérdidas de carga serán las correspondientes a las tuberías que conectan los acumuladores con el colector intermedio, éste con los Booster y el recorrido inverso hasta los acumuladores de nuevo. El caudal va a ser siempre el mismo en las tuberías y no varía su sección. Se despreciaron las pérdidas en el colector intermedio ya que su diámetro es muy grande en comparación con su longitud.

Se calcularon las pérdidas de carga lineales  $h_{f\_lineales\_acum}$  asociadas a estas tuberías, de nuevo, por Darcy-Weisbach:

$$h_{f\_lineales\_acum} = \frac{8 \times f \times L_{acum} \times Q_{acum}^2}{g \times \pi^2 \times D_{int\_tub\_acum}^5}$$

Ecuación 6-15: Pérdidas lineales en tramo de acumulación

Donde  $f$  es el factor de fricción de Darcy,  $L_{acum}$  la longitud del recorrido total de las tuberías,  $Q_{acum}$  el caudal que recorre las tuberías de la parte de acumulación,  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $D_{int\_tub\_acum}$  el diámetro interior de las tuberías de la parte de acumulación.

El factor de fricción de Darcy  $f$ , considerando régimen turbulento completamente desarrollado se calcula, de nuevo, por la siguiente expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log\left(\frac{\varepsilon_r}{3,7}\right)$$

Ecuación 6-16: Fórmula del factor de fricción de Darcy

Donde  $\varepsilon_r$  es la rugosidad relativa.

La rugosidad relativa se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D_{int\_tub}}$$

Ecuación 6-17: Fórmula de la rugosidad relativa

Donde  $\varepsilon$  es la rugosidad superficial del material del que está hecha la tubería.

$\varepsilon = 0,0004$  mm ya que es el valor de la rugosidad superficial del PE-Xb

$$D_{int\_tub\_acum} = 61,4 \text{ mm}$$

Despejando, se obtiene el valor de  $f$  :

$$f = 0,0075$$

$L_{acum} = 30 \text{ m}$  pues así se consideró la longitud total del recorrido.

$$Q_{acum} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$D_{int\_tub\_acum} = 0,0614 \text{ m}$$

$$h_{f\_lineales\_acum} = 0,9721 \text{ m}$$

Las pérdidas singulares  $h_{f\_singulares\_acum}$  se consideraron como el 20% de las pérdidas lineales.

$$h_{f\_singulares\_acum} = 0,1944 \text{ m}$$

Sumando ambas:

$$h_{f\_acum} = 1,1665 \text{ m}$$

Por lo que se seleccionará la bomba con las siguientes características:

$$Q_{bomba\_2} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{s} \quad h_{f\_bomba\_2} = 1,1665 \text{ m}$$

Se acudió de nuevo al catálogo de Grundfos y la selección fue:

Bomba en línea simple de rotor seco TPE 100-120/2 S-A-F-A-BQQE-IDB



*Ilustración 6.8 Bomba TPE 100-120/2*



## 6.6. DEPÓSITO DE INERCIA

El depósito de inercia es necesario para compensar la diferencia entre la temperatura de la producción de las bombas de calor y la demanda de los Booster. Como es inercia a baja temperatura (40°C de las bombas de calor) serían suficientes 5000 L, pues sirve para garantizar que, ante el arranque de cualquier Booster, éste dispone de instantáneamente de agua a 40°C y para hacer los ciclos de parada y arranque de las bombas de calor lo más largas posibles.

Se acudió al catálogo de Ibaiondo para seleccionar el depósito de inercia:

Modelo 5000 AR-A, con capacidad de 5000 L y aislamiento térmico de polietileno reticulado de 19 mm.

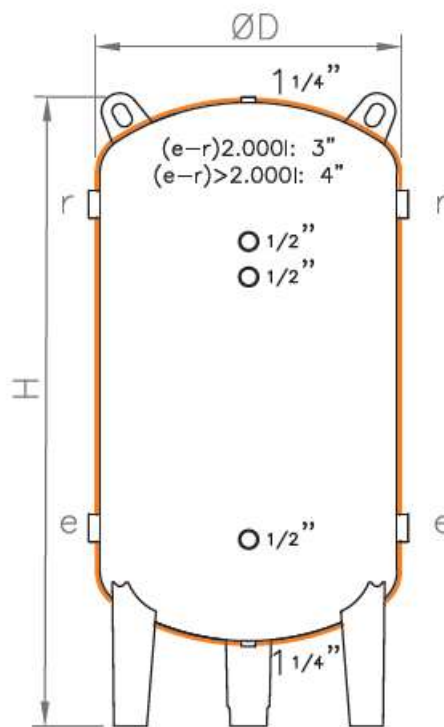


Ilustración 6.9 Depósito de Inercia de Ibaiondo

## 6.7. VASOS DE EXPANSIÓN

Los vasos de expansión permiten absorber los incrementos de volumen causados por el aumento de temperatura del sistema y mantener la presión del circuito de calefacción dentro de unos límites. Además, evitan los fenómenos de cavitación, evaporación y vacío.

Para el cálculo de los vasos de expansión se recurrió a la norma “UNE 100155 Diseño y cálculo de sistemas de expansión”. En ella se detalla los tres tipos de vasos de expansión sin transferencia de masa al exterior del circuito: abiertos, cerrados con diafragma y cerrados sin diafragma. Como el volumen de agua que va a mover el sistema es muy grande, se decidió optar por vasos de expansión cerrados sin diafragma.



*Ilustración 6.10 Vaso de expansión*

El volumen del vaso de expansión  $V_{\text{vaso}}$  se calcula por la siguiente expresión:

$$V_{\text{vaso}} = V \times C_e \times C_p$$

*Ecuación 6-18: Volumen del vaso de expansión*

Donde  $V$  es el volumen total de agua que va por el sistema,  $C_e$  el coeficiente de expansión del agua entre la temperatura a la que le corresponde el volumen específico mínimo (4°C) y

la temperatura máxima de funcionamiento y  $C_p$  el coeficiente de presión que representa la relación entre el volumen total y el volumen útil del vaso de expansión.

$$C_e = ((3,24 \times T^2) + (102,13 \times T) - 2708,3) \times 10^{-6}$$

*Ecuación 6-19: Coeficiente de expansión*

Donde  $T$  es la temperatura máxima de funcionamiento del sistema.

$$C_p = \frac{P_m \times P_M}{P_i \times (P_M - P_m)}$$

*Ecuación 6-20: Coeficiente de presión*

Donde  $P_i$  es la presión inicial en vasos de expansión cerrados sin diafragma,  $P_m$  la presión mínima en el vaso de tal forma que no haya riesgo de cavitación y  $P_M$  la presión máxima de funcionamiento, ligeramente menor que la de tarado de la válvula de seguridad.

Para la presión máxima, se seleccionará el valor mínimo de:

$$P_M = 0,9 \times P_{vs} + 1$$

$$P_M = P_{vs} + 0,65$$

Siendo  $P_{vs}$  la presión de tarado de la válvula de seguridad.

### 6.7.1. Vasos de expansión en el intercambiador de calor del campo de fútbol

Los vasos de expansión se colocarán en el tramo de aspiración, es decir, antes de las bombas que están colocadas en las tuberías de retorno. Para hacer el cálculo, se consideró el volumen total del sistema. No se tendrá en cuenta la diferencia de altura manométrica ya que es un sistema cerrado.

$$V = 150\,000 \text{ L}$$

$$T = 77^\circ\text{C}$$

$P_i = 1$  bar, pues es la equivalente a la presión atmosférica

$P_m = 1,2$  bar, ligeramente superior a la presión atmosférica

$P_M = 5,8$  bar, pues la válvula de seguridad está tarada en 6 bar y esta debe ser algo inferior.

$$C_p = 1,51$$

$$C_e = 0,02436657$$

$$V_{vaso} = 5609 \text{ L}$$

Como el volumen del vaso de expansión es muy grande, se dividirá en tres vasos de expansión de 1870 L colocados en cada uno de los tres subsistemas, en el tramo de aspiración de las bombas. Estos vasos los proporcionaría por encargo la empresa Sedical, seleccionando el modelo G 2000/6 de 2000 L.

### 6.7.2. Vaso de expansión en el circuito de inercia

Iría colocado en las tuberías que conectan el depósito de inercia con las bombas de calor. Tampoco se tendrá en cuenta la altura manométrica por la misma razón.

$$V = 5\,000\text{ L}$$

$$T = 40^{\circ}\text{C}$$

$P_i = 1\text{ bar}$ , pues es la equivalente a la presión atmosférica

$P_m = 1,2\text{ bar}$ , ligeramente superior a la presión atmosférica

$P_M = 3,2\text{ bar}$ , pues la válvula de seguridad está tarada en 3,5 bar y esta debe ser algo inferior.

$$C_p = 1,92$$

$$C_e = 0,00656$$

$$V_{vaso} = 68\text{ L}$$

Se dispondrán dos vasos de expansión de 34 L en cada una de las dos tuberías que conectan el depósito de inercia con las bombas de calor. Estos vasos los proporcionaría la empresa Sedical seleccionando el modelo N 50/6 de 50 L.

## 7. Conclusiones

Como se puede apreciar a lo largo del documento, se cumplieron los objetivos marcados al inicio del mismo. Se diseñó un sistema de calefacción que permita mantener el césped del campo de fútbol por encima de los  $7^{\circ}\text{C}$ , que dicho sistema no emplease combustibles fósiles y se introdujo en el sistema una fase intermedia de acumulación. Se realizó un estudio para determinar la potencia necesaria del sistema, un estudio de la transmisión de calor y un estudio de la disposición hidráulica y selección de equipos. Aunque el sistema no sea el más eficiente posible, se partió de una idea base y se fue desarrollando, tomando las decisiones que se consideraron mejores, sin contar con ninguna experiencia respecto a este tipo de sistemas, pero ello también sirvió para aprender y profundizar en el desarrollo de los conceptos teóricos y mejorar en la toma de decisiones.

## 8. Planificación

La instalación del sistema de calefacción comenzará con una excavación a cielo abierto, en el césped del campo de fútbol. Se excavará un metro de profundidad para colocar las tuberías necesarias. Se rellenarán 40 cm con la propia tierra extraída de la excavación y otros 40 cm con grava, ya que es un buen drenante. Posteriormente, se rellenará con arena, donde irán enterradas las tuberías que recorren el campo y, sobre esta arena, se colocarán los rollos de césped que conformarán el terreno de juego. En los laterales del campo, se excavarán unas zanjas de 90 cm de profundidad y que tendrán la longitud del campo de fútbol (90 m) y un ancho de unos 3 metros, que será donde se dispondrán los colectores en paralelo y las tuberías de ida y de retorno.

Se habilitará un espacio lo suficientemente grande como sala de calderas, en el estadio de fútbol. Una vez se reciban los equipos necesarios, se procederá a su instalación y conexionado, con sus respectivas pruebas de presión y llenado. Posteriormente se realizará la puesta en marcha y puesta en operación para comprobar la correcta funcionalidad del sistema.

## 9. Cronograma

La fecha de comienzo del proyecto fue el 01/02/2021 y su duración aproximada, 6 meses.

Se le dedicó dos horas de lunes a viernes hasta mediados de mayo cuando, una vez terminados los exámenes, se dedicó todo el tiempo disponible.

Se presenta el diagrama de Gantt en la figura, elaborado con el programa Ms Project, con las tareas que se fueron desarrollando y su duración estimada.

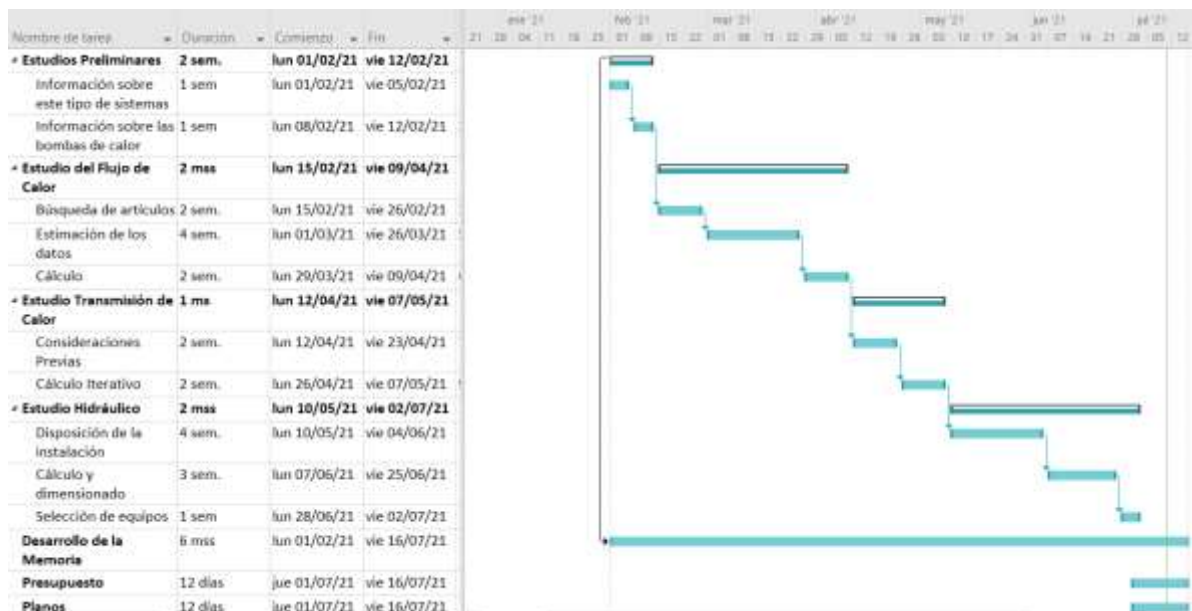


Ilustración 9.1 Cronograma temporal



## 10. Bibliografía

- [1] AEMET. (20 de Febrero de 2021). Obtenido de <http://www.aemet.es/>
- [2] Bruno. (25 de Mayo de 2021). *Ingenieros Industriales*. Obtenido de <https://www.ingenierosindustriales.com/como-calculas-colectores-en-instalaciones-de-calefaccion-o-climatizacion/>
- [3] Dobrosława KACZOREK, H. K. (08 de Marzo de 2013). STRUCTURAL SOLUTIONS IMPACT ON THERMAL ENERGY EFFICIENCY. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT: Volume 19*, págs. 883-893.
- [4] *ehu.eus*. (15 de Febrero de 2021). Obtenido de <http://www.ehu.eus/mmtde/materiala/tablas%20y%20diagramas.pdf>
- [5] Garreaud, R. (20 de Febrero de 2021). *Universidad de Chile: Pregrado en ciencias de la tierra*. Obtenido de <http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/meteorologia.html>
- [6] Infante, S. (31 de Mayo de 2021). *La cumbre online*. Obtenido de <https://www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/como-se-forman-las-nubes>
- [7] Mohamed Ouzzane, P. E.-N. (2014). Analysis of the convective heat exchange effect on the. *Solar Energy 108*, 340-347.
- [8] Song, Y. (2018). Energy analysis for a snow-free surface. A technical analysis of the benefits of insulation under the heating pipes. Gavle, Suecia.
- [9] WOJTKOWIAK, C. O. (1998). Simple Formulas for Thermophysical Properties of Liquid Water for Heat Transfer Calculations (from 0°C to 150°C). *Heat Transfer Engineering*, págs. 87-101.



# **UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Departamento de Energía y Medioambiente**

**Trabajo de Fin de Grado**

**Sistema de calefacción del terreno de juego de un campo de fútbol de césped natural en clima continental de la Península Ibérica**

**Documento IV - Planos**

**AUTOR: Miguel García Rodríguez**

**TUTOR: Francisco Javier Fernández García**

**Julio, 2021**

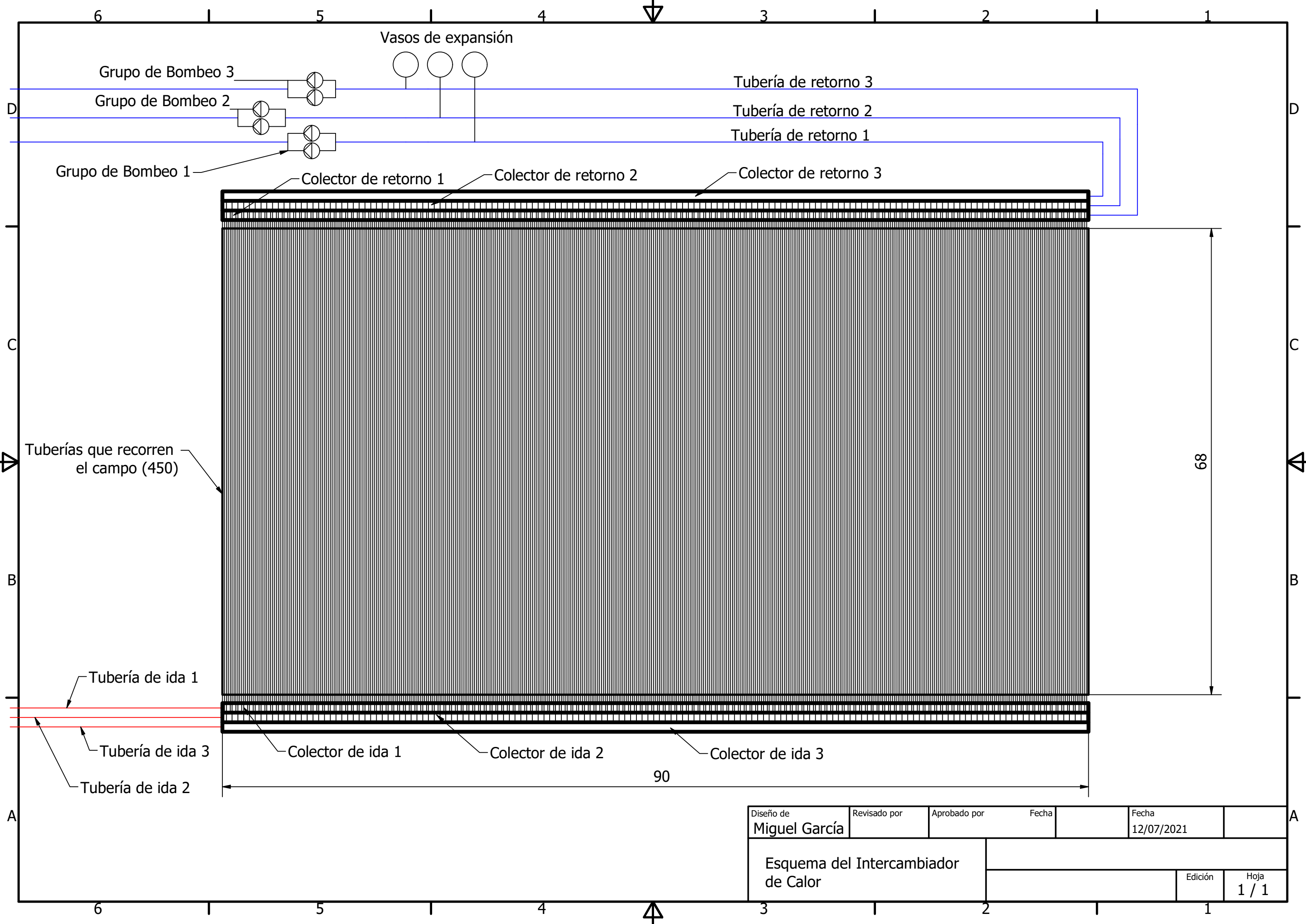
# Índice

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>PLANOS.....</b>	<b>2</b>
2.1	Esquema del intercambiador de calor del campo de fútbol.....	3
2.2	Esquema de la sala de calderas.....	4

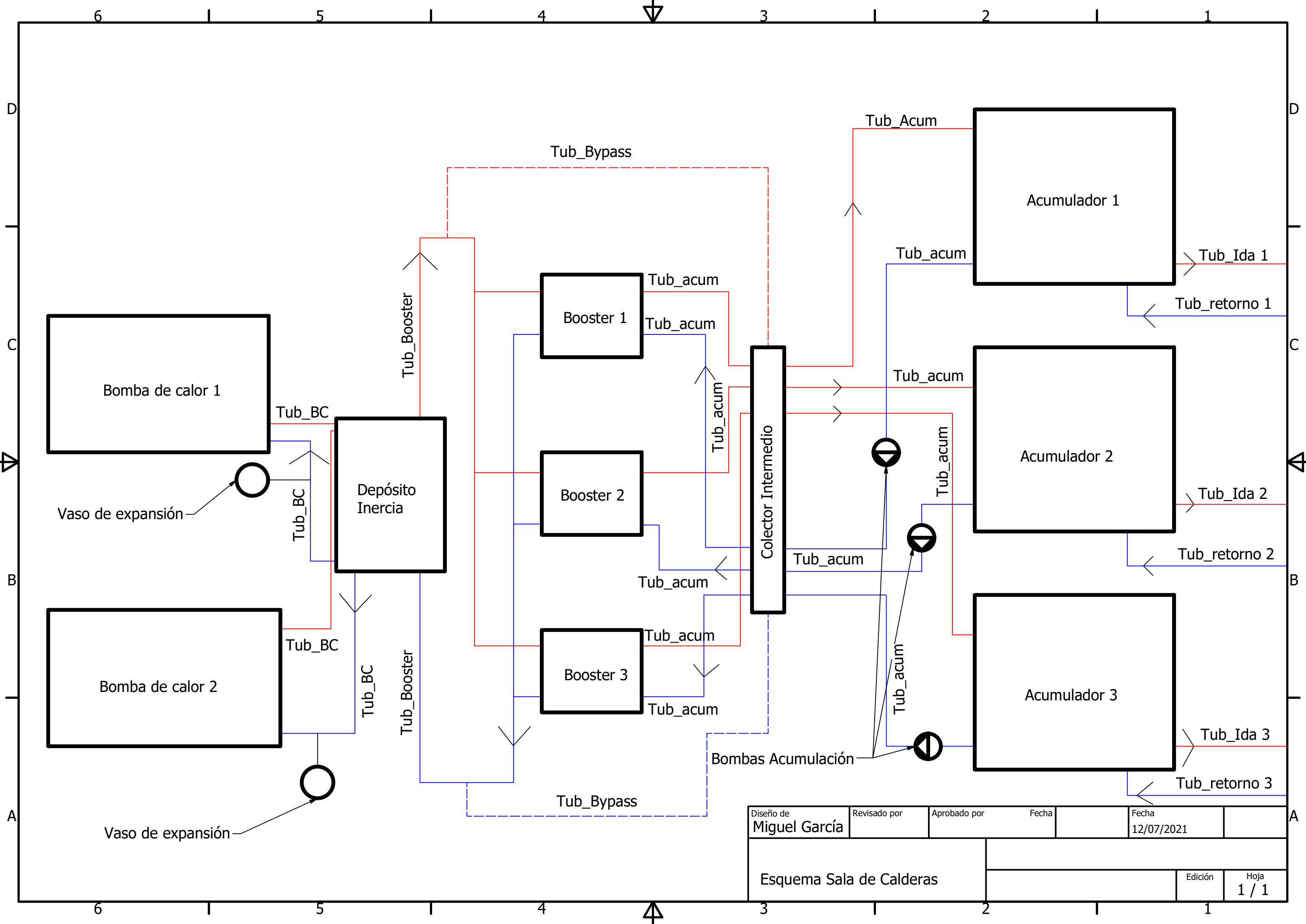
# 1. Introducción

En el presente documento se presentan los planos esquemáticos para poder entender el funcionamiento de la instalación, realizados con el programa Autodesk Inventor Professional.

## **2. Planos**



Diseño de <b>Miguel García</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 12/07/2021
Esquema del Intercambiador de Calor			Edición	Hoja 1 / 1



Diseño de <b>Miguel García</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 12/07/2021
Esquema Sala de Calderas			Edición	Hoja 1 / 1



# **UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Departamento de Energía y Medioambiente**

**Trabajo de Fin de Grado**

**Sistema de calefacción del terreno de juego de un campo de fútbol de césped natural en clima continental de la Península Ibérica**

**Documento II – Pliego de condiciones**

**AUTOR: Miguel García Rodríguez**

**TUTOR: Francisco Javier Fernández García**

**Julio, 2021**



# Índice

<b>1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETO .....	1
1.2. ALCANCE DEL SUMINISTRO .....	1
1.3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS.....	1
1.4. ALCANCE DE LAS ESPECIFICACIONES .....	2
1.4.1. Generalidades .....	2
1.4.2. Suministro de materiales y equipos .....	2
1.4.3. Almacenamiento y acopio de materiales y equipos .....	3
1.5. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN .....	3
1.5.1. Limpieza .....	3
1.5.2. Pruebas de presión en las tuberías .....	4
1.5.3. Otras pruebas .....	5
1.6. GARANTÍAS TÉCNICAS.....	7
1.7. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....	8
<b>2. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>	<b>9</b>
2.1. ACREDITACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	9
2.2. TUBERÍAS.....	9
2.2.1. Generalidades .....	9
2.2.2. Tuberías de PE-Xb .....	10
2.2.3. Tuberías de PE100 .....	10
2.2.4. Aislamiento .....	10
2.3. BOMBAS CIRCULADORAS.....	11
2.3.1. Bombas circuladoras en el intercambiador de calor del campo de fútbol.....	11
2.3.2. Bombas en zona de acumulación .....	12
2.4. BOMBAS DE CALOR .....	12
2.5. BOOSTER .....	13
2.6. ACUMULADORES .....	14
2.7. DEPÓSITO DE INERCIA.....	14
2.8. VASOS DE EXPANSIÓN.....	14
<b>3. ESPECIFICACIONES DE OBRA CIVIL.....</b>	<b>16</b>
3.1. EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN .....	16
3.2. EXCAVACIÓN DE ZANJAS.....	17

3.3. RELLENOS ..... 18

# 1. Pliego de condiciones generales

## 1.1. OBJETO

En el presente documento se establece el objeto del pliego de condiciones, donde se reflejan las disposiciones oficiales que se deberán tener en cuenta, como pueden ser: instrucciones, especificaciones de materiales y equipos y de obra civil y normativa para el desarrollo de la obra de instalación del sistema de calefacción del campo de fútbol situado en Oviedo.

## 1.2. ALCANCE DEL SUMINISTRO

El suministro para la realización del presente proyecto deberá incluir tanto los equipos, materiales, servicios, mano de obra y cuantas acciones sean necesarias para poder completar y poner en funcionamiento las instalaciones objeto, cumpliendo con la normativa vigente.

## 1.3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

Además de las acciones ya descritas en la memoria, serán por cuenta del contratista los siguientes apartados:

- Obtención y abono de todos aquellos permisos y proyectos de aprobación necesarios en los Organismos Oficiales que tengan jurisdicción al respecto.
- Pruebas y Planos finales de obra acabada.
- Coordinación y colaboración con los contratistas de las demás instalaciones, bajo el control de la dirección de obra.

Se atenderán las indicaciones de la dirección técnica del proyecto en las acciones en lo que se refiere a plazos y prioridades siendo, los plazos lo más breves posibles de no haber otro tipo de indicaciones.

## **1.4. ALCANCE DE LAS ESPECIFICACIONES**

### **1.4.1. Generalidades**

El diseño de la instalación y su funcionamiento se indican en los planos esquemáticos y se describen en la memoria. Estos documentos se complementan mutuamente y deben de ser considerados como un conjunto inseparable. Cada indicación o descripción que se refleje en alguno de estos documentos se aplicará a todos los suministros y obras correspondientes y deberán ser revisados a lo largo de toda su ejecución. En caso de que exista cualquier tipo de contradicción entre los documentos se tomará lo más restrictivo, sin que ello suponga coste adicional, aunque presupuesto y planos tendrán prioridad sobre la memoria.

### **1.4.2. Suministro de materiales y equipos**

Si el Contratista propone yacimientos o procedencias distintas a las estudiadas en el proyecto, lo notificará al Ingeniero Director de las Obras para su aprobación, con suficiente antelación, aportando las muestras y los datos necesarios para demostrar la posibilidad de su aceptación, en lo que se refiere a su calidad, cantidad, características de la instalación de obtención y manipulación de aquellos.

Los materiales y equipos obtenidos de las procedencias autorizadas se abonarán a los precios que, para ellos, hayan sido fijados en el presupuesto..

En todo caso, serán de cuenta del Contratista todos los gastos correspondientes a la obtención de los derechos de explotación o suministro, y los motivados por la aprobación de estos suministros y sus yacimientos o procedencias.

Los materiales deberán de tener su correspondiente marcado CE, tendrán como mínimo la calidad exigida y cumplirán con todas las especificaciones incluidas en el presente proyecto.

Los equipos suministrados serán de fabricación reciente y las marcas y modelos serán las indicadas en el presente proyecto.

### **1.4.3. Almacenamiento y acopio de materiales y equipos**

Queda prohibido efectuar acopios de materiales, cualquiera que sea su naturaleza, sobre la obra e instalación que defina el Ingeniero Director de las obras.

Los materiales y equipos se almacenarán en forma tal que se asegure la preservación de su calidad y consiguiente aceptación para su utilización en la obra, requisitos que deberán ser comprobados en el momento de su utilización.

Las superficies empleadas como zonas de acopios deberán reacondicionarse una vez terminada la utilización de los materiales acumulados en ellas y de los equipos, de forma que puedan recuperar su aspecto original. Todos los gastos requeridos para ello serán de cuenta del Contratista.

## **1.5. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN**

El instalador encargado dispondrá de todos los medios humanos y materiales que sean necesarios para realizar las pruebas de la instalación.

Una vez que se encuentre la instalación completamente terminada, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, deben realizarse las pruebas finales de la instalación.

Todas las pruebas deben realizarse en presencia del Director de Obra o persona en quien este delegue, quien deberá revisar y, por tanto, dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos.

La instalación no se dará por finalizada hasta que no se haya puesto en marcha y probado en carga con todos los aparatos y equipos conectados.

### **1.5.1. Limpieza**

Las redes de tuberías y conductos deben de ser limpiadas internamente con el fin de eliminar cualquier impureza antes de ser probadas y puestas en marcha. Lo mismo ocurre con todos los equipos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación, que se comprobarán. Después de la finalización de la obra se deberán realizar todas aquellas actividades de limpieza y acondicionamiento necesarias.

### 1.5.2. Pruebas de presión en las tuberías

Todas las tuberías deben de ser sometidas a pruebas de presión, a fin de comprobar su estanqueidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, por ser enterradas o el propio material aislante.

La prueba se iniciará con el llenado de agua de la tubería, empezando por el punto más bajo del tramo objeto de la prueba y dejando abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire interior, mediante la colocación de las ventosas previstas en los puntos altos. Las presiones de la tubería se irán elevando lentamente, hasta alcanzar una presión de prueba ( $P_1 = 1,4P$ ), de forma que el incremento de la misma no supere a una atmósfera por minuto. Siendo P la presión de trabajo que es la suma de la presión de servicio más las sobre presiones, incluido el golpe de ariete.

La prueba durará treinta minutos ( $P_2 =$  presión a los treinta minutos), y se considerará satisfactoria cuando, durante este tiempo, el manómetro no acuse un descenso superior a:

$$\sqrt{\frac{P_1}{5}}$$

$$P_2 > P_1 - \sqrt{\frac{P_1}{5}}$$

Después de haber completado satisfactoriamente la prueba de presión interior, se realizará la de estanqueidad, a la presión de trabajo. Para ello se medirá, durante un período de dos horas, el caudal que es necesario introducir en la tubería para mantener constante la presión de trabajo ( $V_1$  en litros), después de haber llenado la tubería de agua y expulsado todo el aire.

La pérdida total durante el período antes citado de dos horas, debe ser inferior al volumen de agua necesario para alcanzar la presión de prueba

$V_2 = K L D$ , siendo,

V2 = Pérdida total en litros.

K = 0,3 fundición; 0,35 fibrocemento, acero y P.V.C.; 1 hormigón en masa; 0,4 hormigón armado y 0,25 hormigón pretensado.

L = Longitud del tramo en prueba en metros.

D = Diámetro interior en metros.

$V2 < V1$  valido

$V2 \geq V1$  no válido

En cualquier caso de pérdidas, el Contratista, a sus expensas, reparará todas las pérdidas de caudal apreciables y si la pérdida total fuese mayor a la fijada, queda obligado a reparar y repasar toda la tubería y juntas hasta dejarla en condiciones de recibo.

Todos los gastos de personal y medios necesarios para realizar las pruebas, serán a cargo del Contratista. La Administración podrá suministrar los manómetros o equipos medidores si lo estima conveniente, o comprobar los suministros por el Contratista.

La prueba final de estanqueidad se debe efectuar a todos los accesorios y conducciones a una presión, con un mínimo de 6 bares, de acuerdo con la UNE 100151.

También se deberán realizar pruebas de circulación del agua, poniendo las bombas circuladoras del sistema en marcha, comprobándose la limpieza de los filtros, midiéndose las presiones y, finalmente, se realizará la comprobación de la estanqueidad del circuito con el fluido a la temperatura de funcionamiento.

### **1.5.3. Otras pruebas**

El instalador encargado procederá a la realización de las diferentes pruebas finales previa la recepción provisional exigidas según la normativa vigente, pudiendo la Dirección Facultativa de la obra, dictaminar otras pruebas que consideren que tuviesen relación con la verificación de la prestación de la instalación y con cargo al contratista.

El instalador deberá presentar a aprobación a la Dirección Facultativa de la obra un protocolo de pruebas indicando las que se pretenden realizar, así como el procedimiento a seguir y resultados a lograr según el diseño final.

Las pruebas serán realizadas por el instalador en presencia de la Dirección Facultativa o persona en quien delegue. En cualquier caso, la forma de proceder, la interpretación de los resultados y la necesidad de repetir de las pruebas será competencia exclusiva de la Dirección Facultativa.

El instalador deberá de aportar toda la mano de obra, material, equipos, aparatos de medición, indicadores de caudal y todos los accesorios necesarios para las pruebas.

Todos los defectos durante las pruebas, todo el material o montaje que fuese insatisfactorio después de las pruebas será inmediatamente reparado según las instrucciones de la Dirección Facultativa, siendo necesaria la repetición de todas las pruebas hasta que se consiga el resultado buscado respecto a planos y documentos.

Previo al comienzo de las pruebas cada equipo debe de estar completamente limpio e identificado y deberá de contar con todas las placas requeridas. Se comprobará el funcionamiento de la instalación en cuanto a:

Fluidos:

- Caudal de la bomba: Se obtendrá por medición directa del caudal de la bomba, comprobándose el resultado sobre la curva de funcionamiento, considerando la potencia absorbida y la presión de los manómetros. Se validará el resultado contrastado con el caudal obtenido de gráfico por medición de la pérdida de carga a través de los equipos generadores.
- Caudal de agua en los distintos circuitos.

Temperaturas de fluidos:

- Temperatura de impulsión y retorno en los generadores de agua caliente.

Acústica y vibración. Se efectuarán las siguientes a criterio de la Dirección Facultativa:

- Una medición con la instalación parada.
- Una medición con toda la instalación en marcha en los mismos puntos.
- Mediciones en exterior según se requiera.



## 1.6. GARANTÍAS TÉCNICAS

El contratista garantizará todos los aparatos, instalaciones y equipos suministrado de acuerdo al presente pliego de condiciones durante el periodo de garantía, a partir de la recepción provisional de las obras, el plazo de garantía no será inferior a un año.

Todos los aparatos, instalaciones o equipos que presenten defectos en el curso del periodo de garantía, que no sean satisfactorios o aptos para cumplir las condiciones del presente pliego de condiciones, bien por su calidad o por su funcionamiento serán inmediatamente reparados o sustituidos por el contratista a su cargo. Todas las conexiones y reglajes necesarios estarán incluidos en sus prestaciones.

Todo equipo o aparato considerado como insatisfactorio o defectuoso podrá ser mantenido en funcionamiento a petición o autorización de la Dirección Facultativa hasta que pueda ser retirado para ser reparado sin afectar a la marcha normal de la instalación. Las reparaciones y sustituciones serán efectuadas sin coste adicional para la Propiedad.

El funcionamiento incluso parcial de las instalaciones no implica de ninguna forma la recepción de las obras, ni siquiera de la parte en funcionamiento.

La recepción se llevará a cabo cuando el instalador haya:

- Reparado o reemplazado todas las partes defectuosas.
- Hecho todos los arreglos de su instalación y subsanada la lista de reparos.
- Probado que cumple todas las exigencias de los planos y los documentos escritos.
- Suministrado todas las atestaciones solicitadas sin plusvalía para la Propiedad.
- Realizados todos los protocolos de pruebas.

Si el instalador debe, por las obligaciones que figuran en este documento o en otros documentos contractuales, efectuar modificaciones o adiciones dentro de su prestación en zonas fuera de los límites del local, se compromete a hacerlas en condiciones aceptadas por la propiedad de forma que no entorpezca su funcionamiento.

## **1.7. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

El instalador dispondrá de todos los medios necesarios para la finalización de la instalación en el plazo previsto, trabajando para ello, si lo considera necesario la Dirección facultativa, los fines de semana y doblando turnos horarios. Todo ello sin coste adicional para la Propiedad.

El instalador se pondrá de acuerdo con el resto de contratistas para evitar toda clase de interferencias y ayudar al adecuado desenvolvimiento de los trabajos.

Todo trabajo se hará de una forma limpia, ordenada y buen acabado según normas, especificaciones y reglas del buen hacer.

El recinto de la obra se conservará limpio y libre de materiales o restos de instalación durante el montaje, dejándolo igualmente en perfecto estado una vez acabados los trabajos.

Se cumplirá previamente con lo indicado en el Pliego de condiciones Administrativas en lo referente a planos, documentación y muestras.

El instalador deberá replantear con la suficiente antelación y cuidadosamente todo tipo de rozas, paso de tuberías, conductos, rejillas, etc., que sea necesario realizar en paredes o estructuras de obra civil. Cualquier tipo de estos trabajos que tenga que realizar, deberá contar con la autorización previa de la Dirección de Obra y en los límites que esta le indique. El instalador estará obligado a asegurarse de la compatibilidad de los planos generales de las instalaciones con los del edificio y verificar en la obra todas las partes que le conciernen, así como sus dimensiones.

Ningún coste adicional le será atribuido por razones de diferencias entre las dimensiones y ensanchamientos efectivos y las cotas de los planos

Todos los elementos que sean necesarios para la perfecta terminación en las instalaciones, su correcto funcionamiento y cumplimiento de la normativa se consideran que serán suministrados y montados por el instalador sin coste adicional, por tanto, se interpreta que estarán incluidos como parte proporcional en los precios unitarios de los materiales descritos.

## 2. Especificaciones de materiales y equipos

### 2.1. ACREDITACIÓN DE LOS EQUIPOS

El cumplimiento de los requisitos exigidos a la maquinaria y equipos de puesta en obra, se acreditará mediante la presentación de la documentación (declaración del contratista) que corresponda a cada una de las máquinas a utilizar. La citada documentación incluirá, como mínimo, la siguiente información:

Ficha técnica de cada máquina, de acuerdo al modelo descrito en el Anexo A de la norma UNE 135277-1.

Requisitos asociados a cada clase de máquina, conforme a los ensayos descritos en la norma UNE 135277-2.

Identificación de los elementos de la máquina, que son objeto de verificación y sus curvas de caudal, según la norma UNE 135277-1.

### 2.2. TUBERÍAS

#### 2.2.1. Generalidades

Serán transportadas en camiones con suelo plano y entregadas a pie de obra, se apilarán a una altura máxima de 1,5 m y se colocarán de forma horizontal. Los accesorios que sean necesarios se suministrarán en cajas con embalaje para su protección.

Antes de su montaje deberá comprobarse que las tuberías no están rotas, oxidadas o dañadas de cualquier manera. El montaje deberá ser ordenado, con ubicación mediante estudio topográfico precisa, de primera calidad y completo. Las uniones se realizarán según instrucciones de fabricante y las tuberías deberán de soportar las presiones de diseño de la instalación. Deberán ser instaladas suficientemente separadas de otros materiales y obra a

no ser que se especifique lo contrario en la memoria para permitir su libre expansión. Serán instaladas de tal forma que se asegure la circulación del fluido, eliminando las posibles bolsas de aire durante el llenado y cuyo drenaje se pueda realizar con facilidad.

Las operaciones que sean necesarias realizar a las tuberías deberán ser supervisadas por la Dirección Facultativa de la obra.

Una vez realizada su instalación, se realizarán las pruebas pertinentes para asegurarse de su correcto funcionamiento.

### **2.2.2. Tuberías de PE-Xb**

Las tuberías empleadas para la realización del sistema de calefacción serán de polietileno reticulado Pe-Xb según UNE EN ISO 15875-2 de acuerdo con lo descrito en la memoria del presente proyecto, con certificado AENOR de banda blanca. Alta resistencia a presiones altas, sin riesgo de erosión o corrosión y larga duración. Diámetros nominales DN de 50, 75 y 90 mm. Serán suministradas por el fabricante Ferroplast, serie S. 4.0-5.0, en rollos de tuberías, siendo necesarias las longitudes descritas en el presupuesto.

### **2.2.3. Tuberías de PE100**

El resto de tuberías empleadas serán de polietileno PE100 según norma UNE EN 12201, con certificado AENOR y banda marrón para agua no potable, duración de vida útil de 50 años. Aalta resistencia química, al impacto y a la abrasión y bajo coeficiente de rugosidad con diámetros nominales DN de 110, 200, 315 y 710 mm según se describe en la memoria. Presión de 6 bar.

Serán suministradas por el fabricante Tuyper Grupo, suministradas en rollos de tuberías, siendo necesarias las longitudes descritas en el presupuesto.

### **2.2.4. Aislamiento**

El aislamiento no podrá ser interrumpido al atravesar elementos estructurales.

Las tuberías deberán llevar un espesor aislamiento mínimo establecido según el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios), según se indica en la memoria, siendo el material aislante alguno de los siguientes productos:

TUBOLIT (AMSTRONG), CLIMAFLEX, INSUL TUBE

Los productos serán químicamente inertes, inatacables por agentes químicos, no inflamables, imputrescibles e inodoros, no serán objeto de alimento para roedores, ni medio adecuado para desarrollo de microorganismos e insectos. Tendrán una clasificación al fuego de M1.

## **2.3. BOMBAS CIRCULADORAS**

### **2.3.1. Bombas circuladoras en el intercambiador de calor del campo de fútbol**

Se refiere a las bombas circuladoras que irán dispuestas según lo establecido en la memoria y en los planos para la circulación del agua caliente que cederá calor al terreno de juego. Estas bombas serán dobles, es decir, irán dispuestas en paralelo y las proporcionará el fabricante Grundfos.

Bombas de la serie 2000, en línea simple de rotor seco, cierre mecánico según EN 12756, motor según estándar IEC y DIN con variador de frecuencia integrado con eficiencias de hasta IE5 y sensores de presión diferencial incorporados. Modelo TPE 200-90/4 S-A-F-A-BQQE-MDA. Rango de temperaturas ambientales entre -20°C y 50°C y rango de temperatura del líquido -25°C hasta 120°C. Presión de trabajo máxima 16 bar. Eficiencia eléctrica de 92,2 % y potencia nominal de motor eléctrico 7,5 kW. Tensión nominal de 3 x 380-500 V e intensidad nominal de 14,1-11,1 A. El diámetro de boca de la bomba en aspiración no será inferior al de las tuberías con que irán conectadas. Se instalarán filtros aguas arriba de las bombas para asegurar su protección.

Serán transportadas a pie de obra por el fabricante, con las medidas necesarias para evitar que se dañen los equipos. Su instalación se realizará según instrucciones de fabricante con el personal adecuado.

Las unidades necesarias están descritas en el presupuesto.

### **2.3.2. Bombas en zona de acumulación**

Se refiere a las bombas dispuestas en la zona de acumulación según se establece en la memoria y en los planos y se encargarán de bombear el agua hacia el circuito de producción. El fabricante que las proporcionará será Grundfos.

Bombas de la serie 2000, en línea simple de rotor seco, cierre mecánico según EN 12756, motor según estándar IEC y DIN con variador de frecuencia integrado con eficiencias de hasta IE5 y sensores de presión diferencial incorporados. Modelo TPE 100-120/2 S-A-F-A-BQQE-IDB. Rango de temperaturas ambientales entre -20°C y 50°C y rango de temperatura del líquido -25°C hasta 120°C. Presión máxima de trabajo de 10 bar. Eficiencia eléctrica de 90,1 % y potencia nominal de motor eléctrico 2,2 kW. Tensión nominal de 3 x 380-500 V e intensidad nominal de 4,15-3,4 A. El diámetro de boca de la bomba en aspiración no será inferior al de las tuberías con que irán conectadas. Se instalarán filtros aguas arriba de las bombas para asegurar su protección.

Serán transportadas a pie de obra por el fabricante, con las medidas necesarias para evitar que se dañen los equipos. Su instalación se realizará según instrucciones de fabricante con el personal adecuado

Las unidades necesarias están descritas en el presupuesto.

## **2.4. BOMBAS DE CALOR**

Las bombas de calor dispondrán de un dispositivo de seguridad que impida que se alcancen temperaturas o presiones mayores que las de tarado.

Para el sistema de calefacción se seleccionarán bombas de calor de aerotermia de Sedical, con 600 kW de potencia, modelo TWA/WP 562 S/L/P/AF, bomba de calor reversible aire-agua clase A con intercambiador de placas. 10 ventiladores axiales directamente acoplados

a motores trifásicos con rotor externo y malla de protección de accidentes en la salida del aire, 12 compresores scroll con nivel de indicador de aceite y protección térmica incorporada montados en soportes antivibratorios de caucho, condensador constituido por dos baterías con aletas de tubo de cobre y aletas de aluminio, evaporador de tipo de placas soldadas de acero inoxidable AISI 316 con dos circuitos independientes en el lado refrigerante y uno en el lado agua y resistencia antihielo de serie. El circuito hidráulico incluye doble bomba de circulación de 7,5 kW de potencia nominal y 16,4 A de corriente nominal, evaporador, sonda de trabajo, sonda antihielo, presostato diferencial de agua, vaso de expansión, válvula de purga de aire manual, desagüe, válvula de seguridad y válvulas de retención. Emplea refrigerante R454B, con COP de 3,7 para salto térmico de 33°C según se especifica en la memoria.

Serán transportadas a obra por el fabricante con las medidas de seguridad pertinentes y su instalación se hará de acuerdo a instrucciones del mismo fabricante.

Las unidades requeridas se detallan en la memoria y en el presupuesto.

## **2.5. BOOSTER**

Los Booster dispondrán de un dispositivo de seguridad que impida que se alcancen temperaturas o presiones mayores que las de tarado.

Los Booster o bombas de calor agua-agua serán seleccionados del fabricante Sedical, con 550 kW de potencia, modelo JWH/BH 342 S/Y/P. Bomba de calor refrigerada por agua para la conducción de agua caliente a alta temperatura e intercambiador de placas. Compresores scroll con protección contra sobrecalentamiento interno y calentador del cárter, condensador AISI 316 de acero inoxidable de placas soldadas con dos circuitos en el lado refrigerante y uno en el lado de agua, evaporador AISI 316 de acero inoxidable de placas soldadas con dos circuitos en el lado refrigerante y uno en lado de agua, válvula de expansión electrónica, medidores electrónicos de alta y baja presión. Con bomba de circulación, refrigerante R134a, COP de 3,87 con salto térmico de 30-38°C según se especifica en la memoria.

Serán transportadas a obra por el fabricante con las medidas de seguridad pertinentes y su instalación se hará de acuerdo a instrucciones del mismo fabricante.

Las unidades requeridas se detallan en la memoria y en el presupuesto.

## **2.6. ACUMULADORES**

Se refiere a los acumuladores de los que dispondrá el sistema para el suministro de agua, fabricados por encargo por la empresa Sedical, con un volumen de 50 000 L, de acero al carbono.

Las unidades están detalladas en la memoria y presupuesto.

## **2.7. DEPÓSITO DE INERCIA**

Se refiere al depósito de inercia que se incorporará entre las bombas de calor y los Booster.

Se acudirá al fabricante IBAIONDO, siendo el modelo 5000 AR-A, disposición vertical, con capacidad de 5000 L y aislamiento térmico de polietileno reticulado de 19 mm apropiado para evitar condensaciones

Presión máxima de trabajo 6 bar, temperatura de servicio -10°C/100°C, conexiones para sondas y purga R GH, conexiones de agua R-GH.

## **2.8. VASOS DE EXPANSIÓN**

El depósito de expansión será metálico, resistente a los esfuerzos que va a soportar. Se calculará según la norma UNE 100-155:2004. Tendrá timbrada la máxima presión que puede soportar, que en ningún caso será inferior a la de regulación de la válvula de seguridad de la instalación reducida al mismo nivel. Serán vasos de expansión sin membrana de 2000 L y de 50 L.

Presión de trabajo de 6 bar para los vasos de expansión, temperatura de trabajo hasta 120°C. Equipados con su correspondiente válvula de seguridad.

Se instalarán depósitos de expansión del fabricante SEDICAL, o de un fabricante con especificaciones similares al anteriormente citado, homologado según directiva PED 97/23 CE.

Los vasos de 50L serán del modelo N 50/6, conformes con Directiva DEP 2014/68/UE de aparatos a presión. Vasos precargados de fábrica con nitrógeno a 1,5 bar.



Los vasos de 2000 L serán del modelo G 2000/6, conformes con Directiva DEP 2014/68/UE de aparatos a presión. Vasos precargados de fábrica con nitrógeno.

Las unidades requeridas se expresan en el presupuesto.

## 3. Especificaciones de obra civil

### 3.1. EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN

Consiste en el conjunto de operaciones para excavar y nivelar las zonas donde ha de asentarse la instalación, en el campo de fútbol, incluyendo las dimensiones de excavación y taludes y el consiguiente transporte de los productos removidos al depósito o lugar de empleo.

Se incluyen en esta unidad la excavación adicional en suelos inadecuados, ordenada por el Director de las Obras.

Una vez terminadas las operaciones de acondicionamiento del terreno, se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en el presente proyecto, y a lo que sobre el particular ordene el Director. El Contratista deberá comunicar con suficiente antelación al Director el comienzo de cualquier excavación, y el sistema de ejecución previsto, para obtener la aprobación del mismo.

No se autorizará la ejecución de ningún trabajo que no sea llevado a cabo en todas sus fases con referencias topográficas precisas.

Debido a la posible presencia de suelos inadecuados no previstos en el proyecto, la excavación se realizará en primera fase hasta la cota prevista en los planos. Una vez alcanzada esta cota, el Director de la Obra decidirá la cota definitiva de excavación.

Durante las diversas etapas de la construcción de la explanación, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje de modo que no se produzca erosión en los taludes.

Siempre que sea posible, los materiales que se obtengan de la excavación se utilizarán en la formación de rellenos y demás usos fijados en el Proyecto, y se transportarán directamente a las zonas previstas en el mismo, en su defecto, se estará a lo que, al respecto, disponga el Director de las Obras.

La excavación de la explanación se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) sin diferenciar el tipo de terreno, estableciéndose las unidades necesarias en el presupuesto, deducidos por

diferencia entre los perfiles reales del terreno antes de comenzar, los trabajos y los realmente ejecutados, una vez comprobado que dichos perfiles son correctos.

### **3.2. EXCAVACIÓN DE ZANJAS**

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para abrir zanjas donde se dispondrán los colectores y tuberías necesarias. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, entibación, posibles agotamientos, nivelación y evacuación del terreno, y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

El Contratista notificará al Director de las Obras, con la antelación suficiente, el comienzo de cualquier excavación, a fin de que éste pueda efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado.

Una vez efectuado el replanteo de las zanjas, el Director autorizará la iniciación de las obras de excavación. La excavación continuará hasta llegar a la profundidad señalada en el Proyecto y obtenerse una superficie firme y limpia a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, el Director podrá modificar tal profundidad si, a la vista de las condiciones del terreno, lo estima necesario.

Se vigilarán con detalle las franjas que bordean la excavación, especialmente si en su interior se realizan trabajos que exijan la presencia de personas.

También estará obligado el Contratista a efectuar la excavación de material inadecuado y su sustitución por material apropiado, siempre que se lo ordene el Director.

Cuando aparezca agua en las zanjas que se están excavando, se utilizarán los medios e instalaciones auxiliares necesarios para agotarla. Los fondos de las excavaciones se limpiarán de todo el material suelto o flojo y sus grietas y hendiduras se rellenarán adecuadamente.

La excavación en zanjas o pozos se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) deducidos a partir de las secciones en planta y de la profundidad ejecutada, siendo las unidades necesarias las descritas en el presupuesto.

### 3.3. RELLENOS

Esta unidad consiste en la extensión y compactación de los materiales necesarios para rellenar el terreno excavado en la explanación y en las zanjas, en zonas de tales dimensiones que permitan de forma sistemática la utilización de maquinaria con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente el terreno de juego y donde irán enterradas las tuberías descritas en la memoria y en el presupuesto.

Los materiales a emplear serán suelos o materiales locales que se obtendrán de las excavaciones realizadas en obra, o de préstamos a distancia máxima al núcleo de la obra de 100 Km, que se autoricen por el Director de las Obras. También se emplearán los materiales descritos en la memoria y en el presupuesto. En todo caso, se utilizarán materiales que permitan cumplir las condiciones básicas siguientes:

Puesta en obra en condiciones aceptables.

Estabilidad satisfactoria de la obra.

Deformaciones tolerables a corto y largo plazo.

El Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras, especificará el tipo de material a emplear y las condiciones de puesta en obra, de acuerdo con la clasificación descrita en el presupuesto.

Los equipos de extendido, humectación y compactación serán suficientes para garantizar la ejecución de la obra de acuerdo con las exigencias descritas.

Previamente a la ejecución de los rellenos, el Contratista presentará un programa de trabajos en que se especificará, al menos: maquinaria prevista, sistemas de arranque y transporte, equipo de extendido y compactación, y procedimiento de compactación, para su aprobación por el Director de las Obras.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Los rellenos se abonarán por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente ejecutados, medidos sobre los planos de perfiles transversales tomados antes y después de la realización de los trabajos, siendo las unidades especificadas en el presupuesto.



# **UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Departamento de Energía y Medioambiente**

**Trabajo de Fin de Grado**

**Sistema de calefacción del terreno de juego de un campo de fútbol de césped natural en clima continental de la Península Ibérica**

**Documento III - Presupuesto**

**AUTOR: Miguel García Rodríguez**

**TUTOR: Francisco Javier Fernández García**

**Julio, 2021**

# Introducción

En el presente documento se detalla el presupuesto para la realización del proyecto, empleando el programa Arquímedes versión estudiante, considerándose un 3% de costes indirectos, un 6% de gastos generales y un 18% de beneficio industrial.

Se seleccionaron los precios de las páginas de los proveedores, del generados de precios de Cype Ingenieros y algunos de ellos se estimaron.

El presupuesto se presenta en formato de listados API facilitado por la Universidad de Oviedo.

# MEDICIONES

INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

## MEDICIONES

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL 1 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN

1.1	Ud	Modelo TPE 100-120/2 S-A-F-A-BQQE-IDB		
			<b>Total ud .....</b>	<b>3,000</b>
1.2	Ud	Modelo TPE 200-90/4 S-A-F-A-BQQE-MDA		
			<b>Total ud .....</b>	<b>6,000</b>
1.3	Ud	Acumuladores para agua caliente (no ACS) en acero al carbono.		
			<b>Total ud .....</b>	<b>3,000</b>
1.4	Ud	Modelo 5000 AR-A de 5000 L, 6 bar y aislamiento de polietileno reticulado		
			<b>Total ud .....</b>	<b>1,000</b>
1.5	M	Tubería de PE-100 DN=200 mm y espesor 7,7 mm, presión nominal 6 bar según UNE-EN 12201-2		
			<b>Total m .....</b>	<b>170,000</b>
1.6	M	Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 315 mm de diámetro exterior y 12,1 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm, según UNE-EN 12201-2		
			<b>Total m .....</b>	<b>5,000</b>
1.7	M	Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 710 mm de diámetro exterior y 27,2 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm, según UNE-EN 12201-2		
			<b>Total m .....</b>	<b>540,000</b>
1.8	M	Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 110 mm de diámetro exterior y 4,2 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.		
			<b>Total m .....</b>	<b>15,000</b>
1.9	M	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 50 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 4,6 mm de espesor, suministrado en rollos. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales		
			<b>Total m .....</b>	<b>30.600,000</b>
1.10	M	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 75 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 6,8 mm de espesor, suministrado en rollos. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.		
			<b>Total m .....</b>	<b>30,000</b>
1.11	M	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 90 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 8,2 mm de espesor, suministrado en barras. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.		
			<b>Total m .....</b>	<b>7,500</b>
1.12	Ud	Bomas de calor aerotermia 600 kW		
			<b>Total ud .....</b>	<b>2,000</b>



---

## MEDICIONES

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL 1 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN

1.13	Ud	Booster de 550 kW		
			<b>Total ud .....</b>	<b>3,000</b>
1.14	Ud	Vaoss expansión sin membrana de 2000 L		
			<b>Total ud .....</b>	<b>3,000</b>
1.15	Ud	Vasos de expansión sin membrana de 50 L		
			<b>Total ud .....</b>	<b>2,000</b>
1.16	Ud	Mano de obra para la instalación de todos los equipos		
			<b>Total ud .....</b>	<b>1,000</b>

---

## MEDICIONES

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL 2 GASTOS GENERALES

2.1	Ud Alquiler de Oficinas		
		<b>Total ud .....</b>	<b>3,000</b>
2.2	Ud Consumo de Energía		
		<b>Total ud .....</b>	<b>3,000</b>
2.3	Ud Internet y Teléfono		
		<b>Total ud .....</b>	<b>3,000</b>
2.4	Ud Material Fungible		
		<b>Total ud .....</b>	<b>1,000</b>
2.5	Ud Mobiliario		
		<b>Total ud .....</b>	<b>1,000</b>

---

## MEDICIONES

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL 3 GASTOS DE PERSONAL

3.1	H	Ingeniero Jefe		
			<b>Total h .....</b>	<b>500,000</b>
3.2	H	Documentación		
			<b>Total h .....</b>	<b>40,000</b>
3.3	H	Cálculos y Dimensionado		
			<b>Total h .....</b>	<b>200,000</b>
3.4	H	Presentación		
			<b>Total h .....</b>	<b>20,000</b>
3.5	H	Modelado		
			<b>Total h .....</b>	<b>40,000</b>

---

## MEDICIONES

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

#### 4 OBRA CIVIL

4.1	M3 Excavación a cielo abierto, en suelo de arena densa, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.	<b>Total m3 .....</b>	<b>8.190,000</b>
4.2	M3 Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado	<b>Total m3 .....</b>	<b>3.276,000</b>
4.3	M3 Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con grava de 20 a 30 mm de diámetro	<b>Total m3 .....</b>	<b>3.276,000</b>
4.4	M3 Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con arena de 0 a 5 mm de diámetro, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado	<b>Total m3 .....</b>	<b>1.470,000</b>
4.5	M3 Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla dura con grava compacta, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados	<b>Total m3 .....</b>	<b>440,000</b>

# PRESUPUESTO

INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

## CUADRO DE PRECIOS 1

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Designación		
1	EQUIPOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN		
1.1	ud      Modelo TPE 100-120/2 S-A-F-A-BQOE-IDB	IMPORTE	
		En cifra 7.751,00	En letra Siete mil setecientos cincuenta y un euros
1.2	ud      Modelo TPE 200-90/4 S-A-F-A-BQOE-MDA	IMPORTE	
		En cifra 8.277,08	En letra Ocho mil doscientos setenta y siete euros con ocho céntimos
1.3	ud      Acumuladores para agua caliente (no ACS) en acero al carbono.	IMPORTE	
		En cifra 51.500,00	En letra Cincuenta y un mil quinientos euros
1.4	ud      Modelo 5000 AR-A de 5000 L, 6 bar y aislamiento de polietileno reticulado	IMPORTE	
		En cifra 5.340,07	En letra Cinco mil trescientos cuarenta euros con siete céntimos
1.5	m      Tubería de PE-100 DN=200 mm y espesor 7,7 mm, presión nominal 6 bar según UNE-EN 12201-2	IMPORTE	
		En cifra 32,18	En letra Treinta y dos euros con dieciocho céntimos
1.6	m      Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 315 mm de diámetro exterior y 12,1 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm, según UNE-EN 12201-2	IMPORTE	
		En cifra 77,11	En letra Setenta y siete euros con once céntimos
1.7	m      Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 710 mm de diámetro exterior y 27,2 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm, según UNE-EN 12201-2	IMPORTE	
		En cifra 362,21	En letra Trescientos sesenta y dos euros con veintiun céntimos
1.8	m      Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 110 mm de diámetro exterior y 4,2 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.	IMPORTE	
		En cifra 26,74	En letra Veintiseis euros con setenta y cuatro céntimos

## CUADRO DE PRECIOS 1

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	m	Designación	IMPORTE	
		En cifra	En letra	
1.9	m	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 50 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 4,6 mm de espesor, suministrado en rollos. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales	18,54	Dieciocho euros con cincuenta y cuatro céntimos
1.10	m	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 75 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 6,8 mm de espesor, suministrado en rollos. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.	46,35	Cuarenta y seis euros con treinta y cinco céntimos
1.11	m	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 90 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 8,2 mm de espesor, suministrado en barras. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.	70,04	Setenta euros con cuatro céntimos
1.12	ud	Bomas de calor aerotermia 600 kW	198.000,00	Ciento noventa y ocho mil euros
1.13	ud	Booster de 550 kW	81.358,00	Ochenta y un mil trescientos cincuenta y ocho euros
1.14	ud	Vaoss expansión sin membrana de 2000 L	10.505,00	Diez mil quinientos cinco euros
1.15	ud	Vasos de expansión sin membrana de 50 L	515,00	Quinientos quince euros
1.16	ud	Mano de obra para la instalación de todos los equipos	206.000,00	Doscientos seis mil euros

## 2 GASTOS GENERALES

## CUADRO DE PRECIOS 1

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	ud	Designación		
2.1	ud	Alquiler de Oficinas	IMPORTE	
			En cifra 309,00	En letra Trescientos nueve euros
2.2	ud	Consumo de Energía	IMPORTE	
			En cifra 103,00	En letra Ciento tres euros
2.3	ud	Internet y Teléfono	IMPORTE	
			En cifra 72,10	En letra Setenta y dos euros con diez céntimos
2.4	ud	Material Fungible	IMPORTE	
			En cifra 61,80	En letra Sesenta y un euros con ochenta céntimos
2.5	ud	Mobiliario	IMPORTE	
			En cifra 1.030,00	En letra Mil treinta euros
3		GASTOS DE PERSONAL		
3.1	h	Ingeniero Jefe	IMPORTE	
			En cifra 30,90	En letra Treinta euros con noventa céntimos
3.2	h	Documentación	IMPORTE	
			En cifra 20,60	En letra Veinte euros con sesenta céntimos
3.3	h	Cálculos y Dimensionado	IMPORTE	
			En cifra 20,60	En letra Veinte euros con sesenta céntimos
3.4	h	Presentación	IMPORTE	
			En cifra 20,60	En letra Veinte euros con sesenta céntimos



## CUADRO DE PRECIOS 1

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	h	Designación		
3.5	h	Modelado	IMPORTE	
			En cifra	En letra
			20,60	Veinte euros con sesenta céntimos
<hr/>				
4	OBRA CIVIL			
4.1	m3	Excavación a cielo abierto, en suelo de arena densa, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.	IMPORTE	
			En cifra	En letra
			3,38	Tres euros con treinta y ocho céntimos
<hr/>				
4.2	m3	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado	IMPORTE	
			En cifra	En letra
			4,00	Cuatro euros
<hr/>				
4.3	m3	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con grava de 20 a 30 mm de diámetro	IMPORTE	
			En cifra	En letra
			17,04	Diecisiete euros con cuatro céntimos
<hr/>				
4.4	m3	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con arena de 0 a 5 mm de diámetro, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado	IMPORTE	
			En cifra	En letra
			18,66	Dieciocho euros con sesenta y seis céntimos
<hr/>				
4.5	m3	Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla dura con grava compacta, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados	IMPORTE	
			En cifra	En letra
			44,39	Cuarenta y cuatro euros con treinta y nueve céntimos

## CUADRO DE PRECIOS 2

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

**Advertencia:** Los precios del presente cuadro se aplicarán única y exclusivamente en los casos que sea preciso abonar obras incompletas cuando por rescisión u otra causa no lleguen a terminarse las contratadas, sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra fraccionada en otra forma que la establecida en dicho cuadro.

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (€)	Total (€)
1	EQ1 ud Modelo TPE 100-120/2 S-A-F-A-BQQE-IDB  (Sin clasificar) Bomba en línea simple de rotor seco 1,000 ud 7.525,243 Costes indirectos  Total por ud:  Son SIETE MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS por ud	7.525,24 225,76	7.751,00
2	EQ10 m Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 90 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 8,2 mm de espesor, suministrado en barras. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.  (Materiales) Tuberías de PE-Xb con DN=90 mm 1,000 m 68,000 Costes indirectos  Total por m:  Son SETENTA EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS por m	68,00 2,04	70,04
3	EQ11 m Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 110 mm de diámetro exterior y 4,2 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.  (Maquinaria) Camión con grúa de hasta 6 t 0,033 h 50,430 (Materiales) Tuberías PE-100 DN=110 mm 1,000 m 24,300 Costes indirectos  Total por m:  Son VEINTISEIS EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS por m	1,66 24,30 0,78	26,74
4	EQ12 ud Bomas de calor aerotermia 600 kW  (Sin clasificar) Bomas de calor aerotermia 600 kW 1,000 ud 192.233,010 Costes indirectos  Total por ud:  Son CIENTO NOVENTA Y OCHO MIL EUROS por ud	192.233,000 5.766,99	198.000,00

## CUADRO DE PRECIOS 2

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (€)	Total (€)
5	EQ13 ud Booster de 550 kW  (Sin clasificar) Booster de 550 kW 1,000 ud 78.988,350 Costes indirectos  Total por ud:  Son OCHENTA Y UN MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS por ud	78.988,35 2.369,65	81.358,00
6	EQ14 ud Vaoss expansión sin membrana de 2000 L  (Sin clasificar) Vaoss expansión sin membrana de 2000 L 1,000 ud 10.199,029 Costes indirectos  Total por ud:  Son DIEZ MIL QUINIENTOS CINCO EUROS por ud	10.199,03 305,97	10.505,00
7	EQ15 ud Vasos de expansión sin membrana de 50 L  (Sin clasificar) Vasos de expansión sin membrana de 50 L 1,000 ud 500,000 Costes indirectos  Total por ud:  Son QUINIENTOS QUINCE EUROS por ud	500,00 15,00	515,00
8	EQ16 ud Mano de obra para la instalación de todos los equipos  (Sin clasificar) Mano de obra para la instalación de todo... 1,000 ud 200.000,000 Costes indirectos  Total por ud:  Son DOSCIENTOS SEIS MIL EUROS por ud	200.000,00 6.000,00	206.000,00
9	EQ2 ud Modelo TPE 200-90/4 S-A-F-A-BQQE-MDA  (Sin clasificar) Bomba en línea simple de rotor seco 1,000 ud 8.036,000 Costes indirectos  Total por ud:  Son OCHO MIL DOSCIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS CON OCHO CÉNTIMOS por ud	8.036,00 241,08	8.277,08

**CUADRO DE PRECIOS 2**

**INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL**

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (€)	Total (€)
10	<p>EQ3 ud Acumuladores para agua caliente (no ACS) en acero al carbono.</p> <p>(Sin clasificar) Acumuladores 1,000 ud 50.000,000 Costes indirectos 1.500,00</p> <p align="right">Total por ud:</p> <p>Son CINCUENTA Y UN MIL QUINIENTOS EUROS por ud</p>	50.000,00 1.500,00	51.500,00
11	<p>EQ4 ud Modelo 5000 AR-A de 5000 L, 6 bar y aislamiento de polietileno reticulado</p> <p>(Sin clasificar) Depósito de Inercia 1,000 ud 5.184,530 Costes indirectos 155,54</p> <p align="right">Total por ud:</p> <p>Son CINCO MIL TRESCIENTOS CUARENTA EUROS CON SIETE CÉNTIMOS por ud</p>	5.184,53 155,54	5.340,07
12	<p>EQ5 m Tubería de PE-100 DN=200 mm y espesor 7,7 mm, presión nominal 6 bar según UNE-EN 12201-2</p> <p>(Maquinaria) Camión con grúa de hasta 6 t 0,033 h 50,430 (Materiales) Tubería PE-100 DN=200 mm 1,000 m 29,580 Costes indirectos 0,94</p> <p align="right">Total por m:</p> <p>Son TREINTA Y DOS EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS por m</p>	1,66 29,58 0,94	32,18
13	<p>EQ6 m Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 315 mm de diámetro exterior y 12,1 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm, según UNE-EN 12201-2</p> <p>(Maquinaria) Camión con grúa de hasta 6 t 0,033 h 50,430 (Materiales) Tubería de PE-100 DN=315 mm 1,000 m 73,200 Costes indirectos 2,25</p> <p align="right">Total por m:</p> <p>Son SETENTA Y SIETE EUROS CON ONCE CÉNTIMOS por m</p>	1,66 73,20 2,25	77,11

## CUADRO DE PRECIOS 2

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (€)	Total (€)
14	<p>EQ7 m Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 710 mm de diámetro exterior y 27,2 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm, según UNE-EN 12201-2</p> <p>(Maquinaria) Camión con grúa de hasta 6 t 0,033 h 50,430 1,66</p> <p>(Materiales) Tubería PE-100 DN=710 mm 1,000 m 350,000 350,00</p> <p>Costes indirectos 10,55</p> <p style="text-align: right;">Total por m: 362,21</p> <p>Son TRESCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS CON VEINTIUN CÉNTIMOS por m</p>		
15	<p>EQ8 m Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 50 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 4,6 mm de espesor, suministrado en rollos. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales</p> <p>(Materiales) Tubería de PE-Xb con DN=50 mm 1,000 m 18,000 18,00</p> <p>Costes indirectos 0,54</p> <p style="text-align: right;">Total por m: 18,54</p> <p>Son DIECIOCHO EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS por m</p>		
16	<p>EQ9 m Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 75 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 6,8 mm de espesor, suministrado en rollos. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.</p> <p>(Materiales) Tuberías PE-Xb con DN=75 mm 1,000 m 45,000 45,00</p> <p>Costes indirectos 1,35</p> <p style="text-align: right;">Total por m: 46,35</p> <p>Son CUARENTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS por m</p>		
17	<p>GG1 ud Alquiler de Oficinas</p> <p>(Sin clasificar) Alquiler de Oficinas 1,000 ud 300,000 300,00</p> <p>Costes indirectos 9,00</p> <p style="text-align: right;">Total por ud: 309,00</p> <p>Son TRESCIENTOS NUEVE EUROS por ud</p>		

**CUADRO DE PRECIOS 2**

**INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL**

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (€)	Total (€)
18	GG2 ud Consumo de Energía  (Sin clasificar) Consumo de Energía 1,000 ud 100,000 Costes indirectos 3,00  Total por ud: 103,00  Son CIENTO TRES EUROS por ud		
19	GG3 ud Internet y Teléfono  (Sin clasificar) Internet y Teléfono 1,000 ud 70,000 Costes indirectos 2,10  Total por ud: 72,10  Son SETENTA Y DOS EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS por ud		
20	GG4 ud Material Fungible  (Sin clasificar) Material Fungible 1,000 ud 60,000 Costes indirectos 1,80  Total por ud: 61,80  Son SESENTA Y UN EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS por ud		
21	GG6 ud Mobiliario  (Sin clasificar) Mobiliario 1,000 ud 1.000,000 Costes indirectos 30,00  Total por ud: 1.030,00  Son MIL TREINTA EUROS por ud		
22	GP1 h Ingeniero Jefe  (Sin clasificar) Ingeniero Jefe 1,000 h 30,000 Costes indirectos 0,90  Total por h: 30,90  Son TREINTA EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS por h		
23	GP2 h Documentación  (Sin clasificar) Documentación 1,000 h 20,000 Costes indirectos 0,60  Total por h: 20,60  Son VEINTE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS por h		

**CUADRO DE PRECIOS 2**

**INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL**

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (€)	Total (€)
24	<p>GP3 h Cálculos y Dimensionado</p> <p>(Sin clasificar) Cálculos y Dimensionado 1,000 h 20,000 Costes indirectos</p> <p align="right">Total por h:</p> <p>Son VEINTE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS por h</p>	20,00 0,60	20,60
25	<p>GP4 h Presentación</p> <p>(Sin clasificar) Presentación 1,000 h 20,000 Costes indirectos</p> <p align="right">Total por h:</p> <p>Son VEINTE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS por h</p>	20,00 0,60	20,60
26	<p>GP5 h Modelado</p> <p>(Sin clasificar) Modelado 1,000 h 20,000 Costes indirectos</p> <p align="right">Total por h:</p> <p>Son VEINTE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS por h</p>	20,00 0,60	20,60
27	<p>OC1 m3 Excavación a cielo abierto, en suelo de arena densa, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p> <p>(Mano de obra) Peón ordinario construcción 0,020 h 17,820 (Maquinaria) Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 ... 0,080 h 36,520 Costes indirectos</p> <p align="right">Total por m3:</p> <p>Son TRES EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS por m3</p>	0,36 2,92 0,10	3,38

**CUADRO DE PRECIOS 2**

**INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL**

Nº	Designación	Importe		
		Parcial (€)	Total (€)	
28	OC2	m3 Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado		
	(Mano de obra)			
	Peón ordinario construcción	0,038 h	17,820	0,68
	(Maquinaria)			
	Camión basculante de 12 t de carga, de 1...	0,015 h	40,170	0,60
	Camión cisterna, de 8 m³ de capacidad	0,010 h	40,080	0,40
	Dumper de descarga frontal de 2 t de car...	0,100 h	9,270	0,93
	Rodillo vibrante de guiado manual, de 70...	0,150 h	8,460	1,27
	Costes indirectos			0,12
		Total por m3:		4,00
	Son CUATRO EUROS por m3			
29	OC3	m3 Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con grava de 20 a 30 mm de diámetro		
	(Mano de obra)			
	Peón ordinario construcción	0,024 h	17,820	0,43
	(Maquinaria)			
	Dumper de descarga frontal de 2 t de car...	0,100 h	9,270	0,93
	(Materiales)			
	Grava de cantera, de 20 a 30 mm de diám...	2,100 t	7,230	15,18
Costes indirectos			0,50	
	Total por m3:		17,04	
	Son DIECISIETE EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS por m3			



## CUADRO DE PRECIOS 2

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Designación	Importe		
		Parcial (€)	Total (€)	
30	OC4	m3 Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con arena de 0 a 5 mm de diámetro, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado		
	(Mano de obra)			
	Peón ordinario construcción	0,038 h	17,820	0,68
	(Maquinaria)			
	Camión cisterna, de 8 m³ de capacidad	0,010 h	40,080	0,40
	Dumper de descarga frontal de 2 t de car...	0,100 h	9,270	0,93
	(Materiales)			
	Arena de 0 a 5 mm de diámetro, para rell...	1,800 t	8,950	16,11
	Costes indirectos			0,54
		Total por m3:		18,66
	Son DIECIOCHO EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS por m3			
31	OC5	m3 Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla dura con grava compacta, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados		
	(Mano de obra)			
	Peón ordinario construcción	0,550 h	17,820	9,80
	(Maquinaria)			
	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 ...	0,200 h	36,520	7,30
	Retroexcavadora sobre neumáticos, de 8...	0,400 h	65,000	26,00
	Costes indirectos			1,29
		Total por m3:		44,39
	Son CUARENTA Y CUATRO EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS por m3			

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN				
1.1	EQ1	ud	Modelo TPE 100-120/2 S-A-F-A-BQQE-IDB	
			Sin descomposición	7.525,243
		3,000 %	Costes indirectos	7.525,243 225,76
			Precio total redondeado por ud .....	7.751,00
Son siete mil setecientos cincuenta y un Euros				
1.2	EQ2	ud	Modelo TPE 200-90/4 S-A-F-A-BQQE-MDA	
			Sin descomposición	8.036,000
		3,000 %	Costes indirectos	8.036,000 241,08
			Precio total redondeado por ud .....	8.277,08
Son ocho mil doscientos setenta y siete Euros con ocho céntimos				
1.3	EQ3	ud	Acumuladores para agua caliente (no ACS) en acero al carbono.	
			Sin descomposición	50.000,000
		3,000 %	Costes indirectos	50.000,000 1.500,00
			Precio total redondeado por ud .....	51.500,00
Son cincuenta y un mil quinientos Euros				
1.4	EQ4	ud	Modelo 5000 AR-A de 5000 L, 6 bar y aislamiento de polietileno reticulado	
			Sin descomposición	5.184,530
		3,000 %	Costes indirectos	5.184,530 155,54
			Precio total redondeado por ud .....	5.340,07
Son cinco mil trescientos cuarenta Euros con siete céntimos				
1.5	EQ5	m	Tubería de PE-100 DN=200 mm y espesor 7,7 mm, presión nominal 6 bar según UNE-EN 12201-2	
		Tub_200	1,000 m Tubería PE-100 DN=200 mm	29,580 29,58
		Cam	0,033 h Camión con grúa de hasta 6 t	50,430 1,66
		3,000 %	Costes indirectos	31,240 0,94
			Precio total redondeado por m .....	32,18
Son treinta y dos Euros con dieciocho céntimos				

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Código	Ud	Descripción	Total	
1.6	EQ6	m	Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 315 mm de diámetro exterior y 12,1 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm, según UNE-EN 12201-2		
	TUB_PE100...	1,000 m	Tubería de PE-100 DN=315 mm	73,200	73,20
	Cam	0,033 h	Camión con grúa de hasta 6 t	50,430	1,66
		3,000 %	Costes indirectos	74,860	2,25
			Precio total redondeado por m .....		77,11
			Son setenta y siete Euros con once céntimos		
1.7	EQ7	m	Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 710 mm de diámetro exterior y 27,2 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm, según UNE-EN 12201-2		
	TUB_PE100	1,000 m	Tubería PE-100 DN=710 mm	350,000	350,00
	Cam	0,033 h	Camión con grúa de hasta 6 t	50,430	1,66
		3,000 %	Costes indirectos	351,660	10,55
			Precio total redondeado por m .....		362,21
			Son trescientos sesenta y dos Euros con veintiu céntimos		
1.8	EQ11	m	Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 110 mm de diámetro exterior y 4,2 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.		
	TPE100110	1,000 m	Tuberías PE-100 DN=110 mm	24,300	24,30
	Cam	0,033 h	Camión con grúa de hasta 6 t	50,430	1,66
		3,000 %	Costes indirectos	25,960	0,78
			Precio total redondeado por m .....		26,74
			Son veintiseis Euros con setenta y cuatro céntimos		
1.9	EQ8	m	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 50 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 4,6 mm de espesor, suministrado en rollos. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales		
	TUB_PExb	1,000 m	Tubería de PE-Xb con DN=50 mm	18,000	18,00
		3,000 %	Costes indirectos	18,000	0,54
			Precio total redondeado por m .....		18,54
			Son dieciocho Euros con cincuenta y cuatro céntimos		

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Código	Ud	Descripción	Total	
1.10	EQ9	m	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 75 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 6,8 mm de espesor, suministrado en rollos. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.		
		TUB_PExb_...	1,000 m Tuberías PE-Xb con DN=75 mm	45,000	45,00
			3,000 % Costes indirectos	45,000	1,35
			Precio total redondeado por m .....		46,35
			Son cuarenta y seis Euros con treinta y cinco céntimos		
1.11	EQ10	m	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 90 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 8,2 mm de espesor, suministrado en barras. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.		
		TUB_PExb_...	1,000 m Tuberías de PE-Xb con DN=90 mm	68,000	68,00
			3,000 % Costes indirectos	68,000	2,04
			Precio total redondeado por m .....		70,04
			Son setenta Euros con cuatro céntimos		
1.12	EQ12	ud	Bomas de calor aerotermia 600 kW		
			Sin descomposición		192.233,010
		3,000 %	Costes indirectos	192.233,010	5.766,99
			Precio total redondeado por ud .....		198.000,00
			Son ciento noventa y ocho mil Euros		
1.13	EQ13	ud	Booster de 550 kW		
			Sin descomposición		78.988,350
		3,000 %	Costes indirectos	78.988,350	2.369,65
			Precio total redondeado por ud .....		81.358,00
			Son ochenta y un mil trescientos cincuenta y ocho Euros		
1.14	EQ14	ud	Vaoss expansión sin membrana de 2000 L		
			Sin descomposición		10.199,029
		3,000 %	Costes indirectos	10.199,029	305,97
			Precio total redondeado por ud .....		10.505,00
			Son diez mil quinientos cinco Euros		

---

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.15	EQ15	ud	Vasos de expansión sin membrana de 50 L	
			Sin descomposición	500,000
		3,000 %	Costes indirectos	500,000 15,00
			Precio total redondeado por ud .....	<u>515,00</u>
				Son quinientos quince Euros
1.16	EQ16	ud	Mano de obra para la instalación de todos los equipos	
			Sin descomposición	200.000,000
		3,000 %	Costes indirectos	200.000,000 6.000,00
			Precio total redondeado por ud .....	<u>206.000,00</u>
				Son doscientos seis mil Euros

---

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
2 GASTOS GENERALES				
2.1	GG1	ud	Alquiler de Oficinas	
			Sin descomposición	300,000
		3,000 %	Costes indirectos	300,000 9,00
			Precio total redondeado por ud .....	<u>309,00</u>
				Son trescientos nueve Euros
2.2	GG2	ud	Consumo de Energía	
			Sin descomposición	100,000
		3,000 %	Costes indirectos	100,000 3,00
			Precio total redondeado por ud .....	<u>103,00</u>
				Son ciento tres Euros
2.3	GG3	ud	Internet y Teléfono	
			Sin descomposición	70,000
		3,000 %	Costes indirectos	70,000 2,10
			Precio total redondeado por ud .....	<u>72,10</u>
				Son setenta y dos Euros con diez céntimos
2.4	GG4	ud	Material Fungible	
			Sin descomposición	60,000
		3,000 %	Costes indirectos	60,000 1,80
			Precio total redondeado por ud .....	<u>61,80</u>
				Son sesenta y un Euros con ochenta céntimos
2.5	GG6	ud	Mobiliario	
			Sin descomposición	1.000,000
		3,000 %	Costes indirectos	1.000,000 30,00
			Precio total redondeado por ud .....	<u>1.030,00</u>
				Son mil treinta Euros

---

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
3 GASTOS DE PERSONAL				
3.1	GP1	h	Ingeniero Jefe	
			Sin descomposición	30,000
		3,000 %	Costes indirectos	30,000 0,90
			Precio total redondeado por h .....	30,90
			Son treinta Euros con noventa céntimos	
3.2	GP2	h	Documentación	
			Sin descomposición	20,000
		3,000 %	Costes indirectos	20,000 0,60
			Precio total redondeado por h .....	20,60
			Son veinte Euros con sesenta céntimos	
3.3	GP3	h	Cálculos y Dimensionado	
			Sin descomposición	20,000
		3,000 %	Costes indirectos	20,000 0,60
			Precio total redondeado por h .....	20,60
			Son veinte Euros con sesenta céntimos	
3.4	GP4	h	Presentación	
			Sin descomposición	20,000
		3,000 %	Costes indirectos	20,000 0,60
			Precio total redondeado por h .....	20,60
			Son veinte Euros con sesenta céntimos	
3.5	GP5	h	Modelado	
			Sin descomposición	20,000
		3,000 %	Costes indirectos	20,000 0,60
			Precio total redondeado por h .....	20,60
			Son veinte Euros con sesenta céntimos	

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
4 OBRA CIVIL					
4.1	OC1	m3	Excavación a cielo abierto, en suelo de arena densa, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.		
	RETROCAR...	0,080 h	Retrocargadora sobre neumáticos, ...	36,520	2,92
	PEON	0,020 h	Peón ordinario construcción	17,820	0,36
		3,000 %	Costes indirectos	3,280	0,10
			Precio total redondeado por m3 .....		3,38
Son tres Euros con treinta y ocho céntimos					
4.2	OC2	m3	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado		
	DUMPER	0,100 h	Dumper de descarga frontal de 2 t d...	9,270	0,93
	RODILLO	0,150 h	Rodillo vibrante de guiado manual, ...	8,460	1,27
	CAMIONCI...	0,010 h	Camión cisterna, de 8 m <sup>3</sup> de capaci...	40,080	0,40
	CAMIONBA...	0,015 h	Camión basculante de 12 t de carga...	40,170	0,60
	PEON	0,038 h	Peón ordinario construcción	17,820	0,68
		3,000 %	Costes indirectos	3,880	0,12
			Precio total redondeado por m3 .....		4,00
Son cuatro Euros					
4.3	OC3	m3	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con grava de 20 a 30 mm de diámetro		
	GRAVA	2,100 t	Grava de cantera, de 20 a 30 mm d...	7,230	15,18
	DUMPER2	0,100 h	Dumper de descarga frontal de 2 t d...	9,270	0,93
	PEON	0,024 h	Peón ordinario construcción	17,820	0,43
		3,000 %	Costes indirectos	16,540	0,50
			Precio total redondeado por m3 .....		17,04
Son diecisiete Euros con cuatro céntimos					



## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Nº	Código	Ud	Descripción		Total	
4.4	OC4	m3	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con arena de 0 a 5 mm de diámetro, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado			
		ARENA	1,800 t	Arena de 0 a 5 mm de diámetro, pa...	8,950	16,11
		DUMPER2	0,100 h	Dumper de descarga frontal de 2 t d...	9,270	0,93
		CAMIONCI...	0,010 h	Camión cisterna, de 8 m <sup>3</sup> de capaci...	40,080	0,40
		PEON	0,038 h	Peón ordinario construcción	17,820	0,68
			3,000 %	Costes indirectos	18,120	0,54
				Precio total redondeado por m3 .....		18,66
				Son dieciocho Euros con sesenta y seis céntimos		
4.5	OC5	m3	Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla dura con grava compacta, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados			
		RETROCARG	0,200 h	Retrocargadora sobre neumáticos, ...	36,520	7,30
		RETROEXC	0,400 h	Retroexcavadora sobre neumáticos,...	65,000	26,00
		PEON	0,550 h	Peón ordinario construcción	17,820	9,80
			3,000 %	Costes indirectos	43,100	1,29
				Precio total redondeado por m3 .....		44,39
				Son cuarenta y cuatro Euros con treinta y nueve céntimos		

## PRESUPUESTOS PARCIALES

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

#### Capítulo 1 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN

Num. Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
1.1 EQ1	ud	Modelo TPE 100-120/2 S-A-F-A-BQQE-IDB	3,000	7.751,00	23.253,00
1.2 EQ2	ud	Modelo TPE 200-90/4 S-A-F-A-BQQE-MDA	6,000	8.277,08	49.662,48
1.3 EQ3	ud	Acumuladores para agua caliente (no ACS) en acero al carbono.	3,000	51.500,00	154.500,00
1.4 EQ4	ud	Modelo 5000 AR-A de 5000 L, 6 bar y aislamiento de polietileno reticulado	1,000	5.340,07	5.340,07
1.5 EQ5	m	Tubería de PE-100 DN=200 mm y espesor 7,7 mm, presión nominal 6 bar según UNE-EN 12201-2	170,000	32,18	5.470,60
1.6 EQ6	m	Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 315 mm de diámetro exterior y 12,1 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm, según UNE-EN 12201-2	5,000	77,11	385,55
1.7 EQ7	m	Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 710 mm de diámetro exterior y 27,2 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm, según UNE-EN 12201-2	540,000	362,21	195.593,40
1.8 EQ11	m	Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 110 mm de diámetro exterior y 4,2 mm de espesor, SDR26, PN=6 atm. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.	15,000	26,74	401,10
1.9 EQ8	m	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 50 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 4,6 mm de espesor, suministrado en rollos. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales	30.600,000	18,54	567.324,00
1.10 EQ9	m	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 75 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 6,8 mm de espesor, suministrado en rollos. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.	30,000	46,35	1.390,50
1.11 EQ10	m	Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xb), serie 5, de 90 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 8,2 mm de espesor, suministrado en barras. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.	7,500	70,04	525,30
1.12 EQ12	ud	Bomas de calor aerotermia 600 kW	2,000	198.000,00	396.000,00

---

## PRESUPUESTOS PARCIALES

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

#### Capítulo 1 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN

Num. Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
1.13 EQ13	ud	Booster de 550 kW	3,000	81.358,00	244.074,00
1.14 EQ14	ud	Vaoss expansión sin membrana de 2000 L	3,000	10.505,00	31.515,00
1.15 EQ15	ud	Vasos de expansión sin membrana de 50 L	2,000	515,00	1.030,00
1.16 EQ16	ud	Mano de obra para la instalación de todos los equipos	1,000	206.000,00	206.000,00
Total presupuesto parcial nº 1 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN :					1.882.465,00

---

## PRESUPUESTOS PARCIALES

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

#### Capítulo 2 GASTOS GENERALES

Num.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
2.1	GG1	ud	Alquiler de Oficinas	3,000	309,00	927,00
2.2	GG2	ud	Consumo de Energía	3,000	103,00	309,00
2.3	GG3	ud	Internet y Teléfono	3,000	72,10	216,30
2.4	GG4	ud	Material Fungible	1,000	61,80	61,80
2.5	GG6	ud	Mobiliario	1,000	1.030,00	1.030,00
Total presupuesto parcial nº 2 GASTOS GENERALES :						2.544,10

---

## PRESUPUESTOS PARCIALES

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

#### Capítulo 3 GASTOS DE PERSONAL

Num.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
3.1	GP1	h	Ingeniero Jefe	500,000	30,90	15.450,00
3.2	GP2	h	Documentación	40,000	20,60	824,00
3.3	GP3	h	Cálculos y Dimensionado	200,000	20,60	4.120,00
3.4	GP4	h	Presentación	20,000	20,60	412,00
3.5	GP5	h	Modelado	40,000	20,60	824,00
Total presupuesto parcial nº 3 GASTOS DE PERSONAL :						21.630,00

---

## PRESUPUESTOS PARCIALES

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

#### Capítulo 4 OBRA CIVIL

Num. Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
4.1 OC1	m3	Excavación a cielo abierto, en suelo de arena densa, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.	8.190,000	3,38	27.682,20
4.2 OC2	m3	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado	3.276,000	4,00	13.104,00
4.3 OC3	m3	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con grava de 20 a 30 mm de diámetro	3.276,000	17,04	55.823,04
4.4 OC4	m3	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con arena de 0 a 5 mm de diámetro, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con rodillo vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado	1.470,000	18,66	27.430,20
4.5 OC5	m3	Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla dura con grava compacta, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados	440,000	44,39	19.531,60
Total presupuesto parcial nº 4 OBRA CIVIL :					143.571,04

---

## PRESUPUESTOS PARCIALES

---

### INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

#### Presupuesto de ejecución material

	Importe (€)
1 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN .....	1.882.465,00
2 GASTOS GENERALES .....	2.544,10
3 GASTOS DE PERSONAL .....	21.630,00
4 OBRA CIVIL .....	143.571,04
Total .....	2.050.210,14

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de DOS MILLONES CINCUENTA MIL DOSCIENTOS DIEZ EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS.

---

## HOJA RESUMEN

---

Proyecto: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CAMPO DE FÚTBOL

Capítulo	Importe
1 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN .....	1.882.465,00
2 GASTOS GENERALES .....	2.544,10
3 GASTOS DE PERSONAL .....	21.630,00
4 OBRA CIVIL .....	143.571,04
Presupuesto de ejecución material	2.050.210,14
6% de gastos generales	123.012,61
18% de beneficio industrial	369.037,83
Suma	2.542.260,58
21% IVA	533.874,72
Presupuesto de ejecución por contrata	3.076.135,30

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de TRES MILLONES SETENTA Y SEIS MIL CIENTO TREINTA Y CINCO EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS.