

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERÍA AGRONÒMICA I DEL MEDI
NATURAL

MÁSTER EN INGENIERÍA DE MONTES



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR DE BIOMASA RESIDUAL
FORESTAL EN LA CIUDAD DE LLÍRIA, VALENCIA.

Trabajo fin de máster

Autor: Bruno Armengot Carbó

Tutor: José Vicente Oliver Villanueva

Curso académico: 2018-2019

Valencia, 29 de Julio de 2019

Título: Diseño de una red de distribución de calor de biomasa residual forestal en la ciudad de Lliria, Valencia.

Resumen:

Cada año son más evidentes los efectos del cambio climático. Con él, las catástrofes naturales son cada vez más acusadas y comunes. Dentro del clima mediterráneo, las principales perturbaciones del medio son los incendios forestales. En 2012, el gran incendio de Andilla afectó a casi la mitad de la superficie de M.U.P. del término municipal de Lliria. Esto evidenció la necesidad de realizar labores de gestión forestal para aumentar la resiliencia del monte y reducir el riesgo de incendios. Los trabajos silvícolas, derivados de una gestión forestal sostenible y orientados a la prevención de incendios, ponen a disposición una importante cantidad de biomasa. Esta biomasa, es el residuo resultante de una actuación forestal, la cual supone un problema más a gestionar por el consistorio.

En el presente proyecto, se pretende realizar una valorización de los residuos obtenidos a través de un aprovechamiento energético de la biomasa residual de los Montes de Utilidad Pública de Lliria a través de una red de distribución de calor para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción a 13 edificios públicos de la localidad, a través de la cual se pretende generar un ahorro económico al consistorio que revierta en la gestión de los recursos forestales a nivel local, obteniendo con ello beneficios como la reducción de riesgo de incendios, la transición al uso de energías renovables de origen y consumo local, la generación de empleo local en un modelo de bioeconomía circular y la reducción de emisiones de GEI por la sustitución de energías fósiles.

El proyecto de ingeniería ha sido encargado por el Ayuntamiento de Lliria en el marco del proyecto SIMBIOTIC, proyecto integral de Ciudad Inteligente (Smart City) para la mitigación activa del Cambio Climático.

Palabras clave: red de calor; biomasa forestal; energía renovable; edificios públicos; cambio climático.

Autor: Bruno Armengot Carbó

Tutor: José Vicente Oliver Villanueva

Valencia, Julio de 2019

Title: Design of a forest-based biomass district heating in the city of Lliria, València.

Abstract:

The effects of climate change are more evident every year. With it, natural catastrophes are increasingly pronounced and common. Within the Mediterranean climate, the main environmental disturbances are forest fires. In 2012, Andilla's great fire affected almost half of the surface of M.U.P. from the municipality of Lliria. This evidenced the need for forest management work to increase the resilience of the forest and reduce the risk of fire. Forestry work, derived from sustainable forest management and aimed at fire prevention, makes available a significant amount of biomass. This biomass is the residue resulting from a forest action, which is another problem to be managed by the town hall.

In this project, it is intended to make a recovery of the waste obtained through an energy use of the residual biomass of the Public Utility Mountains of Lliria through a heat distribution network for the supply of sanitary hot water and heating to 13 public buildings in the town, through which it is intended to generate an economic saving to the town hall that reverts in the management of forest resources at the local level, thereby obtaining benefits such as fire risk reduction, the transition to use of renewable energies of local origin and consumption, the generation of local employment in a circular bioeconomy model and the reduction of GHG emissions due to the replacement of fossil energies.

The engineering project has been commissioned by the City of Lliria within the framework of the SIMBIOTIC project, a comprehensive Smart City project for the active mitigation of Climate Change.

Keywords: district heating; forest biomass; renewable energy; public buildings; climate change.

Author: Bruno Armengot Carbó

Tutor: José Vicente Oliver Villanueva

Valencia, July 2019

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº1. MEMORIA

DOCUMENTO Nº1. ANEJOS A LA MEMORIA

DOCUMENTO Nº2. PLANOS

DOCUMENTO Nº3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y
ADMINISTRATIVAS

DOCUMENTO Nº4. PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº1

MEMORIA

ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES	1
2.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO	3
2.1.	Objetivos del proyecto	4
2.2.	Estudio de alternativas	4
2.3.	Justificación elección de alternativas	7
3.	INTRODUCCIÓN. MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE “DISTRICT HEATING”	8
3.1.	Ventajas de un Sistema de <i>district heating</i>	8
3.2.	Experiencias anteriores realizadas	10
4.	Normativa	11
4.1.	OBRA CIVIL	11
4.2.	INSTALACIONES SUJETAS A REGLAMENTACIÓN	13
4.3.	NORMAS UNE	14
5.	ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA	16
5.1.	Introducción	16
5.2.	Demanda energética	16
5.3.	Descripción de la red district heating	19
5.4.	Generación y distribución de energía térmica	20
5.4.1.	Central térmica	20
5.4.2.	Redes de tuberías para distribución energética	30
5.4.3.	Subestaciones de intercambio	34
5	Suministro de biomasa	38
5.1	Almacenamiento mediante Silos	39
6	Presupuesto	40
7	Estudio de viabilidad económica	41
8	Planificación	42

Índice de Tablas

Tabla 1. Edificios usuarios de la red de distrito y su demanda energética.	17
Tabla 2. Edificios de la red auditados y edificios de la red no auditados.....	18
Tabla 3. Punto de funcionamiento de la bomba.....	28
Tabla 4. Subestaciones de intercambio térmico de cada edificio de la red de distrito.	35
Tabla 5. Nº de estaciones de intercambio.	35
Tabla 6. Tipos de instalaciones y temperatura de suministro de los edificios de la red.....	36
Tabla 7. Consumo de astillas y previsión de suministro	38
Tabla 8. Resumen del Presupuesto	40

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de localización.	2
Figura 2. Ejes en los que se divide el proyecto SimBioTIC.	3
Figura 3. Estudio de alternativas según escenarios y fuentes de energía.	6
Figura 4. Sistema de district heating: distribución mediante tuberías flexibles. Fuente: Rehau..	8
Figura 5. Curva de demanda energética agregada	19
Figura 6. Trazado de la red de distribución de calor.	20
Figura 7. Vista aérea dónde se sitúa la Central Térmica. Fuente: Google Earth.	21
Figura 8. Mapa catastral parcela 6799601YJ0869N0001WR. Fuente: Sede electrónica del catastro.	22
Figura 9. Estructura central térmica basada en pórticos.	24
Figura 10. Distribución en planta de la Central Térmica.....	25
Figura 11. Caldera HARGASSNER ECO HK 330 kW. Fuente: Hargassner.....	27
Figura 12. Caldera HARGASSNER ECO HK 120 kW. Fuente: Hargassner.....	27
Figura 13. Electrobomba centrífuga multicelular de eje vertical HASA modelo "VS 42 – 5". Fuente: HASA	28
Figura 14. Depósito de inercia con 10.000 litros de capacidad. Fuente: Lapesa	30
Figura 15. Tubería RAUTHERMEX SDR 11. Fuente: REHAU.....	31
Figura 16. Detalle Zanja.....	32
Figura 17. Consumo de astilla mensual y acumulado para 1 año natural.	39

1. ANTECEDENTES

La ciudad de Llíria se encuentra en la provincia de Valencia, en la zona interior, una zona que podríamos denominar semi-rural, puesto que en ella encontramos una importante industria, un núcleo urbano grande y también mucha actividad correspondiente al sector primario (Figura 1). El término municipal está caracterizado por una gran biodiversidad y un patrimonio natural y cultural extremadamente rico que necesita no sólo ser protegido, sino también ser gestionado para hacer uso de él y contribuir al desarrollo local de manera sostenible. En 2012 durante el incendio de Andilla, se vio afectada casi la mitad de superficie de M.U.P (Monte de Utilidad Pública) del término de Llíria, demostrando su fragilidad y la necesidad de realizar labores de gestión forestal para aumentar la resiliencia del monte y reducir así el riesgo de sufrir nuevos grandes incendios.

La ciudad de Llíria pretende sustituir el uso de combustibles fósiles por la utilización de biomasa residual procedente tanto de limpiezas y aprovechamientos del monte del término municipal, como de la fracción lignocelulósica de RSU y de los restos agrícolas que por sus características son aprovechables para su uso en caldera de biomasa.

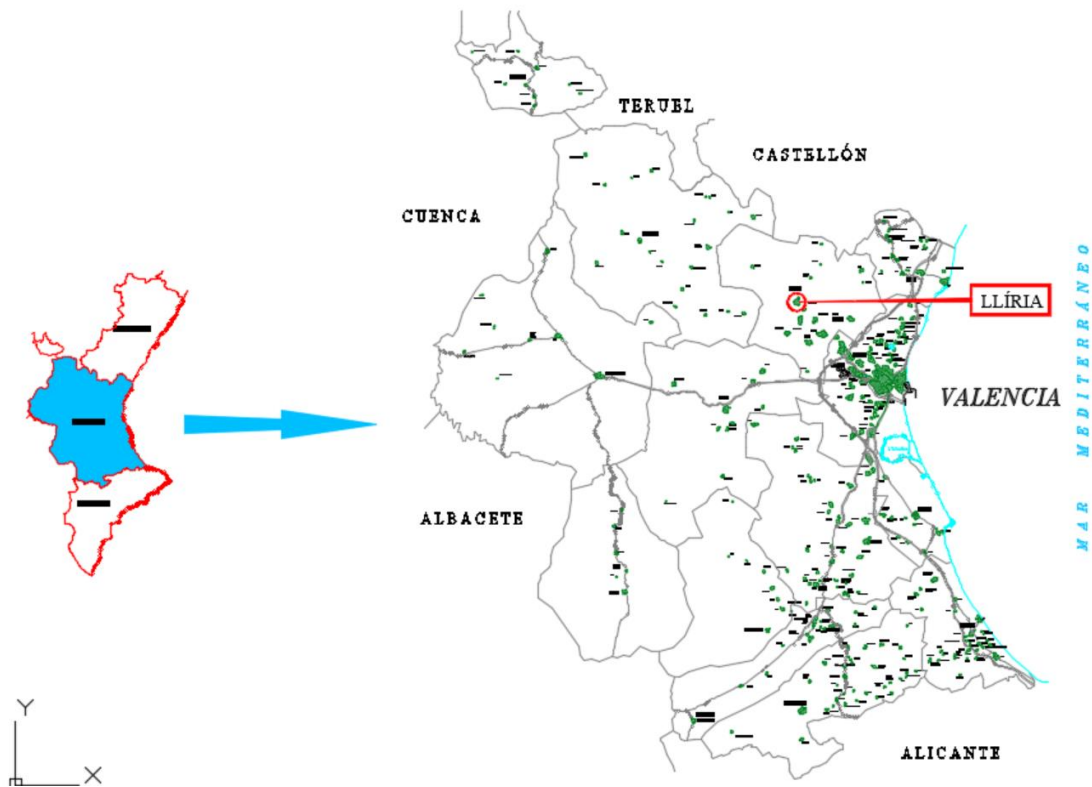


Figura 1. Mapa de localización.

Cada año son más evidentes los efectos devastadores del cambio climático sobre el mundo actual, las catástrofes naturales son cada vez más acusadas y comunes, el verano gana terreno al resto de las estaciones trayendo consigo un número creciente de olas de calor de mayor severidad. Junto a ellas, el consumo de energía eléctrica, pero también térmica, se dispara, y por tanto, si esta energía no tiene un origen renovable, se emite mayor cantidad de CO₂ que a su vez revierte en una mayor gravedad e incremento del cambio climático. Por todo esto, es conveniente migrar nuestro modelo energético a uno más sostenible y respetuoso con el medio ambiente, estimulando la economía circular y empleando los residuos que genera la sociedad y de los que genera la naturaleza que la rodea.

La biomasa lignocelulósica, es una solución para el aprovechamiento energético a escala local, obteniendo múltiples beneficios, además de la energía, genera empleo local de alta calidad en su extracción, unas emisiones muy bajas en el transporte, así como una mejora de la calidad de los ecosistemas forestales que conlleva una prevención activa frente a futuros incendios.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del siguiente proyecto es la definición, justificación y diseño para la implantación de la red municipal de distribución de calor (*district heating*) con calderas de biomasa en el municipio de Llíria, que dará servicio a los edificios públicos del casco urbano de la ciudad. Ello contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), generando empleo local y reduciendo el riesgo de incendio derivado de los tratamientos silvícolas en el monte entre otros beneficios asociados.

Los usuarios beneficiados con la actuación serán la totalidad de los vecinos de Llíria de forma indirecta y los beneficiarios directos todos los ciudadanos que hagan uso de los edificios públicos del casco urbano de Llíria.

El presente proyecto ha sido encargado por el ayuntamiento de Llíria dentro del marco del proyecto SimBioTIC, un proyecto integral de Ciudad Inteligente (Smart City) para la mitigación activa del Cambio Climático en la localidad que ha desarrollado el grupo ICTvsCC del Instituto ITACA de la Universitat Politècnica de València. Dentro del proyecto SimBioTIC, el presente trabajo se enmarca en el Eje 2: Eficiencia energética en edificios públicos. En la Figura 2 se muestra una imagen de los distintos ejes que conforman el proyecto SimBioTIC para tener una visión global de dónde se sitúa el presente trabajo.



Figura 2. Ejes en los que se divide el proyecto SimBioTIC.

2.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo general del proyecto es el diseño de una red de distribución de calor mediante el uso de biomasa forestal residual de origen local.

Para la consecución de este objetivo general, se llevan a cabo los siguientes objetivos operativos:

- Estimar la disponibilidad y posibilidad de biomasa residual forestal derivada de la gestión forestal sostenible de los montes de utilidad pública del municipio de Lliria.
- Caracterizar la biomasa local de origen forestal.
- Calcular la demanda energética de los edificios públicos.
- Desarrollar y estudiar la viabilidad técnica de la red de distribución de calor.
- Analizar la viabilidad económica de la implementación de la red de distribución de calor.

2.2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Para el estudio de alternativas, se han considerado las posibles fuentes de obtención de energía y distintos escenarios de aplicación, como serían aprovechamiento térmico (*district heating*), térmico y eléctrico (cogeneración), frío y calor (*cooling-heating*) y la trigeneración (frío, calor y electricidad). Para evaluar las alternativas, se han tenido en cuenta los tres criterios de la sostenibilidad, el económico (€ operación y mantenimiento/€ invertido), el ambiental (kg CO₂/€ invertido) y el social (horas empleo local / € invertido). Los tres criterios se dividen por la inversión para poder valorar independientemente las ventajas de distintos escenarios por muy diversos que resulten los costes, así se obtienen unos ratios que permiten comparar los escenarios por cada € invertido en la aplicación de ellos.

No obstante, una vez estudiada la demanda de los edificios y su variación a lo largo del año, se tiene en consideración también criterios técnicos de viabilidad tanto del aprovechamiento como de la fuente de obtención de energía.

En primer lugar, la discusión acerca de los escenarios de aplicación posibles para la implementación de una red de distribución de calor: aprovechamiento térmico, térmico y eléctrico (cogeneración), distribución de frío y calor o trigeneración (frío, calor y electricidad). Calculada la curva de demanda de los edificios designados por el ayuntamiento de Lliria para su pertenencia a la red, se obtuvo una gran estacionalidad en la demanda de energía, ya que se trata de edificios públicos, donde en invierno se tiene demanda térmica pero en verano la necesidad de energía térmica para agua caliente sanitaria (ACS) y climatización es mínima, a esto, hay que añadir que en general, la demanda energética global anual es demasiado baja para la implantación de un sistema de cogeneración o trigeneración que resulte viable

económicamente. La única opción en la cual esta curva de demanda puede ser beneficiosa es para la implementación de una red de distribución de frío y calor, generando el frío mediante máquinas de absorción, pero la tecnología no está lo suficientemente avanzada como para competir económicamente con la aerotermia ya implementada en los edificios conectados a la red.

Respecto a las fuentes de energía, en el estudio de alternativas se ha considerado: la biomasa para combustión directa o generación de gas de síntesis, el gas natural, la solar térmica y la geotermia. En este caso, también influyen criterios de viabilidad técnica (espacio disponible, ubicación de la central según indicaciones del cliente, rangos de funcionamiento óptimo, etc.). Se debe tener en cuenta que uno de los objetivos del proyecto consiste en el aprovechamiento energético de biomasa residual forestal procedente de los tratamientos silvícolas aplicados a los montes de utilidad pública para su conservación, por tanto, siempre primará el uso de biomasa como fuente de energía frente a otras.

En la Figura 3 se muestra una matriz con las distintas opciones estudiadas que se podrían implantar en la ciudad de Lliria. Como podemos observar, la opción con mejores resultados en función del coste de aplicación es la implantación de un *district heating* alimentado de forma prioritaria con la biomasa residual procedente de los montes de Lliria.

Escenarios	Fuente Energía	Económico (€)	Ambiental (t CO ₂ eq)	Social (horas empleo local)
DISTRICT HEATING	BIOMASA	😊	😊	😊
	GAS NATURAL	😐	😐	😞
	SOLAR TÉRMICA	😐	😊	😐
	GEOTÉRMICA	😞	😊	😐
COGENERACIÓN	BIOMASA (RANKINE)	😐	😊	😊
	GAS NATURAL	😊	😐	😞
	GAS DE SÍNTESIS	😐	😊	😊
	GEOTÉRMICA	😞	😊	😐
DISTRICT COOLING-HEATING	BIOMASA	😞	😊	😊
	GAS NATURAL	😞	😐	😞
	SOLAR TÉRMICA	😞	😊	😐
	GEOTÉRMICA	😞	😊	😐
TRIGENERACIÓN	BIOMASA	😞	😊	😊
	GAS NATURAL	😐	😐	😞
	GAS DE SÍNTESIS	😞	😊	😊
	GEOTÉRMICA	😞	😊	😐

Figura 3. Estudio de alternativas según escenarios y fuentes de energía.

2.3. JUSTIFICACIÓN ELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Concluimos con el estudio de alternativas que la opción óptima en Llíria es la implantación de una red de distribución de calor *district heating* en los edificios públicos de Llíria, en el cual la fuente de energía sea prioritariamente la biomasa residual de los montes del término municipal, obteniendo con ello, una reducción de emisiones, generando empleo local y suponiendo un ahorro económico para las arcas públicas del municipio.

Además, este sistema, fomentará la gestión forestal, lo que disminuirá el riesgo de incendio; así, se rentabiliza la biomasa que se extrae con la gestión, eliminando las operaciones de prevención de incendios, puesto que estas vienen intrínsecas en la gestión forestal necesaria para suministrar la materia prima de las calderas de la red de distrito.

3. INTRODUCCIÓN. MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE “DISTRICT HEATING”

Un sistema de *district heating* es un sistema centralizado de producción y distribución de calor (ver Figura 4). Se basa en una tecnología orientada a la producción y suministro de agua caliente, desde una o varias plantas centrales a diversos usuarios o edificios. La distribución se realiza mediante una red de tuberías aisladas térmicamente que, normalmente, transcurren bajo tierra, haciendo circular agua, vapor o aceite. De esta forma, cada usuario dispone de forma independiente en sus instalaciones, del servicio de acondicionamiento térmico, a partir de la generación centralizada. Este tiene una serie de ventajas respecto a la generación distribuida que veremos a continuación.

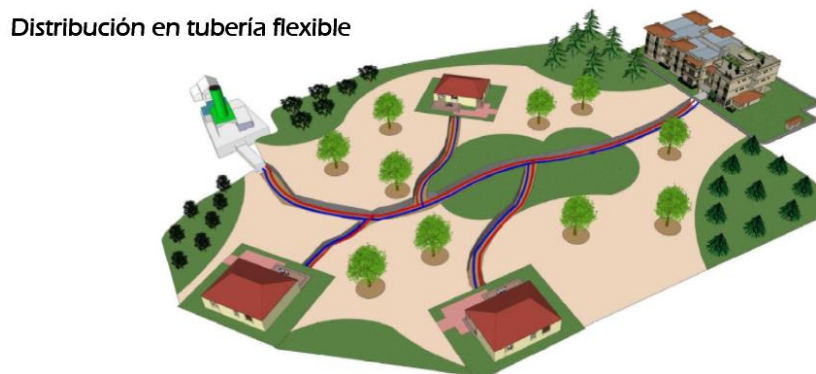


Figura 4. Sistema de district heating: distribución mediante tuberías flexibles. Fuente: Rehau

3.1. VENTAJAS DE UN SISTEMA DE *DISTRICT HEATING*

1. **Mayor eficiencia energética:** Una central de *district heating* posee un mayor rendimiento energético estacional, muy superior a la una unidad única de generación distribuida, entendiendo rendimiento energético estacional por la relación entre energía producida y consumida durante un periodo prolongado en el tiempo.
2. **Reducción de los costes de explotación:** Al tratarse de un sistema que tiene la producción y distribución centralizada obtenemos una reducción en el coste de mantenimiento en comparación a la suma de todas las unidades individuales de una instalación distribuida. A esto hay que sumarle el aumento en eficiencia anteriormente mencionado, que nos lleva a reducir los costes en energía primaria para la misma cantidad de demanda. Puesto que la presencia de un equipo de mantenimiento se hace

necesaria, se ven reducidas las incidencias y por tanto los costes de actuaciones correctivas.

3. **Reducción de contaminantes:** Independientemente del combustible utilizado, un aumento en la eficiencia del sistema implica una reducción en los contaminantes derivados de la combustión para la obtención de la energía necesaria. Además de ello pasa de haber muchos focos de emisión a uno solo, siendo más sencillo su control y tratamiento. Y teniendo en cuenta el tipo de combustible utilizado se producen innumerables beneficios, entre los que cabe destacar los siguientes.
4. **Reducción de riesgo de incendios:** La utilización de biomasa residual como combustible del sistema de producción de calor *district heating*, implica unos beneficios notorios que cabría poner en valor, pero principalmente cabe destacar la disminución en el riesgo de incendios debido a la limpieza del monte del término y a la disminución de quemas de restos agrícolas que irían destinados, complementariamente, al abastecimiento de la central térmica del *district heating*.
5. **Generación de empleo local:** Otro beneficio derivado del uso de un combustible local como es la biomasa agroforestal es la generación de puestos de trabajo para la población local, contribuyendo claramente al desarrollo de una economía circular y desarrollo de la industria local.
6. **Menor dependencia exterior:** La no presencia de combustibles fósiles en España (sin contar el carbón), hace que tenga una gran dependencia energética del exterior, y la utilización de un combustible local hace que esta dependencia se vea reducida.
7. **Ahorro económico:** Además de la reducción en los costes de explotación anteriormente mencionados, y en la disminución en la demanda de energía primaria debido al aumento de eficiencia del sistema, también obtenemos un ahorro económico en el combustible, ya que la biomasa tiene un precio por unidad energética obtenida menor a cualquier otro combustible fósil, siempre que sea gestionada y abastecida de forma eficiente y sostenible. Habría que añadir a ello que se cuenta con menos residuos a tratar, que se realiza una labor de prevención de incendios paralelamente y que es lógicamente predecible que se reduzca el gasto en extinción de incendios al verse reducida la probabilidad de que se produzca. Numerar todos los beneficios se antoja imposible, ya que existen beneficios directos, beneficios indirectos, beneficios intangibles y beneficios de responsabilidad futura, entre los cuales los primeros son mensurables, los segundos difícilmente mensurables, pero los intangibles y los de responsabilidad futura no son actualmente cuantificables, pero no por ello dejan de ser de gran importancia.

3.2. EXPERIENCIAS ANTERIORES REALIZADAS

La existencia de experiencias similares realizadas con anterioridad y en funcionamiento en la actualidad avalan su viabilidad, algunos ejemplos de instalaciones significativos a destacar son:

- a) Molins de Rei (Barcelona): 2,25 MW de calor (IDAE, 2007).
- b) Cuellar (Segovia): 6 MW de calor (IDAE, 2007).
- c) Sant Pere de Torelló (Barcelona): 6 MW de calor (IDAE, 2007).
- d) ExpoZaragoza (Zaragoza): 15/20 MW de calor/frío (DISTRICLIMA, 2012).
- e) Central Tanger (Barcelona): 13,4/6,7 MW de calor/frío (DISTRICLIMA, 2012).
- f) Central Forum (Barcelona): 20/15,5 MW de calor/frío (DISTRICLIMA, 2012).
- g) Todolella (Castellón) 200 kW de calor.
- h) Olot (Gerona) 600 kW de calor, 180 kW geotermia para frío, 25 kW fotovoltaica.

4. NORMATIVA

El presente proyecto tendrá en cuenta las siguientes prescripciones oficiales con carácter mínimo y no limitativo.

4.1. OBRA CIVIL

GENERALES:

- Ley de ordenación de la edificación 38/1999 de 5 de noviembre (LOE)
- Código técnico de la edificación (CTE) RD 314/2006 de 17 de marzo.

SISMORESISTENTE

- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre. Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02). Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre.

CONTROL DE CALIDAD

Requisitos básicos de seguridad y habitabilidad que la LOE establece en su artículo 3.1 b y c como objetivos de calidad de la edificación y que se desarrollan en el CTE (capítulo 3, artículos 9 a 15) mediante las exigencias básicas:

- Exigencias básicas de seguridad estructural.
- Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio.
- Exigencias básicas de seguridad de utilización.
- Exigencias básicas de salubridad (higiene y protección medioambiental).
- Exigencias básicas de protección contra el ruido.
- Exigencias básicas de ahorro de energía y aislamiento térmico.

Las exigencias básicas deben cumplirse en el proyecto, la construcción, el mantenimiento y la conservación del edificio y sus instalaciones.

ACCIONES DE LA EDIFICACIÓN

- Código Técnico de la Edificación: Documento Básico Acciones en la Edificación (CTE: DB-AE Acciones en la Edificación)

SEGURIDAD Y SALUD

- Código Técnico de la Edificación: Documento Básico - Exigencias básicas de seguridad de utilización (CTE: DB-SU).
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

ESTRUCTURAS DE MADERA

- Código técnico de la edificación: Documento Básico de seguridad estructural de la Madera. (CTE: DB-SE- Madera)

CEMENTOS, CALES Y YESOS

- RC-97 Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos RD 776/97 MFeINER / BOE 22.06.93 i 2.08.93 c.
- RCA-92 Instrucción para la recepción de cales en obras de estabilización de suelos. BOE 26/12/92.
- Homologación de los cementos para la fabricación de hormigones y morteros para todo tipo de obras y productos prefabricados. BOE 04/11/88. Certificación alternativa a la homologación. BOE 25/01/89.
- RY-85 Pliego general de condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción. BOE 07/10/86.
- Métodos de ensayo de cementos. Ensayos físicos. Blancura (factor de reflexión luminosa) UNE 80117:2001.
- Cementos. Cementos comunes. Composición, especificaciones y criterios de conformidad UNE-EN 197-1:2000.

VIDRIOS, MADERAS Y PLÁSTICOS

- Código técnico de la edificación: Documento Básico de seguridad estructural de la Madera. (CTE: DB-SE- Madera)

CUBIERTAS

- Código Técnico de la Edificación: Documento Básico de Exigencias básicas de salubridad (CTE: DB HS Salubridad).
- Código Técnico de la Edificación: Documento Básico de Exigencias básicas de protección frente al ruido (CTE: DB-HR)
- Código Técnico de la Edificación: Documento Básico de Seguridad contra incendios (CTE: DB-SI)
- Código Técnico de la Edificación: Documento Básico de Seguridad Estructural (CTE: DB SE Seguridad estructural).

AISLAMIENTO ACÚSTICO

- Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1675/2008, de 17 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el Documento Básico «DB-HR

Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- Código Técnico de la Edificación: Documento Básico de Exigencias básicas de protección frente al ruido (CTE: DB-HR)

AISLAMIENTO TÉRMICO

- Código Técnico de la Edificación: Documento Básico de Exigencias básicas de salubridad (CTE: DB HS Salubridad).

CIMENTOS

- Código Técnico de la Edificación: Documento Básico de Cimientos (CTE: DB-C Cimientos).

MOVIMIENTOS DE TIERRAS, EXPLANACIONES, RELLENOS Y VIALES

- PG-3: Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes

4.2. INSTALACIONES SUJETAS A REGLAMENTACIÓN

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC).
- Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión.
- Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias. (SOLO EN ABSORCIÓN)
- Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10. (SOLO EN ABSORCIÓN)
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. (RITE).
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1254/1999 Real decreto de accidentes graves
 - Real Decreto 948/2005, de 29 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los

- riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Real Decreto 119/2005, de 4 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
 - R.D. 1215 Disposición sobre equipos de trabajo.
 - Real Decreto 1215/2009, de 17 de julio, por el que se establece un certificado de profesionalidad de la familia profesional energía y agua que se incluye en el Repertorio Nacional de certificados de profesionalidad.
 - Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
 - Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo
 - Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
 - Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

4.3. NORMAS UNE

- UNE-EN 253. Tuberías de calefacción central. Sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente enterradas directamente.
- UNE-EN 448. Tuberías de calefacción central. Sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente enterradas directamente. Accesorios para tuberías de servicio en acero, aislamiento térmico de poliuretano y protección externa de polietileno.
- UNE-EN 488. Tuberías de calefacción central. Sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente enterradas directamente. Conjuntos de válvulas de acero para tuberías de servicio en acero, aislamiento térmico de poliuretano y protección externa de polietileno.

- UNE EN 489. Tuberías de calefacción central. Sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente enterradas directamente. Ensamblaje para tuberías de servicio en acero, aislamiento térmico en poliuretano y protección externa de polietileno.
- UNE EN 13941. Diseño e instalación de sistemas de tuberías preaisladas para calefacción central.
- UNE EN 14419. Tuberías de calefacción central. Sistemas de tuberías conectadas preaisladas para redes de agua caliente enterradas directamente. Sistemas de vigilancia.
- UNE EN 1434. Contadores de energía térmica.
- UNE 100155:2004. Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.
- UNE-EN 14961-4:2012. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles.
- UNE 100020:2005. Climatización. Sala de máquinas.
- UNE 60601:2006. Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos.
- UNE-EN 13384-2:2016. Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos y fluido-dinámicos. Parte 2: Chimeneas que prestan servicio a más de un aparato de calefacción.
- UNE-EN 13384-1:2016. Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos y fluido-dinámicos. Parte 1: Chimeneas que prestan servicio a un único aparato de calefacción.
- Todas las Normas UNE y de la CEE a las que se hace referencia en el RITE.

5. ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA

5.1. INTRODUCCIÓN

En esta parte se pretende demostrar la viabilidad técnica de la implantación del *district heating* para los edificios públicos del término municipal de Lliria.

En primer lugar, se debe acotar las dimensiones de la red de distrito, es decir, cuántos usuarios van a hacer uso de esta red, y, por tanto, conocer el consumo del anillo. La elección de los edificios de la red, se realizó por consenso con los técnicos del ayuntamiento y bajo criterios técnico-económicos de viabilidad o rentabilidad de la instalación.

5.2. DEMANDA ENERGÉTICA

La demanda energética de los edificios se ha obtenido a través de las auditorías realizadas en los edificios públicos de Lliria. No obstante, dentro de nuestra red, entran algunos edificios de los cuales no se ha realizado la auditoría. Para estos edificios, la demanda se ha obtenido a través de extrapolaciones de otras auditorías realizadas a edificios de similares características e instalando intercambiadores de calor de potencia igual a la del sistema ya instalado, con el fin de garantizar el servicio óptimo al edificio.

En la Tabla 1, se muestran los edificios de la red y la demanda energética de estos.

Tabla 1. Edificios usuarios de la red de distrito y su demanda energética.

Demanda energética	Subestación	Demanda (kWh)
Piscina Cubierta	Idc 1	81.597
Ambulatorio	Idc 2	163.696
IES LAURANA	Idc 3	210.151
Policía Local	Idc 4	12.990
Juzgados	Idc 5	33.546
Centro multiusos	Idc 6	123.213
Pabellón "Pla de L' Arc"	Idc 7	47.133
IES Camp de Turia	Idc 8	127.387
Colegio Santa Ana	Idc 9	105.234
Colegio San Miguel	Idc 10	105.236
Colegio San Vicente	Idc 11	105.234
Pabellón viejo	Idc 13	4.642
Colegio Francisco Latorre	Idc 12	105.234
TOTAL		1.225.293

Se tiene un total de 13 edificios públicos conectados a la red de distribución de calor, dentro de los cuales, existen edificios la gestión de los cuales depende de forma directa del ayuntamiento de Llíria y otros en la que la gestión recae en la Generalitat o diputación. Los edificios cuya gestión pertenece al ayuntamiento son aquellos en los que se han realizado las auditorías, puesto que estas entran dentro del contrato del proyecto SimbioTIC, y los edificios públicos cuya gestión no depende del consistorio, se ha calculado su demanda a través de visitas para estudio del equipamiento existente y facturas. En la Tabla 2 se muestra un listado con los edificios objeto de las auditorías energéticas y aquellos en los que se ha calculado la demanda.

Tabla 2. Edificios de la red auditados y edificios de la red no auditados.

Edificios	Subestación	Auditoría
Piscina Cubierta	Idc 1	SÍ
Ambulatorio	Idc 2	NO
IES LAURANA	Idc 3	NO
Policía Local	Idc 4	SÍ
Juzgados	Idc 5	SÍ
Centro multiusos	Idc 6	SÍ
Pabellón Plà de L' Arc	Idc 7	SÍ
IES Camp de Túria	Idc 8	NO
Colegio Santa Ana	Idc 9	NO
Colegio San Miguel	Idc 10	SÍ
Colegio San Vicente	Idc 11	SÍ
Pabellón viejo	Idc 13	SÍ
Colegio Francisco Latorre	Idc 12	NO

Para la elección de los equipos de producción de calor se ha tenido en cuenta la curva de demanda a lo largo del año, con el fin de conocer la estacionalidad en la demanda y de esta forma, realizar una instalación en la que los equipos trabajen en su rango óptimo para incrementar el rendimiento. En la Figura 5 se muestra la curva de demanda agregada de los edificios de la red.

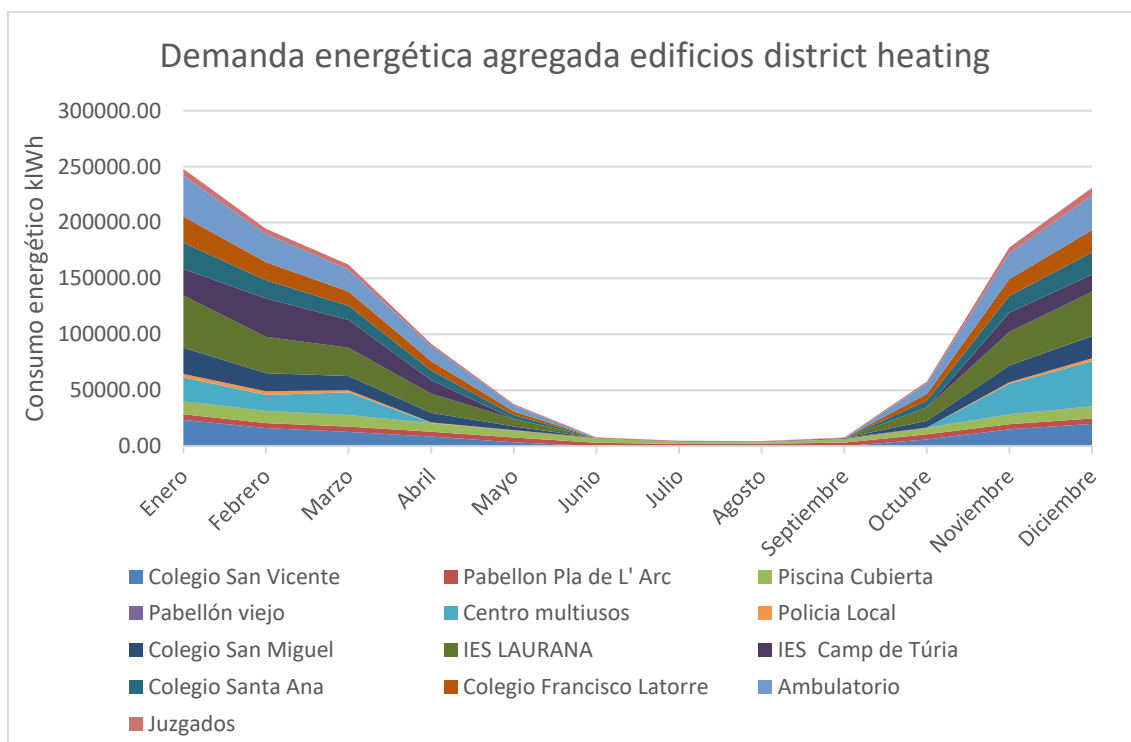


Figura 5. Curva de demanda energética agregada

El cálculo de las demandas energéticas se puede observar en el anejo nº1 de Cálculos de Demanda Energética, Emisiones de CO₂ y Coste final de energía obtenida.

5.3. DESCRIPCIÓN DE LA RED DISTRICT HEATING

En busca de la tipología que otorgue una mayor eficiencia la red de distribución de calor será del tipo ramificada buscando reducir los caudales de distribución al mínimo y asegurando la capacidad de lograr un salto térmico de 20°C en las subestaciones de intercambio térmico, siendo la temperatura de entrada de 80°C y la de salida por tanto de 60°C. La velocidad máxima admisible por motivos de eficiencia, conservación de materiales y a fin de evitar pérdidas hidráulicas será de 2 metros/segundo, tratando de que se encuentre en todo momento en el intervalo 1-2 m/s, (siempre > 0,7 m/s).

En la Figura 6 se muestra un detalle del plano de distribución del *district heating*.



Figura 6. Trazado de la red de distribución de calor.

5.4. GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA

El sistema de generación y distribución de energía térmica está compuesto por tres partes claramente diferenciadas, estas partes son:

- a) Central térmica.
- b) La red de distribución.
- c) Las subestaciones de intercambio de cada edificio.

5.4.1. Central térmica

El edificio de la Central Térmica de Llíria se va a encargar de alojar todos los equipos de almacenamiento, producción, control y distribución de la energía térmica.

El emplazamiento de la central térmica se encuentra dentro del complejo deportivo del Plà de l'Arc, concretamente, en la zona actualmente sin uso recreativo situada entre el trinquet y el campo cubierto de futbol sala.

La Figura 7 muestra la ubicación de la parcela dentro del ámbito urbano de Llíria.

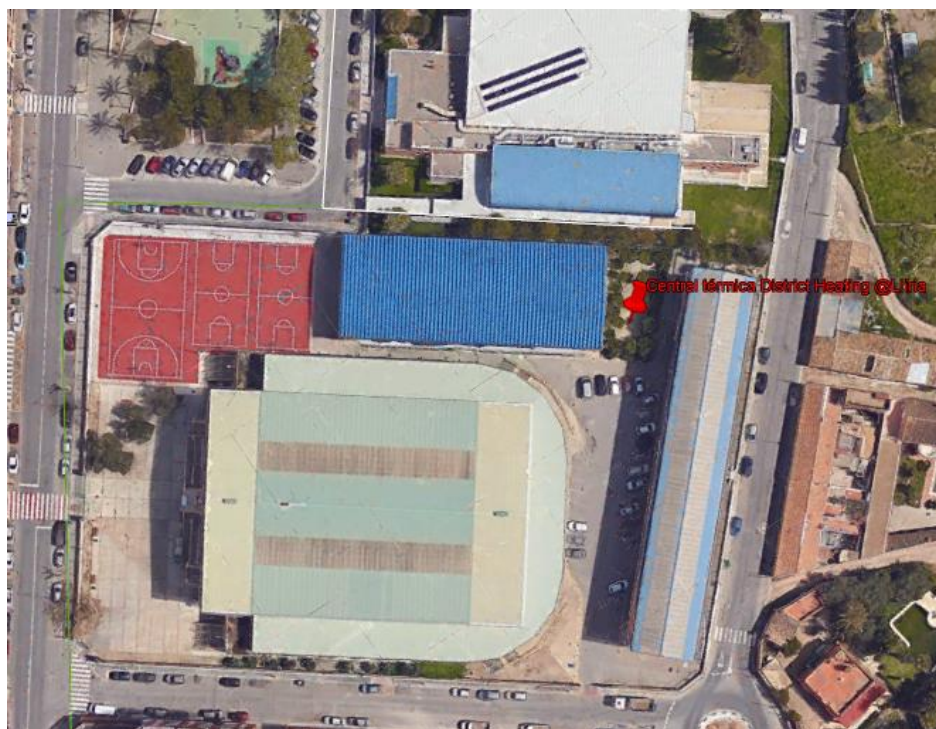


Figura 7. Vista aérea dónde se sitúa la Central Térmica. Fuente: Google Earth.

La parcela catastral se encuentra en la calle Llano del arco nº 56, siendo la superficie total de esta parcela de 12.241 m². La referencia catastral del inmueble es 6799601YJ0869N0001WR, y las coordenadas dónde se situará la Central Térmica son, X:706700 Y:4389723 (UTM 30 ETRS89). La parcela catastral de muestra en la Figura 8.

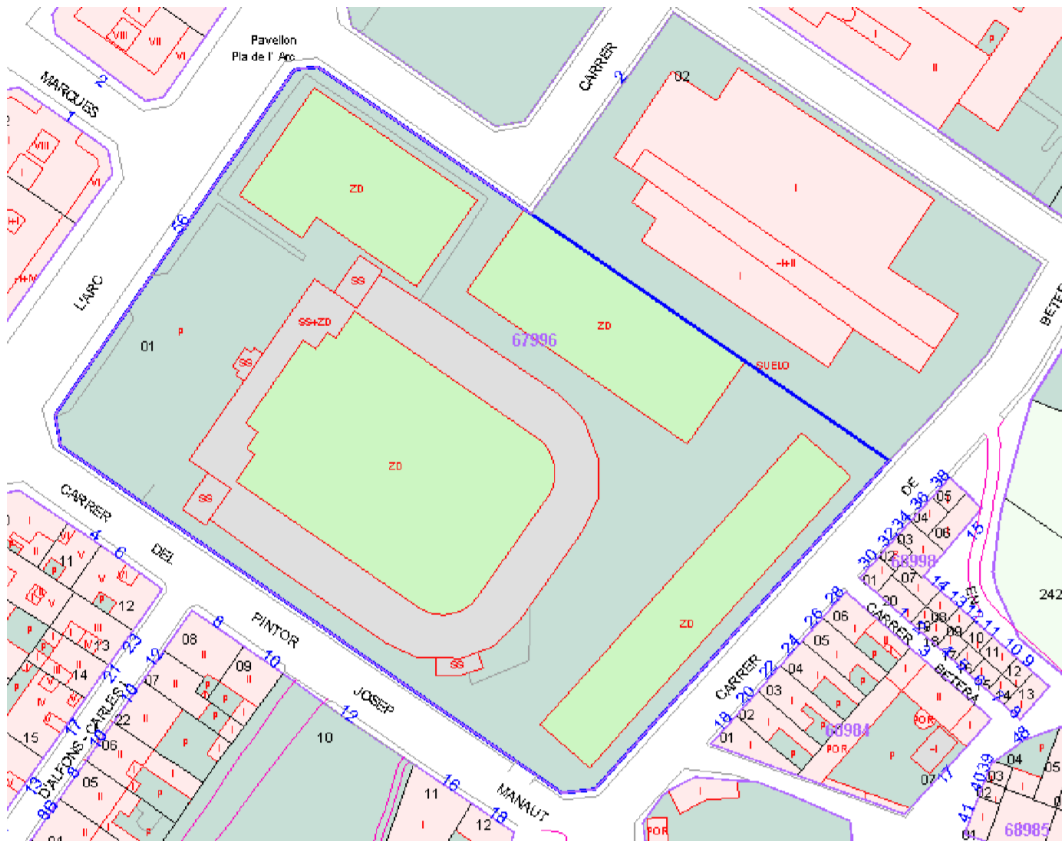


Figura 8. Mapa catastral parcela 6799601YJ0869N0001WR. Fuente: Sede electrónica del catastro.

La central térmica ocupará una superficie total de 264 m², que corresponde a unas dimensiones en planta de 22 m por 12 m de ancho. La central constará de dos partes diferenciadas, en primer lugar, tomando como dirección la vía de acceso al recinto, tendremos las tolvas de recepción, que podrán estar enterradas o en superficie, dónde se realizará la descarga de los camiones de astillas. Las dimensiones de esta primera zona serán de 3 metros de largo por 12 metros de ancho. Esta zona se vallará por seguridad con el fin de evitar el acceso de los usuarios del polideportivo por su seguridad y la de la instalación

En segundo lugar, se encuentra el edificio de la central térmica, dónde se situarán en este orden los distintos elementos que componen la central térmica: los 2 silos de almacenamiento de astilla, la sala de calderas, que albergará todos los equipos relacionados con la generación y distribución de calor, que incluye: las calderas, depósitos de inercia, sistema eléctrico, bombas y vaso de expansión como elementos principales. También albergará una sala con una caldera de soporte de gas natural para poder hacer frente a picos de demanda y en caso de fallo de alguna caldera.

El edificio pretende presentar una imagen amable y sostenible, además de integrarse en el entorno. Además de su función principal, que es la de albergar los equipos para el correcto funcionamiento de la red de distribución de calor, pretende dar visibilidad al uso de fuentes de energía renovable como la biomasa, por ello, se prevé que el cerramiento de la cara este del edificio permita ver el interior de la instalación desde el exterior mediante paneles de vidrio además de instalar un contador visible desde el exterior de la energía producida, las emisiones evitadas y el ahorro económico del consistorio.

Con el fin de otorgar calidez al entorno y fomentar la imagen amable y sostenible de la central se prevé que la estructura del edificio se realice con madera laminada encolada mediante una estructura basada en pórticos.

4.4.1.1 Características constructivas

La nave tendrá una superficie en planta de 264 m² distribuida en 22 metros de longitud por 12 metros de ancho. La altura libre será de 6 metros en el centro de la sala, y 5 metros en los lados. La estructura de la central se realizará con madera laminada del tipo GL24h.

Movimientos de tierras

El terreno en el que se ubica la planta no presenta pendiente.

Los movimientos de tierras previstos son:

- Desmante del terreno hasta cota de trabajo con retirada del material no apto para relleno.
- Apertura de pozos y zanjas de cimentación, saneamiento y conducciones e instalaciones enterradas y acometidas.

Cimentaciones

Adaptadas a las características geotécnicas, carga admisible, resistencia, capacidad portante y necesidad del edificio.

Estructura

La estructura se proyecta de madera laminada del tipo GL24h, el edificio se basará en pórticos equidistantes cada 4,35 m con una viga con intradós curvo de 12m de luz, situándose los pilares en la fachada del edificio, dejando la planta diáfana con los cerramientos interiores pertinentes. Tal como se observa en la Figura 9.

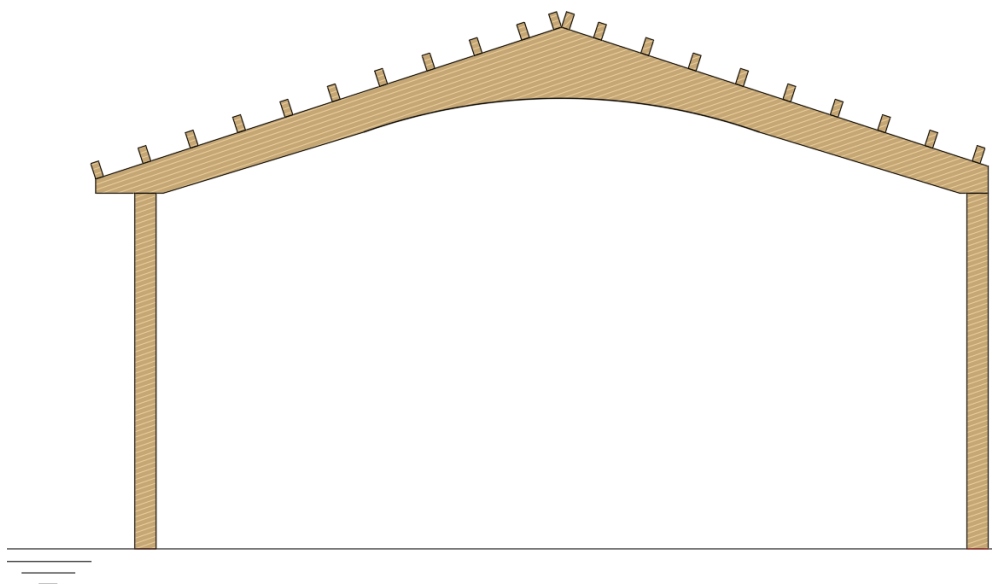


Figura 9. Estructura central térmica basada en pórticos.

Cubierta

Se proyecta una cubierta a dos aguas con una inclinación de 18º, dotada con 40mm de aislamiento que garantice la estanqueidad del edificio. Se tiene en cuenta para su diseño todas las consideraciones exigidas por el CTE “Código técnico de la edificación”.

Puertas de la nave

Dimensiones adaptadas a las necesidades de la actividad, garantía y sistemas de seguridad. Las puertas serán de materiales no inflamables con apertura fácil desde el interior mediante barra antipánico.

Instalaciones

Se dotará de instalación de fontanería para abastecimiento de la red y saneamiento. Además de incluir la instalación eléctrica y de luminarias de acuerdo con la normativa citada en el apartado 4 de la presente memoria y a las necesidades de los equipos instalados.

4.4.1.2 Características de la Central Térmica

Para el dimensionamiento de la central se busca la máxima eficiencia en cuanto a funcionamiento técnico y económico.

Los equipos principales que componen la Central son:

- a) Calderas.
- b) Sistema de bombeo.
- c) Sistema de control.
- d) Tolva de alimentación de la caldera.
- e) Depósito de inercia.

La distribución en planta de la Central Térmica se muestra en la Figura 10.

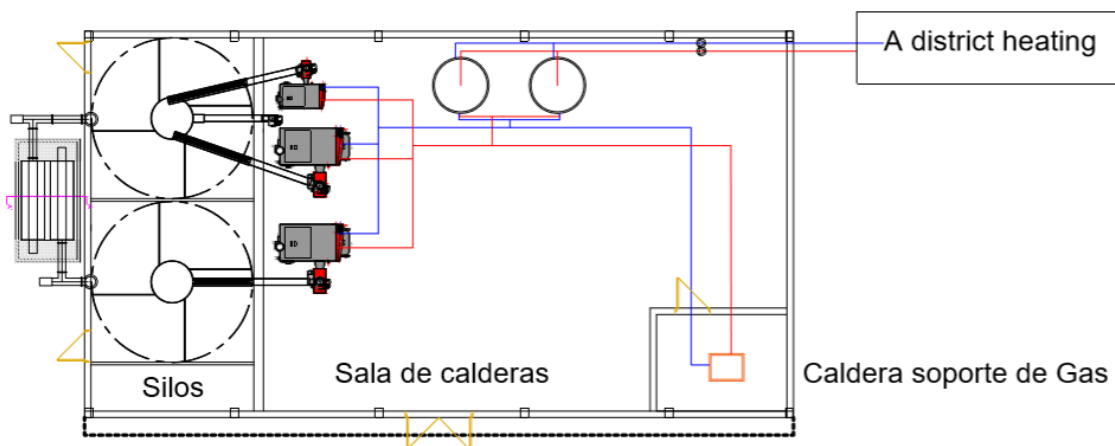


Figura 10. Distribución en planta de la Central Térmica.

La distribución en planta se puede observar con mayor detalle en el documento nº 2 de planos, plano nº 3.

I. Calderas

La caldera debe ser cuidadosamente seleccionada para ser de alta eficiencia y de bajas emisiones.

Debido a la estacionalidad de la demanda, se considera óptimo la instalación de varias calderas conectadas en cascada para tener un sistema modulante y poder trabajar con distintas potencias para suministrar energía suficiente en las altas demandas del periodo de invierno y a su vez poder suministrar la baja demanda de verano sin que por ello las calderas trabajen en un régimen muy bajo que disminuya drásticamente el rendimiento de éstas y evitar así problemas en la instalación.

Por tanto, se van a instalar 3 calderas, dos de 330 kW de potencia y 1 de 120 kW de potencia, conectadas en cascada. El funcionamiento en cascada supone, que se podrá añadir la potencia

deseada en cada periodo de tiempo a la vez que también puede trabajar una caldera individualmente en caso de que no se requiera mayor potencia.

En el presente proyecto, se toma como modelo de diseño, mediante criterios técnico-económicos, calderas de la marca HARGASSNER, ya que se trata de un fabricante de calderas de primer nivel, con amplia experiencia y fiabilidad contrastadas en instalaciones en marcha. No obstante, se pueden instalar otras marcas de caldera con las mismas propiedades y prestaciones.

A continuación, se muestran imágenes de los dos modelos de caldera que se van a emplear en el siguiente proyecto (Figura 11 y Figura 12).



Figura 11. Caldera HARGASSNER ECO HK 330 kW. Fuente: Hargassner.



Figura 12. Caldera HARGASSNER ECO HK 120 kW. Fuente: Hargassner.

II. Sistema de bombeo

Para la elección de las bombas se deben calcular los puntos de funcionamiento. Este proceso se muestra detalladamente en el anexo nº3 del presente proyecto. El punto de funcionamiento de la bomba se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Punto de funcionamiento de la bomba.

	Caudal (l/h)	Δ Presión (m.c.a)
Bomba	97500	75,13

Debido a las características del punto de funcionamiento, se opta por instalar dos bombas centrífugas de eje vertical en paralelo, además de contar con otras dos bombas gemelas para que, en caso de avería de una de las bombas, el circuito pueda seguir funcionando con normalidad. El modelo de bomba propuesto en el proyecto para la instalación es la electrobomba centrífuga multicelular de eje vertical HASA, modelo VS 42-5.



Figura 13. Electrobomba centrífuga multicelular de eje vertical HASA modelo "VS 42 – 5". Fuente: HASA

III. Vaso de expansión

El vaso de expansión ha sido calculado según las pautas especificadas en la norma UNE 100155:2004, sugerida por el RITE.

La instalación requiere de un vaso de expansión de 1.620 litros de capacidad. Para el diseño del siguiente proyecto se ha tomado el modelo RG2000 de la marca SEDICAL con una capacidad de hasta 1.630 litros para instalar.

IV. Sistema de Control

El sistema de control será el encargado de la gestión y monitorización del funcionamiento de la Central Térmica. Ésta se hará mediante un sistema de control centralizado del tipo BMS (*Building Management System*), ya que se trata de una solución que permite regular y controlar en tiempo real el consumo energético, de forma automática y con parámetros definidos por el usuario. El uso de BMS permite de asegurar el máximo confort y eficiencia energética.

V. Depósito de Inercia

Resulta indispensable la instalación de un depósito de inercia en todos los sistemas en los que se trabaje con calderas de biomasa. Según el RITE, el volumen del depósito de inercia recomendable se encuentra entre los 20-30 litros por kW de instalado. Por tanto, según la potencia total de la red de calor de Lliria, que es de 780 kW si funcionan a pleno rendimiento las tres calderas conectadas en cascada, se requiere de una acumulación de aproximadamente 20.000 litros, por lo que se opta por la instalación de dos depósitos de inercia, conectados en paralelo, de 10.000 litros de capacidad cada uno (ver Figura 14).

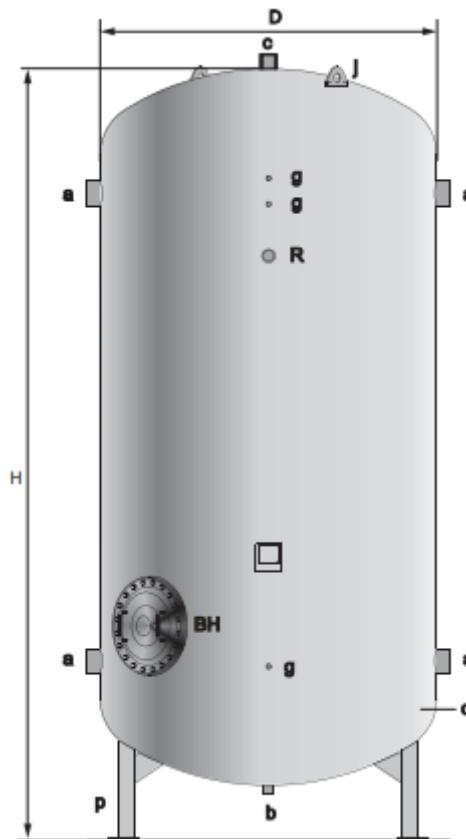


Figura 14. Depósito de inercia con 10.000 litros de capacidad. Fuente: Lapesa

Los detalles de cálculo de la red de distribución y los elementos de la central térmica se pueden observar en detalle en el anejo nº 3 Cálculos Hidráulicos.

Las características técnicas, materiales y detalles de los componentes seleccionados se pueden observar en el anejo nº 2 de Características técnicas de los equipos.

4.4.2 Redes de tuberías para distribución energética

En el presente punto se van a describir las características principales de la red de distribución de energía.

4.4.2.1 Estudio de alternativas:

En este apartado se plantea la alternativa de instalar tuberías de acero preaisladas o tuberías flexibles de plástico. Las tuberías de acero presentan unas prestaciones mayores en cuanto a durabilidad frente a las de plástico, no obstante, dadas las características de la red a

implementar en Llíria, las exigencias de temperatura no llevan al límite las prestaciones de ninguno de los dos tipos de tubería, teniendo por tanto una vida útil similar. Por ello, se decanta por la elección de tuberías de plástico de la casa REHAU, ya que se optimizan los costes de instalación y operación y mantenimiento.

4.4.2.2 Tuberías

Las redes de distribución se van a realizar con tuberías flexibles RAUTHERMEX SDR 11. El tubo interno, que transporta agua, de RAUTHERMEX está fabricado con polietileno reticulado a alta presión PE-Xa. El aislamiento de los tubos es de espuma de PU espumada con pentano. La cubierta exterior es corrugada, para mejorar su flexibilidad y resistencia estática, y está fabricada con material PE-LLD con alta flexibilidad. En la Figura 15 se muestra el tipo de tubería a emplear.



Figura 15. Tubería RAUTHERMEX SDR 11. Fuente: REHAU

La longitud total de la red de distrito es de 2.030 m, teniendo en cuenta la ida más el retorno, además de las acometidas. La longitud del circuito principal es de 1.702 m y la longitud total de las acometidas de 327 m.

4.4.2.3 Zanjas

Dependiendo del grosor de las tuberías se definen cinco tipos de zanjas diferenciadas. Por todas ellas circulará un tubo de polietileno corrugado cuya función será la de alojar los cables de control de distribución. A 20 cm de profundidad se colocará una cinta que hará la función de

testigo. Para mayor detalle, consultar el anejo 3 Cálculos Hidráulicos y el documento n°2 Planos del presente proyecto. (ver Figura 16)

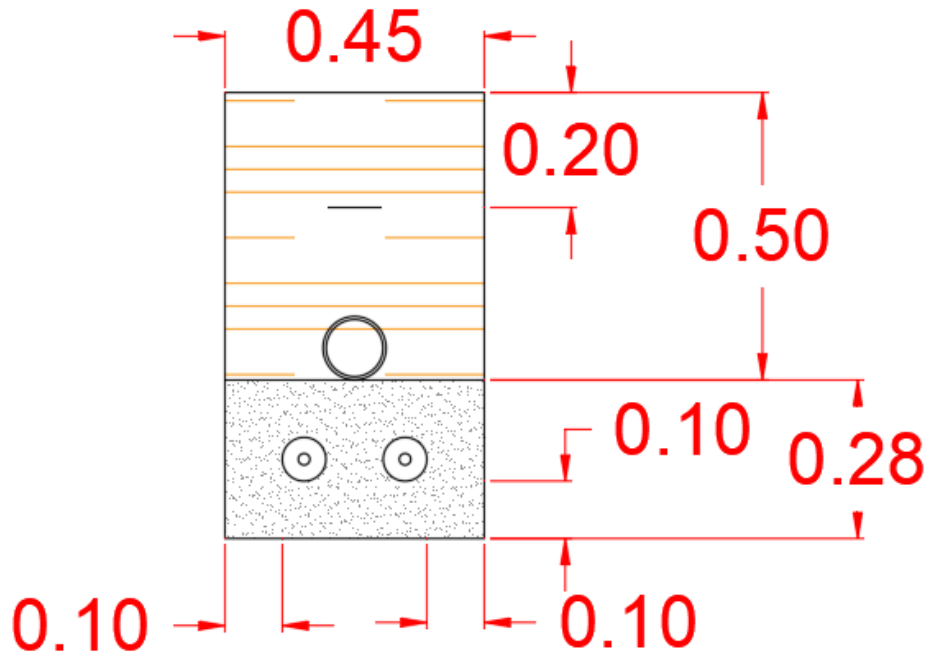


Figura 16. Detalle Zanja

En todos los casos la disposición de materiales desde el inferior de la zanja hasta la superficie será:

- Una capa de 10 cm de arena 2/6 mm para protección de las tuberías de conducción.
- Las tuberías van inmersas en una capa del mismo material situado en la parte inferior (arena 2/6mm), hasta 10 cm por encima de la generatriz de las tuberías.
- El relleno del resto de la zanja se hará con material seleccionado procedente de la excavación.

4.4.2.4 Tubos de comunicaciones

Por encima de la red de tuberías de distribución de calor se instalará un tubo de polietileno corrugado de doble pared (preferiblemente de color rojo) para alojar los cables de control y

regulación. El tubo quedara inmerso en una capa de arena compactada debajo de una capa de zahorra.

La instalación de estos tubos ha de realizarse de manera que se facilite la instalación posterior de los cables. Por tanto, se han de maximizar los radios de curvatura y asegurar la correcta conexión en las arquetas.

4.4.2.5 Válvulas de venteo

Se deberán colocar válvulas de venteo para evitar todos los problemas derivados de la presencia de aire en el circuito. Estas válvulas deben ser colocadas en los puntos más elevados de la instalación, ya que es dónde se acumula el aire. Todas las subestaciones contarán con un purgador de aire, al igual que en la central térmica se situará uno antes de la entrada de la bomba.

En el circuito principal se instalarán por cada 500 metros de recorrido.

4.4.2.6 Acometidas

Las acometidas de los edificios están compuestas por las piezas necesarias para realizar la conexión con la red principal. En la zona exterior se instalará una arqueta enterrada dónde se realizarán las conexiones pertinentes. En la entrada a la vivienda se situará una brida estanqueizante FA 80 (ver figura 13). Para posibilitar la entrada se deberá realizar un barrenado y respetar una distancia mínima de 30 mm entre la ida y retorno. Para la obra civil será necesario realizar una excavación y corte en el pavimento que luego deberá reponerse. Las figuras 14 y 15 muestran como deberían realizarse e instalarse los orificios y las acometidas a los edificios usuarios del *district heating*.



Figura 13. Brida estanqueizante. Fuente: REHAU

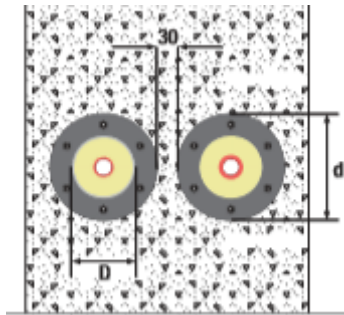


Figura 14. Dimensiones del agujero de la barrena. Fuente: REHAU



Figura 15. Entrada a usuario con brida estanqueizante FA 80. Fuente: REHAU

Además, los elementos singulares para acometidas y subestaciones son los siguientes:

- a) Válvula termostática de regulación de caudal.
- b) Purgador de aire incorporado.
- c) Válvula de vaciado y llenado.
- d) Contador de energía de precisión con memoria de datos.
- e) Tapa de cierre (opcional).
- f) Sistema de lectura remota para el contador (opcional).
- g) Válvula de equilibrado hidráulico k-flow.
- h) Llave de paso.
- i) Válvula antirretorno.

4.4.3 Subestaciones de intercambio

Las subestaciones de intercambio térmico están compuestas por un intercambiador de calor de placas desmontables, valvulería, accesorios y aparatos de medida necesarios para la conexión a la instalación interior de cada edificio. Cada subestación de intercambio irá ubicada en una sala

destinada a tal fin en cada edificio. Normalmente su destino será donde anteriormente se encontraba ubicada la caldera de gasóleo o gas, en caso de que contara con ella.

La Tabla 4 muestra la potencia de cada subestación en cada edificio.

Tabla 4. Subestaciones de intercambio térmico de cada edificio de la red de distrito.

Edificios del <i>district heating</i>		
Edificios	Nº	Potencia intercambiador(kW)
Piscina Cubierta	Idc 1	150
Ambulatorio	Idc 2	250
IES Laurana	Idc 3	250
Policía Local	Idc 4	20
Juzgados	Idc 5	40
Centro multiusos	Idc 6	250
Pabellón "Plà de L' Arc"	Idc 7	80
IES Camp de Turia	Idc 8	250
Colegio Santa Ana	Idc 9	200
Colegio San Miguel	Idc 10	250
Colegio San Vicente	Idc 11	250
Pabellón viejo	Idc 13	20
Colegio Francisco Latorre	Idc 12	200

En total se tienen las siguientes subestaciones de intercambio térmico (ver Tabla 5).

Tabla 5. Nº de estaciones de intercambio.

	20 kW	40 kW	80 kW	150 kW	200 kW	250 kW
Nº Estaciones	2	1	1	1	2	6

Cada edificio presenta un tipo de instalación diferente, por lo tanto, las propiedades del intercambiador deben adaptarse a cada edificio. Se debe considerar que el intercambiador debe ofrecer unas temperaturas acordes a las necesidades de cada edificio. En la Tabla 6 se muestran las instalaciones de las que dispone cada edificio y las temperaturas que debe suministrar cada intercambiador para garantizar el correcto funcionamiento y confort de la instalación.

Tabla 6. Tipos de instalaciones y temperatura de suministro de los edificios de la red.

Edificio	Tipo de consumo	Tecnología actual	Demanda Total Climatización + ACS	Tª suministro
Centro Multiusos	Calefacción/frío	Bomba de calor (aire-agua)	123.213 kWh	45°C
	ACS	No hay consumo		
Ambulatorio	Calefacción/frío	Bomba de calor (aire-agua)	163.696 kWh	45°C
	ACS	No hay consumo		
Juzgados	Calefacción/frío	Bomba de calor (aire-agua)	33.546 kWh	45°C
	ACS	No hay consumo		
IES Camp de Turia	Calefacción/frío	Gasóleo(radiadores)/split	127.386 kWh	80°C
	ACS	Gas Natural		
IES Laurana	Calefacción/frío	Gas Natural(radiadores)/split	210.150 kWh	80°C
	ACS	Gas natural/Solar térmica		
Colegio San Miguel	Calefacción/frío	Gas Natural(radiadores)/split	105.236 kWh	80°C
	ACS	No hay consumo		
Colegio San Vicente Ferrer	Calefacción/frío	Gas Natural(radiadores)//split	105.234 kWh	80°C
	ACS	No hay consumo		
Retén policía/ Protección civil	Calefacción/frío	Electricidad (bomba calor)	12.990 kWh	45°C
	ACS	Solar/Gas natural		
Pabellón plà de l'Arc	Calefacción/frío	No hay consumo	47.133 kWh	60°C
	ACS	Gas Natural		

Pabellón Antigua piscina	Calefacción/frío	No hay consumo		
	ACS	Termos eléctrico	4.642 kWh	60°C
Piscina municipal Cubierta	Calefacción/frío	Electricidad (aire-aire)		
	ACS	Solar (26 paneles) y Gas Natural	81.596 kWh	60°C
Colegio Santa Ana	Calefacción/frío	Gasóleo(radiadores)/split	105.233 kWh	80°C
	ACS	Gas Natural		60°C
Colegio Francisco Latorre	Calefacción/frío	Electricidad (aire-aire)	105.233 kWh	80°C
	ACS	Gas Natural		60°C

En el anejo 2 se dispone del catálogo de las subestaciones de intercambio, para cada edificio conectado a red habrá que garantizar la Tª de suministro, ya que ésta viene marcada por la necesidad de los equipos e instalaciones de cada edificio.

5 SUMINISTRO DE BIOMASA

El estudio de aprovisionamiento se realiza según la curva de demanda energética de los edificios conectados en la red, el rendimiento de la instalación y el poder calorífico de la astilla.

Para ello se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- Calor necesario útil en las subestaciones: 100% = 1225293 kWh
- Rendimiento total de la instalación: 80%
- Poder calorífico de la biomasa al 35% de humedad: 3,22 kWh/kg
- Densidad de la biomasa al 35% de humedad: 219 kg/m³.
- Necesidades de biomasa anuales: 476 t/año
- Carga camión: 19 toneladas o 88 m³
- Nº de camiones anuales: 25
- Capacidad de los silos 250 m³

En la Tabla 7 se muestran los resultados con las consideraciones anteriores ya aplicadas, con el fin de determinar el consumo de biomasa por la red cada mes, el nº de camiones que deberán descargar cada mes, además de la autonomía de los silos. Tomando el mes de mayor consumo energético, que es enero, se observa que la capacidad de los silos tendrá una autonomía de 16 días, por lo que la primera quincena del mes, se requerirá la carga de 2,5 camiones y la segunda quincena otra carga de 2,5 camiones.

La autonomía de los silos se calcula dividiendo a una media de 30 días por mes, la relación entre el volumen de astilla consumido y la capacidad de los silos, por ello los cálculos son mes a mes y la autonomía se refiere a cuantos días aguantarían los silos llenos al 100% de su capacidad en relación al consumo.

Tabla 7. Consumo de astillas y previsión de suministro

	kWh	Kg astilla (80%)	V. astilla (m ³)	Autonomía (días)	nº camiones
Enero	247931	96246	439,48	16	5,0
Febrero	194363	75451	344,53	21	3,9
Marzo	162349	63024	287,78	25	3,3
Abril	91437	35496	162,08	45	1,8
Mayo	37548	14576	66,56	112	0,8
Junio	7902	3068	14,01	534	0,2
Julio	4903	1903	8,69	862	0,1
Agosto	4511	1751	8,00	937	0,1
Septiembre	7758	3012	13,75	544	0,2
Octubre	57687	22394	102,26	72	1,2
Noviembre	177824	69031	315,21	23	3,6

Diciembre	231081	89706	409,61	17	4,7
TOTAL	1.225.293	475.657	2171,95		24,7

En el gráfico de la Figura 17 se observa gráficamente el consumo en toneladas de astilla mes a mes y el acumulado a lo largo de un año natural.

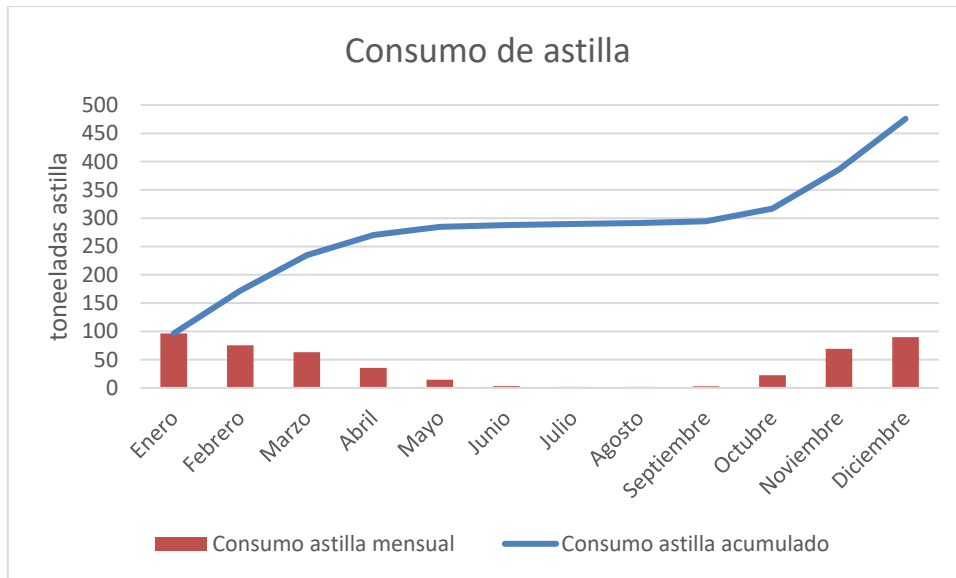


Figura 17. Consumo de astilla mensual y acumulado para 1 año natural.

5.1 ALMACENAMIENTO MEDIANTE SILOS

El almacenamiento se realizará mediante 2 silos de separados entre ellos por una pared. La carga de los silos se realizará con 2 tolvas enterradas y tornillo sin fin con una velocidad de carga de 50m³/hora cada una. Intentando de esta manera que la operación de descarga de biomasa sea lo más rápido posible. En los laterales de los silos se habilitarán trampillas de entrada para operaciones de mantenimiento además de disponer de ventilación para la eliminación de posibles riesgos derivados del almacenamiento de la astilla.

6 PRESUPUESTO

En la Tabla 8 se muestra el resumen del presupuesto de la red.

Tabla 8. Resumen del Presupuesto

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

1 Movimiento de Tierras.	1.123,54€
2 Cimentación.	10.598,14€
3 Central térmica.	106.766,16€
4 Instalación de Calderas, silos y alimentación.	216.416,42€
5 Instalación elementos de distribución.	38.579,14€
6 Instalación Eléctrica.	3.992,30€
7 Red de tuberías de distribución.	377.588,58€
8 Acometidas.	45.943,68€
9 Gestión de residuos.	312,59€
10 Seguridad y Salud.	4.162,77€
Presupuesto de ejecución material (PEM)	805.483,32€
13% de gastos generales	104.712,83€
6% de beneficio industrial	48.329,00€
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	958.525,15€
21% IVA	201.290,28€
Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI + IVA)	1.159.815,43€

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con IVA a la expresada cantidad de UN MILLÓN CIENTO CINCUENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS QUINCE EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS.

7 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se van a comentar los resultados obtenidos del estudio de viabilidad económica, que se detallan en el anejo nº 4 Estudio de viabilidad económica.

En la Tabla 7, se muestran los resultados del estudio económico.

Tabla 7. Resultados Estudio Económico. *Fuente: Elaboración propia*

TIR	10,31%
VAN	1.063.104 €
TR	12 años
IR	2.11

En el resultado económico se valoran únicamente beneficios económicos directos, dejando al margen algunos producidos secundariamente, de gran importancia como son el caso de prevención de incendios o plagas, los beneficios intangibles y los de responsabilidad futura. Estos beneficios pueden ser de gran envergadura y pese a que no se tenga justificado de manera cuantificada, ha de tenerse muy en cuenta para favorecer a la realización de este tipo de inversiones.

Como conclusión a este apartado, se comprueba que el tiempo de retorno de la inversión se sitúa en 12 años, considerando que la vida útil de la instalación es de 30 años, los resultados son más que favorables para la instalación de la red de distribución de calor en Lliria. En todo caso, se deberá calcular adicionalmente el efecto positivo que una posible subvención pública tendría sobre la viabilidad económica del proyecto.

8 PLANIFICACIÓN

La planificación de esta obra se detalla en el anejo nº 6 de la memoria “Diagrama de GANT”

El tiempo previsto para la implementación del *district heating* de Lliria es de 15 semanas.