



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica  
y del Medio Natural

Estudio de viabilidad técnico-económica para la  
implementación de una red centralizada de calor con  
biomasa forestal para los centros educativos de Moixent

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

AUTOR/A: Calatayud Milán, Blai

Tutor/a: Oliver Villanueva, José Vicente

Director/a Experimental: ARMENGOT CARBO, BRUNO

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

# **Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una red centralizada de calor con biomasa forestal para los centros educativos de Moixent.**

## **Resumen**

Se trata de un estudio de viabilidad técnico-económica para la instalación de una red de calor que emplee biomasa forestal local como fuente energética, con el fin de distribuir calor a los centros educativos de Moixent (Valencia), entre los cuales se encuentra el CEIP Pare Moreno, IES Moixent y la Escuela Infantil El Primer Pas.

Este sistema de calefacción ayuda a la disminución de gases de efecto invernadero, debido a que el combustible que usa es renovable, fomentan la creación de puestos de trabajo a nivel local y también disminuye el riesgo de incendios forestales, ya que disminuye la concentración de biomasa presente en los bosques derivado de las actuaciones silvícolas de limpieza del monte alrededor del municipio.

Este anteproyecto se divide en tres apartados claramente diferenciados:

A) El estudio de viabilidad técnica. Se realiza un estudio de la demanda energética de los edificios objeto de ser conectados a la red de calor, de la oferta de biomasa local que ofrece el municipio, siempre considerando la biomasa forestal residual, nunca priorizando el uso energético frente a otros de mayor valor añadido; y todo el diseño técnico de la red de calor.

B) Estudio de viabilidad económica. Se aborda el coste total de la instalación de la red de calor y el retorno de la inversión únicamente atendiendo a los criterios económicos en función del ahorro económico de la biomasa frente a los combustibles fósiles.

C) Conclusiones de la viabilidad técnico-económica.

El presente estudio seguirá la siguiente estructura:

Documento 1: Memoria y anexos

Documento 2: Planos

Documento 3: Presupuesto

A parte en este proyecto vamos a tratar varios objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la Agenda 2030, estos ODS son:

- Energía Asequible y No Contaminante
- Trabajo Decente y Crecimiento Económico
- Industria, Innovación e Infraestructura
- Ciudades y Comunidades Sostenibles
- Acción por el Clima

*Palabras clave: biomasa, red de calor, economía circular, energías renovables, silvicultura*

Autor: Blai Calatayud Milán

Tutor: José Vicente Oliver Villanueva

# **Estudi de viabilitat tècnic-econòmica per la implementación de una red centralitzada de calor amb biomasa forestal per als centres educatius de Moixent**

## **Resum**

Es tracta d'un estudi de viabilitat tècnic-econòmica per a la instal·lació d'una xarxa de calor que gaste biomasa forestal local com font energètica, amb el fi de distribuir calor als centres educatius de Moixent (Valencia), entre els quals es troba el CEIO Pare Moreno, IES Moixent i l'Escola Infantil El Primer Pas.

Aquest sistema de calefacció ajuda a la disminució de gasos d'efecte hivernacle, degut a que el combustible que gasta es renovable, fomenten la creació de llocs de treball a nivell local y també disminueix el risc d'incendis forestal, ya que disminueix la concentració de biomasa present en els boscos derivat de les actuacions silvícoles de netejja de les muntanyes d'alrededor del municipi.

Aquest anteprojete es divideix en tres apartats claramente diferenciats:

- A) El estudi de viabilitat tècnica. Es realitza un estudi de la demanda energètica dels edificis objecte de ser conectats a la red de calor, de la oferta de biomasa local que ofereix el municipi, sempre considerant la biomasa forestal residual, mai prioritant el us energètic front a altres de major valor anyadit; y tot el diseny tècnic de la xarxa de calor.
- B) Estudi de viabilitat econòmica. S'aborda el cost total de l'instal·lació de la xarxa de calor y el retorn de l'inversió unicament atenent als criteris econòmics en funció de l'estalvi econòmic de la biomasa front als combustibles fòssils.
- C) Conclusions de la viabilitat tècnic-econòmica.

El present estudi seguirá la següent estructura:

Document 1: Memòria i nexos

Document 2: Plànols

Document 3: Presupost

A banda en aquest projecte tractarem diversos objectius de desenvolupament sostenible proposats per l'Agenda 2030, aquests ODS són:

- Energia Assequible y No Contaminant
- Treball Decent y Creixement Econòmic
- Indústria, Innovació i Infraestructura
- Ciutats y Comunitats Sostenibles
- Acció pel Clima

*Paraules clau: biomasa, xarxa de calor, economia, energíes renovables, silvicultura*

Autor: Blai Calatayud Milán

Tutor: José Vicente Oliver Villanueva

# **Technical-economic feasibility study for the implementation of a centralized heat network with forest biomass for the educational centers of Moixent.**

## **Summary**

This is a technical-economic feasibility study for the installation of a heat network that uses local forest biomass as an energy source, in order to distribute heat to the educational centers of Moixent (Valencia), among which is the CEIP Pare Moreno, IES Moixent and the El Primer Pas Nursery School.

This heating system helps to reduce greenhouse gases, because the fuel used is renewable, promote the creation of jobs locally and also reduce the risk of forest fires, since it decreases the concentration of biomass present in the forests derived from the silvicultural actions of cleaning the mountain around the municipality.

This preliminary draft is divided into three clearly differentiated sections:

- A) The technical feasibility study. A study of the energy demand of the buildings to be connected to the heat network, of the supply of local biomass offered by the municipality, always considering the residual forest biomass, never prioritizing energy use over others of greater added value; and all the technical design of the heat network.
- B) Economic feasibility study. The total cost of the installation of the heat network and the return on investment are addressed only according to the economic criteria based on the economic savings of biomass compared to fossil fuels.
- C) Conclusions of the technical-economic viability.

The present study will follow the following structure:

Document 1: Report and annexes

Document 2: Plans

Document 3: Budget

Apart from this project we are going to deal with the various sustainable development objectives proposed by the "Agenda 2030", these SDO are:

- Affordable and Non-polluting Energy
- Decent Work and Economic Growth
- Industry, Innovation and Infrastructure
- Sustainable cities and communities
- Climate Action

*Keywords: biomass, heat network, circular economy, renewable energy, forestry*

Author: Blai Calatayud Milán

Tutor: José Vicente Oliver Villanueva

## ÍNDICE

DOCUMENTO Nº1. MEMORIA

DOCUMENTO Nº2. PLANOS

DOCUMENTO Nº3. CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS

DOCUMENTO Nº4. PRESUPUESTO

# DOCUMENTO Nº1

# MEMORIA

## ÍNDICE

1.	Antecedentes .....	4
2.	Objetivo .....	6
2.1.	Estudio de la viabilidad técnica .....	6
2.2.	Estudio de viabilidad económica.....	6
2.3.	Justificación de la elección del combustible .....	6
3.	Introducción al sistema de “District Heating” .....	8
3.1.	Ventajas e inconvenientes de un sistema de District Heating .....	8
3.2.	Experiencias anteriores .....	10
4.	Estudio de la viabilidad técnica .....	12
4.1.	Introducción .....	12
4.2.	Demanda energética .....	12
4.3.	Diseño de la red de distribución.....	13
4.4.	Selección de la caldera .....	13
4.5.	Red de distribución .....	15
4.6.	Generación y distribución del calor .....	15
4.6.1.	Central térmica.....	15
4.6.2.	Red de distribución .....	20
5.	Suministro de Biomasa.....	22
5.1.	Características de la biomasa a usar .....	22
5.2.	Proceso de transformación de la astilla .....	23
5.3.	Disposición de la biomasa en el término municipal.....	23
6.	Presupuesto .....	27
7.	Estudio de viabilidad económica.....	28
7.1.	Inversión.....	28
7.2.	Resultados económicos.....	28
8.	Conclusión .....	29

## 1. Antecedentes

El municipio de Moixent se encuentra al suroeste de la provincia de Valencia (figura 1). Es un pueblo de la zona interior, donde buena parte de los habitantes se dedican al sector primario, sobre todo a la agricultura. La actividad forestal también es muy importante en el municipio, ya que en Moixent hay dos empresas dedicadas al sector forestal primario, es decir a proyectos y trabajos forestales: Valenciana Forestal S.L. y Levanfor S.L. Además, la industria de base forestal también está presente en Moixent, concretamente mediante la empresa Lesmar Pellets S.L. (dedicada a la fabricación y distribución de pellets) y los aserraderos Maderas Camp Redó S.L. y Tomás Aserradero S.A. Todas ellas son PYMEs.

Moixent se encuentra en la comarca de La Costera, situada en un valle formado por la Sierra de Enguera al norte y la Serra Grossa al sur. Dentro de los límites del municipio encontramos 9.892 hectáreas (ha) de superficie forestal de las cuales 4.357 ha son montes de utilidad pública (MUP).

En el 1994 gran parte de la zona sur del municipio se vio afectada por un gran incendio que calcinó 2.035 ha. Esto demuestra la necesidad de realizar labores de gestión forestal sostenible para disminuir el riesgo y la intensidad de los incendios, como principal amenaza para los ecosistemas forestales de Moixent.

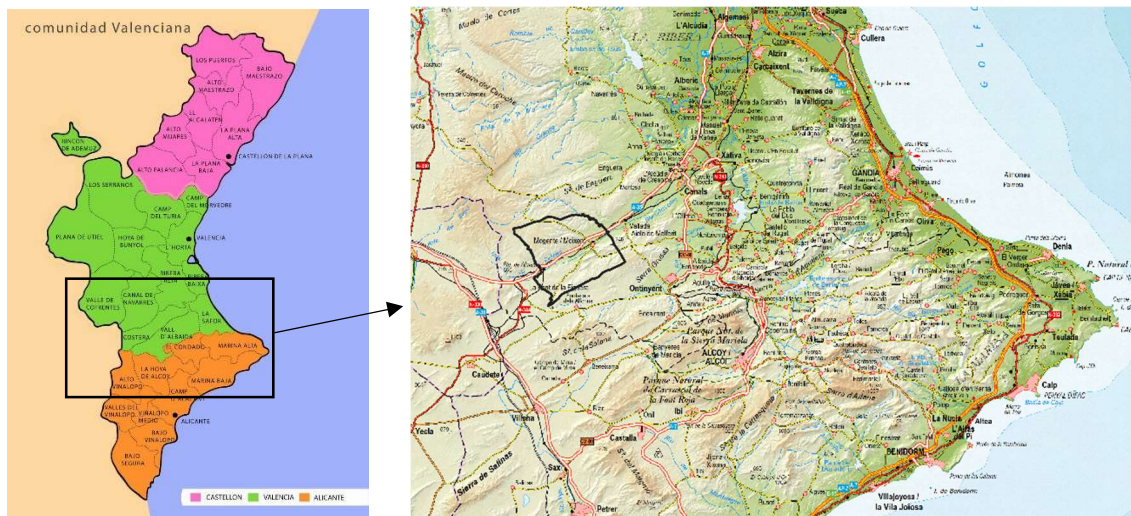


Figura 1. Ubicación de Moixent

Cada vez la sociedad es más consciente de la ausencia de gestión en los montes de la zona, lo que ha llevado a masas muy densificadas con alto contenido en combustible, lo que agravado con el cambio climático, el calor extremo en verano y las consiguientes condiciones severas de sequía en largos periodos de tiempo hace que el riesgo de incendio sea muy alto en la zona. Por ello, una posible solución es el aprovechamiento y la utilización de biomasa forestal residual como fuente de bioenergía frente a combustibles fósiles, por lo que en este trabajo se propone la



Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una red centralizada de calor con biomasa forestal para los centros educativos de Moixent

instalación de una caldera de biomasa para generar calor de forma centralizada suministrándolo a los centros educativos de Moixent.

## 2. Objetivo

El principal objetivo de este proyecto es la comprobación de la viabilidad técnico-económica de la instalación de una red centralizada de calor mediante calderas de biomasa forestal, la cual ofrecerá calor a los tres centros educativos de Moixent.

Con esta instalación se pretende reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), mejorar la calidad y la resiliencia de los bosques que se encuentren dentro de los límites de este municipio y de las localidades próximas, además de contribuir a mantener el empleo local, ya que en Moixent existen dos empresas dedicadas a la obtención de astilla y una empresa dedicada a la fabricación de pellets, a parte de las diferentes serrerías, las cuales podrían vender sus residuos también para biomasa.

### 2.1. Estudio de la viabilidad técnica

En el estudio se determinan las dimensiones que ha de tener la red a instalar. Para ello debemos cuantificar y conocer la demanda de energía térmica que tienen los edificios a los cuales les vamos a suministrar calor. Así, los edificios que se van a beneficiar de esta instalación son:

- Colegio de Educación Infantil y Primaria “Pare Moreno”
- Instituto de Enseñanza Secundaria de Moixent
- Escuela infantil “El Primer Pas”

El otro aspecto que debemos tener en cuenta para la instalación de esta red es la cantidad de biomasa de origen forestal de la cual disponemos en los MUP del municipio y su calidad como biocombustible para las calderas.

### 2.2. Estudio de viabilidad económica.

Tras la cuantificación de los costes de las calderas y sus instalaciones, en este estudio determinamos cuánto tiempo se va a necesitar para recuperar la inversión principal. Para ello vamos a tener en cuenta la diferencia de precio entre la biomasa forestal en forma de astilla y los combustibles fósiles (en este caso gasoil de calefacción), a parte de las diferencias económicas de los costes de mantenimiento.

### 2.3. Justificación de la elección del combustible

Para justificar el combustible que hemos elegido, se ha comparado los precios por KW/h de diferentes combustibles. También se ha tenido en cuenta la emisión de GEI y la generación de empleo local.

En la tabla 1, se muestra una comparativa de precios y poder calorífico de distintos combustibles. Para ellos se han usado tablas y páginas web de referencia, fundamentalmente del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico del Gobierno de España.

Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una red centralizada de calor con biomasa forestal para los centros educativos de Moixent

*Tabla 1. Comparación €/kWh Fuente: IDAE*

<b>Combustible</b>	<b>Poder Calorífico</b>	<b>€/KWh</b>
<b>Gasoil</b>	12,59 KWh/kg	0,1122
<b>Gas natural</b>	14,69 KW/kg	0,1344
<b>Astilla</b>	3,5 KWh/kg	0,0253
<b>Pellet</b>	4,8 KWh/kg	0,0740

### 3. Introducción al sistema de *District Heating*

Un *District Heating* (DH) es un sistema de distribución y producción de calor con una red centralizada. En un DH hay una caldera central que proporciona calor a los diferentes usuarios de esta red. La distribución se realiza mediante tuberías enterradas y aisladas térmicamente, por las cuales circula agua caliente, distribuyéndose mediante conducciones a una zona de viviendas, un barrio, o incluso a toda una ciudad.

Una vez los edificios que están conectados a esta red han usado el agua que necesitan para los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) de sus viviendas, estos devuelven el agua enfriada a la red para que se vuelva a calentar.

La figura 2 muestra un esquema simplificado de un DH.

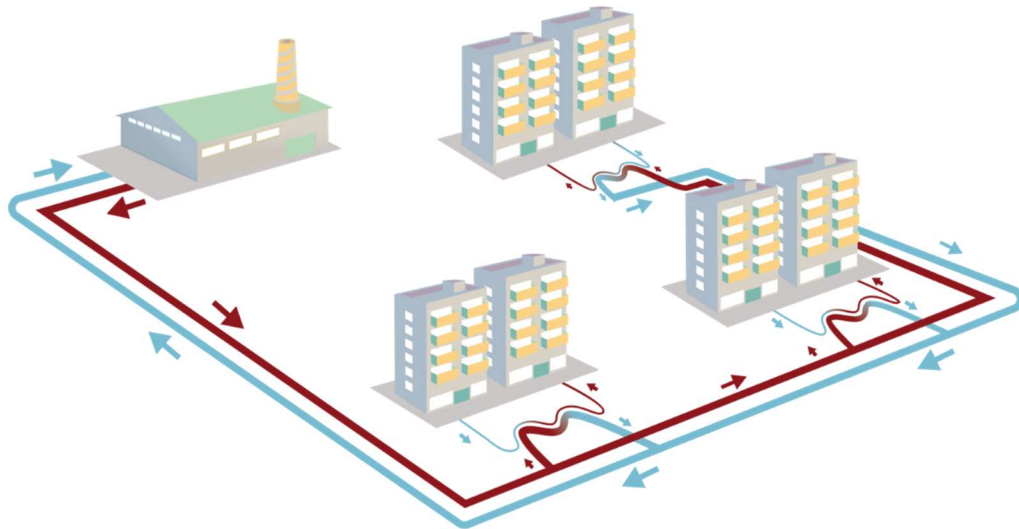


Figura 2. Red de Calor o District Heating. Fuente: Veolia

#### 3.1. Ventajas e inconvenientes de un sistema de *District Heating*

Un DH tiene ventajas importantes frente a la calefacción individual, que son principalmente:

- Reducción de costes: Como se trata de un sistema que tiene la producción y la distribución centralizada, el coste de mantenimiento es menor, ya que ese coste se divide entre más usuarios, al contrario que un sistema individual de calefacción cuyos costes recaen sobre su único usuario.
- Una eficiencia energética mayor: Los DH poseen un rendimiento energético superior si los comparamos con los sistemas de calefacción convencionales. Se entiende como rendimiento energético la relación entre la energía producida y consumida en un periodo de tiempo, es decir, para la misma cantidad de

energía demandada hace falta menos combustible, ya que no hay tantas pérdidas de calor.

- Reducción de contaminantes: Al ser un sistema más eficiente con calderas más potentes, la contaminación (principalmente la emisión de partículas sólidas PM 2,5 y PM 10) se reduce considerablemente, independientemente del combustible que se use. Además, se pasa de tener varios focos contaminantes a solo uno, siendo así más fácil el control y su filtrado.

El biocombustible que se va a usar para proporcionar calor es la biomasa de origen forestal, que presenta las siguientes ventajas frente a otros combustibles:

- Reducción del riesgo de incendios: El aprovechamiento de la biomasa forestal residual como combustible provendrá de los diferentes tratamientos silvícolas que se aplican en la ejecución del proyecto de ordenación de los MUP de Moixent, lo que implica una disminución de carga de combustible en el monte y una disminución del riesgo, vulnerabilidad e intensidad de los incendios.
- Menor dependencia del exterior: Siguiendo los objetivos marcados por la Unión Europea en el Pacto Verde Europeo, concretamente en lo referente a la promoción de estructuras locales de bioeconomía circular, al tratarse de un combustible local y renovable hace que dependamos menos de los combustibles fósiles (gas y gasoil) que provienen de otros países. Hay que tener en cuenta que en España la presencia de combustibles fósiles es muy reducida, por lo que dependemos casi totalmente de la importación desde los países que disponen de este tipo de combustibles.
- Generación de empleo local: Al tratarse de movilización de biomasa forestal disponible a nivel local, ello contribuye a la creación de empleo local en los trabajos de aprovechamientos forestales, logística de aprovisionamiento de astilla y mantenimiento y operación del DH, además del empleo necesario para la instalación de la red. Ya que en Moixent existen dos PYMEs forestales dedicadas a la obtención de astilla, por lo que más que crear empleo, en este municipio lo que produce usar biomasa forestal para el autoconsumo local es asegurar la permanencia y el futuro de estas empresas y sus trabajadores.
- Ahorro económico: La biomasa forestal en forma de astilla tiene un precio por unidad energética inferior a cualquier otro combustible como se muestra en la Tabla 2. Además, el aprovechamiento forestal contribuye de forma directa a la disminución de costes en las necesarias labores de prevención de incendios, ya que estamos eliminando carga de combustible en monte. A todo ello hay que añadir el ahorro de mantenimiento de una caldera centralizada frente a la suma de las calderas individuales.

Tabla 2 Comparación de precio por KWh de diferentes combustibles. Fuente: IDAE

Combustible	Poder Calorífico	€/KWh
Gasoil	12,59 KWh/kg	0,1122
Gas natural	14,69 KW/kg	0,1344
Astilla	3,5 KWh/kg	0,0253
Pellet	4,8 KWh/kg	0,0740

Sin embargo, los DH también tienen algunos inconvenientes, como los que se enumeran a continuación:

- Sobredimensionamiento: Diseñar y aplicar un sistema más grande de lo que se necesita supone un aumento económico en la instalación.
- Subdimensionamiento: Diseñar y aplicar un sistema más pequeño produce una limitación en el servicio y posible crecimiento del sistema.
- Paradas técnicas: Al tratarse de una red centralizada, si se produce una avería o parada, hay más usuarios que se quedan sin calefacción y ACS que si se produce en un sistema de calefacción individual
- Se precisa planificación urbanística: Un DH necesita una planificación, ya que se trata de una nave o edificio en el cual se encuentra la caldera principal más las tuberías que discurren por el subsuelo del municipio.
- Obras a nivel municipal: Las obras para enterrar las tuberías que distribuyen el calor a los distintos edificios son de carácter local, es decir, son obras más grandes y complejas que para la instalación de un sistema de calefacción individual.

### 3.2. Experiencias anteriores

Poco a poco la nueva construcción, tanto residencial como industrial, va incorporando la calefacción urbana - es decir, la distribución urbana de calor, incluso frío - debido a la necesidad creciente de lograr un suministro energético eficiente y renovable que reduzca el consumo de energía y también de las emisiones contaminantes. El desarrollo del DH en España aún está por detrás de otros países europeos, pero poco a poco va llegando a ciudades y zonas residenciales. Según AVEBIOM (Asociación Española de Biomasa), a través de su observatorio, en España contamos ya con 300 DH desarrollados y en marcha, mientras que en el conjunto de la Unión Europea son ya más de 5.000. A continuación, mostramos algunas experiencias similares sobre las que nos hemos basado para este trabajo:

- a) Todolella (Castellón): 200 kW de calor
- b) Olot (Girona) dos calderas de 600 kW de calor
- c) Cuellar (Segovia): 2,25 MW de calor
- d) Central Forum (Barcelona): 20/15,5 MW de calor/frío
- e) IFEMA (Madrid): 5.200 kW la caldera principal y 700 kW la caldera auxiliar
- f) ExpoZaragoza (Zaragoza): 15/20 MW de calor/frío

Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una red centralizada de calor con biomasa forestal para los centros educativos de Moixent

Además, en la Comunidad Valenciana hay algunos proyectos en fase de elaboración (Llíria, Alcoi, Benafer, etc.). Todo ello demuestra que los DH son viables, también en pequeños municipios y en nuestras regiones de clima mediterráneo.

## 4. Estudio de la viabilidad técnica

### 4.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es evaluar la viabilidad técnica para la instalación de un DH para los centros educativos del término municipal de Moixent. Primeramente, se debe saber cuántos usuarios van a tener acceso a este sistema (en nuestro caso los tres centros educativos) y la demanda energética de cada edificio, para así poder dimensionar la caldera central y la red.

### 4.2. Demanda energética

La demanda energética de los centros educativos se ha obtenido a través de los consumos anuales de combustible que tiene cada edificio. Para ello se ha solicitado la información sobre la cantidad de gasoil que consume actualmente cada centro. Los responsables de ceder los datos han sido la dirección del IES Moixent y el Ayuntamiento de Moixent, los cuales nos han proporcionado una media de los últimos tres años (tabla 2).

*Tabla 3. Gasto medio anual de combustible (gasoil) de los Centros Educativos. Fuente: Ayuntamiento de Moixent y IES Moixent*

Centro	Gasto de combustible (litros)
CEIP Pare Moreno	6.500
Escola Infantil El Primer Pas	3.200
IES Moixent	16.000

En total hay tres edificios conectados a la red de calor. Los dos centros de educación primaria e infantil pertenecen al Ayuntamiento de Moixent y el instituto de educación secundaria a la Generalitat Valenciana.

Con los datos cedidos podemos calcular las dimensiones de la red de calor. Teniendo en cuenta que los datos de los litros de gasoil consumidos corresponden a una media aritmética de los últimos años, para el cálculo de la caldera utilizaremos la suma de las medias más un 20% para tener una reserva de seguridad.

El cálculo de las demandas energéticas se puede observar en el anejo nº1 de Cálculos de Demanda Energética, Emisiones de CO<sub>2</sub> y Coste final de energía obtenida.



### 4.3. Diseño de la red de distribución

Una vez seleccionados los diferentes edificios que van a hacer uso del DH, se diseña la red de calor, buscando el recorrido más eficiente. Por otro lado, se considera que la temperatura de entrada será de 80°C mientras que la de salida será de 60°C. Además, la velocidad admisible estará entre 1 y 2 m/s. Esta velocidad se debe a motivos de eficiencia, conservación de materiales y para evitar pérdidas hidráulicas.

En la figura 3 se muestra un plano con la ubicación de la central térmica y de los tres edificios a suministrar, así como la distribución de las tuberías.



*Figura 3. Red de Tuberías del DH con localización de la caldera central y los tres edificios a suministrar*

### 4.4. Selección de la caldera

Para la selección de la caldera central se ha realizado un estudio de alternativas teniendo en cuenta algunos aspectos técnicos como p.e. que la marca de la caldera sea de un proveedor fiable, aparte de seguir unos requisitos mínimos de rendimiento y consumo energético. También se han comparado distintos precios con la potencia energética que nos aporta. Además se ha buscado que la caldera admita el tipo de combustible de origen forestal, con diferentes calidades de astilla en tamaños, contenidos de humedad y contenidos de corteza.

Para ello se ha realizado un estudio previo de las empresas que actúan dentro del ámbito energético nacional, teniendo en cuenta que faciliten la instalación y el mantenimiento de la caldera central y del resto de los componentes del DH.

Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una red centralizada de calor con biomasa forestal para los centros educativos de Moixent

Tras este estudio, la empresa seleccionada para el suministro de la caldera es TERMOSUM, la cual trabaja con la gama de calderas HERZ. Dentro de toda la gama de calderas que ofrece la empresa se ha elegido el modelo Herz BioFire, ya que es el modelo que alcanza la potencia requerida. Además, este modelo también acepta astillas G100 M50, esto quiere decir que puede funcionar con astillas de hasta 10 centímetros de longitud y con una humedad del 50%, lo que permite ahorrar costes en el suministro de la astilla.

Dentro de este modelo hemos elegido la versión “BioFire T-CONTROL P45S+ M50” con una potencia entre 300 y 600 kW, ya que para los tres edificios se calcula un consumo máximo de 413 kW. En la figura 4 se muestra la ficha con las especificaciones técnicas y el tamaño de la caldera.

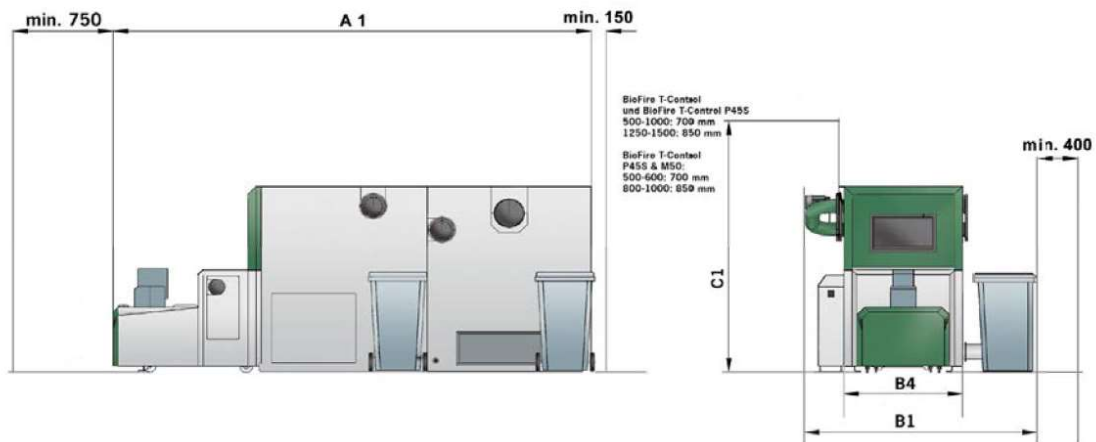


Figura 4. Esquema de la Caldera. Fuente: HERZ

Tabla 4 características de la Caldera Fuente: HERZ

<b>BioFire T-CONTROL P45S + M50</b>		<b>500</b>	<b>600</b>	<b>800</b>	<b>1000</b>
<b>Rango de potencia con astillas (kW)</b> Potencia nominal al 50 % de humedad		<b>250-500</b>	<b>300-600</b>	<b>400-800</b>	<b>500-1000</b>
<b>Dimensiones (mm)</b>					
A1	Longitud - total	4980	5285	5880	5880
C1	Altura	1990	2190	2470	2470
B1	Ancho total	2425	2425	2795	2795
B4	Anchura - caldera	1375	1375	1735	1735
<b>Datos técnicos</b>					
Peso de la caldera kg		5915	6796	10003	10003

Tabla 5 características de la Caldera Fuente: HERZ

Solo se va a instalar una caldera de rango de potencia de 300 a 600 kW, ya que en caso de que esté parada por un tiempo se usarán las actuales calderas de gasoil que tienen los edificios. Con ello nos aseguramos la continuidad del suministro de calor y ACS. Para hacer el cambio de calderas, se instalarán válvulas de apertura y cierre del acceso a las calderas de gasoil.

#### 4.5. Red de distribución

La red de distribución va a estar compuesta por tuberías flexibles RAUTHERMEX SDR 11 de la empresa fabricante REHAU. Estas tuberías están compuestas por un tubo interno que transporta el agua y que está fabricado con polietileno reticulado a alta presión PE-Xa. De forma intermedia lleva una capa de aislamiento de espuma con pentano. Finalmente dispone de una capa exterior corrugada con el fin de mejorar su flexibilidad y resistencia estática, fabricada con material PE-LLD con alta flexibilidad. La figura 5 muestra un ejemplo del tipo de tubería seleccionada.



Figura 5. Modelo de tubería seleccionada para el DH. Fuente: REHAU

La longitud final de la red de distribución es de 1.316 m, incluyendo ida y vuelta. Es decir, la longitud necesaria para llegar desde la central térmica hasta el tercer edificio más alejado (escuela infantil) es de 658 metros.

#### 4.6. Generación y distribución del calor

Una vez elegidos el tipo de caldera y el tipo de tuberías, se detallan a continuación las partes del sistema de generación y distribución de energía térmica:

1. Central Térmica
2. Red de distribución
3. Subestaciones de intercambio de cada edificio

##### 4.6.1. Central térmica

El edificio donde se ubica la central térmica va a ser el encargado de alojar todos los equipos de almacenamiento, producción, control y distribución de energía. El solar más cercano disponible y elegido para instalar la central térmica se ubica en el barrio de “Las Delicias”, en una antigua serrería. En esta zona, siguiendo el Plan General de Ordenación Urbana de Moixent, hay programada una futura expansión del municipio,

Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una red centralizada de calor con biomasa forestal para los centros educativos de Moixent

por lo que se podría hacer una ampliación de la caldera para abastecer a las nuevas viviendas. La figura 6 muestra la ubicación exacta elegida para la instalación de la central térmica.



Figura 6. Ubicación de la Central Térmica

La parcela catastral tiene un total de 5.773 m<sup>2</sup> de suelo urbano y es la parcela 37 del polígono 47559. La referencia catastral del inmueble es 4755937XJ9045F0001WE (figura 7).

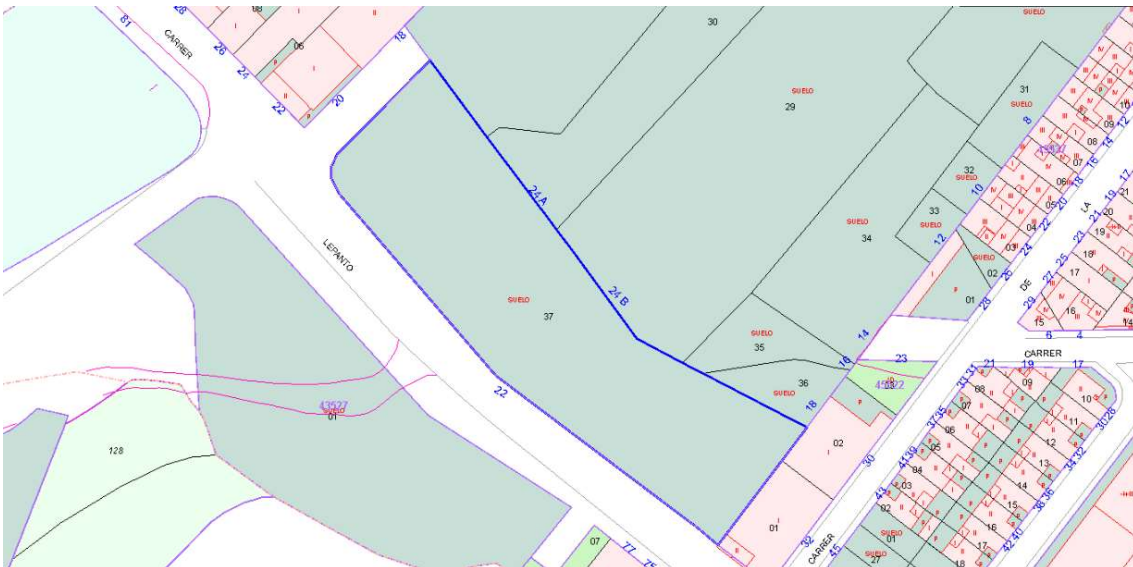
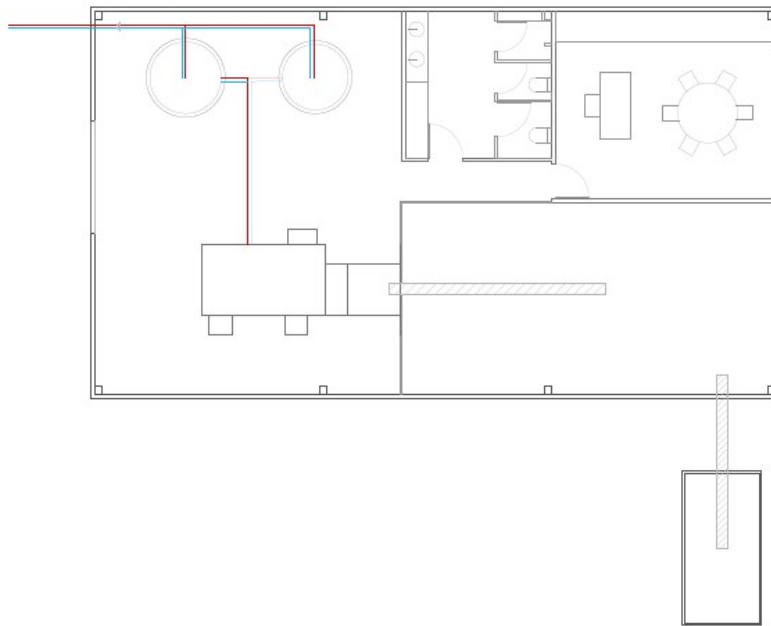


Figura 7. Parcela catastral para la ubicación de la central térmica. Fuente: Catastro

La central térmica ocupará un total de 180 m<sup>2</sup>, los cuales se corresponden a unas dimensiones de 10 m x 18 m. La nave donde se ubicará la central constará de dos partes (figura 8):

1. SILO donde se depositará la astilla, que será enterrado. Esta parte tiene unas dimensiones de 10 m de largo por 5 m de ancho y una media de 5 m de hondo, lo que hace que tenga una capacidad de 250 m<sup>3</sup>. Para su llenado se instalará una escotilla por la que se descargará la astilla que suministran los proveedores. Mediante un tornillo sinfín la astilla llega al silo.
2. EDIFICIO de la central térmica, donde se encontrarán los distintos componentes que forman esta central: sala de calderas con los elementos necesarios para la generación y distribución de calor, entre los cuales se encuentran la caldera, el depósito de inercia, el sistema eléctrico, las bombas y el vaso de expansión.



*Figura 8. Planta de la Central Térmica*

Toda la instalación estará vallada con el fin de evitar el acceso a todo el personal no autorizado y evitar así que se produzcan accidentes innecesarios.

A continuación se describen con detalle los componentes de la central térmica:

a) Caldera

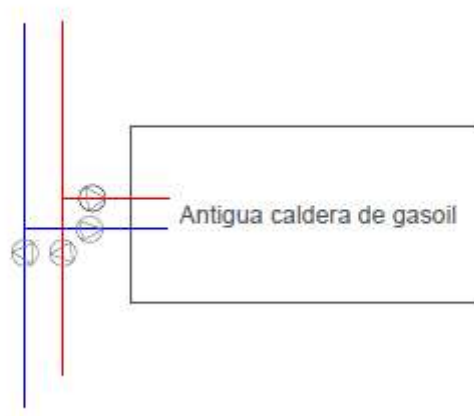
La caldera seleccionada es de la empresa TERMOSUN, que trabaja con calderas de la gama HERZ. Dentro de esta gama se ha elegido la gama de calderas HERZ BioFire y

concretamente el modelo BioFire T-Control P45S + M50. Se ha elegido este modelo debido a que es la que usa astilla con mayor porcentaje de humedad, lo que se traduce en un considerable ahorro de tiempo y dinero, evitando que la astilla esté seca o con bajos porcentajes de humedad.

Este tipo de calderas usa un combustible de 50mm de longitud, que según la normativa que se use se denomina P45S o G50, aunque puede alcanzar hasta 100mm de longitud. La clase P45S pertenece a la normativa europea UNE-EM ISO 17225-1:2014 y la clase G50 pertenece a la normativa austriaca ÖNORM M7133. Además, puede admitir astillas con un máximo de humedad hasta el 50%.

En el municipio de Moixent los centros escolares utilizan 413 kW aproximadamente, por lo que se ha elegido una caldera que produce entre 300 y 600 kW para así tener un margen de energía por si hay algún pico de demanda en algún momento concreto.

Los tres centros educativos de Moixent cuentan con calderas de gasoil, las cuales no se van a suprimir. Así, en caso de avería de la caldera de biomasa siempre vamos a tener una fuente de calor secundaria. Para poder dar servicio a las calderas actuales se instalarán una serie de válvulas para abrir y cerrar el acceso de agua a dichas calderas. A continuación, se muestra un esquema con las válvulas de apertura y cierre del circuito de agua para las calderas de gasoil (figura 9).



*Figura 9. Esquema de válvulas para cambiar de caldera*

#### b) Sistema de bombeo

Para la elección de las bombas se calculan los puntos de funcionamiento. Este proceso se muestra detallado en el anejo nº 3 y las pérdidas de carga de forma resumida en la tabla 4.

Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una red centralizada de calor con biomasa forestal para los centros educativos de Moixent

Tabla 6 Pérdidas de carga

Tramo	Q (l/h)	Φ (mm)	V (m/s)	J (mm.c.a/m)	L1 (m)	L elemento singular (5% L1)	L total	J*L (mmca)
Central-Punto1	18917	73,6	1,24	15,64	283	14,15	297,15	4648,25
Punto 1- Central	18917	73,6	1,24	15,64	283	14,15	297,15	4648,25
Punto 1- CEIP	6449	40,8	1,37	39,22	88	4,4	92,4	3623,60
Intercambiador (Idc 1)								1500,00
CEIP-Punto 1	6449	40,8	1,37	39,22	88	4,4	92,4	3623,60
Punto 1-Punto 2	12468	51,4	1,67	41,50	86	4,3	90,3	3747,56
Punto 2-Punto 1	12468	51,4	1,67	41,50	86	4,3	90,3	3747,56
Punto 2-IES	10748	51,4	1,44	32,01	52	2,6	54,6	1747,56
Intercambiador (Idc 2)								1500,00
IES-Punto 2	10748	51,4	1,44	32,01	52	2,6	54,6	1747,56
Punto 2- Escuela Infantil	1720	26,2	0,89	31,82	150	7,5	157,5	5012,06
Intercambiador (Idc3)								1600,00
Escuela Infantil-Punto 2	1720	26,2	0,89	31,82	150	7,5	157,5	5012,06
<b>Pérdida de carga total</b>								<b>42158,06</b>

Después de analizar la demanda de presión se opta por instalar una bomba centrífuga de eje vertical de la marca HASA, modelo VS 16-5.

c) Vaso de expansión

Para calcular el tamaño del vaso de expansión se han usado las pautas especificadas en la norma UNE 100155:2004, sugerida por el RITE. La instalación que se ha calculado para este DH contiene 20.650 l. Para esta red se ha elegido la marca AMR Plus, concretamente el modelo 700 AMR plus con capacidad para 700 l.

d) Sistema de control

Este sistema será el encargado de la gestión y monitorización de todo el funcionamiento de la central térmica. Se gestionará mediante un sistema centralizado de control de tipo BMS (*Building Management System*) debido a sus características, ya que permite controlar y regular el consumo energético en tiempo real, de forma automática y con parámetros elegidos por el usuario.

e) Depósito de inercia

Se recomienda su utilización sobre todo en los sistemas que trabajan con calderas de biomasa, ya que así se disminuyen las pérdidas estacionales de la instalación. Según RITE el volumen recomendable es de 20-30 l por kW instalado.

Para la instalación, la cual es de 600 kW si la caldera funciona a pleno rendimiento, necesitaríamos 15.000 l. Para ello se van a instalar dos depósitos: uno de 10.000 l y otro de 5.000 l.

#### **4.6.2. Red de distribución**

La red de distribución está compuesta por las tuberías y otros elementos que hacen que la red consiga llevar el agua a su destino final, en este caso, a los tres centros educativos.

A continuación, se muestran en detalle todos los elementos que componen la red de distribución.

##### **a) Tuberías**

Se utilizan tuberías flexibles RAUTHERMEX SDR 11 con un aislamiento de espuma de poliuretano y con una cubierta corrugada que le aporta unas excelentes propiedades energéticas y una gran resistencia estática. La red tiene una longitud total de 1.316 m, 658 m de ida y 658 m de retorno a la central.

##### **b) Zanjas**

Las zanjas se van a adaptar al tamaño de tubería que discurra por ellas. En total se proyectan cinco tipos de zanjas diferentes. Por ellas irá la tubería descrita anteriormente. Además también se pondrá un tubo de polietileno corrugado, el cual alojara los cables que se encargaran del control de la distribución.

En todas las zanjas la disposición de los materiales será la siguiente:

1. Primeramente, se pondrá una capa de unos 10 cm de arena para la protección de las tuberías.
2. A continuación, se pondrán las tuberías y se rellenará con arena hasta 10 cm por encima de éstas.
3. Finalmente, se instalarán los tubos de comunicaciones y se rellenará el resto de la zanja con material extraído durante la excavación.

##### **c) Tubos de comunicaciones**

Encima de la red de tuberías se instalará un tubo corrugado que alojará los cables de control y regulación. Este tubo quedará enterrado en una capa de arena compactada debajo de una capa de zahorra.

Después de la instalación de estos tubos hay que pasar los cables, por lo que los radios de curvatura no tienen que ser muy cerrados, facilitando su paso. También hay que asegurar la correcta conexión en las arquetas.

##### **d) Válvulas de venteo**

Estas válvulas se instalan para evitar los problemas debidos a la presencia de aire dentro de las tuberías. Para ello, las válvulas se instalan en los puntos más elevados de la instalación, ya que es donde se concentra el aire.

En la central térmica se instalará una válvula de venteo antes de la entrada de la bomba. También se instalará una válvula en cada subestación.



e) Acometidas

Las acometidas de los distintos centros se componen de piezas necesarias para realizar la conexión con la red principal. En el exterior de los edificios se pondrá una arqueta enterrada dónde se realizarán las conexiones necesarias para que llegue el agua caliente al interior de los centros. En la entrada a los centros se situará una brida estanqueizante. Para posibilitar la entrada se deberá realizar un barrenado y respetar una distancia mínima de 30 mm entre la ida y el retorno.

Para la obra civil se harán excavaciones y agujeros en el pavimento, por lo que luego se tendrá que volver a poner dicho pavimento.

Además, las acometidas cuentan con estos elementos singulares:

- Válvula termostática de regulación de caudal
- Purgador de aire
- Válvula de vaciado y llenado
- Contador de energía con memoria de datos
- Válvula de equilibrado hidráulico k-flow
- Válvula antirretorno
- Llave de paso
- Tapa de cierre

f) Subestaciones de intercambio

Estas subestaciones están compuestas por un intercambiador de calor de placas desmontables, válvulas, accesorios y aparatos de medida necesarios para la conexión a la instalación interior de cada centro.

Actualmente todos los edificios tienen instalada una caldera de gasoil, pero cada uno tiene una demanda energética diferente, por lo que cada intercambiador debe adaptarse a cada edificio. Se debe considerar que el intercambiador debe ofrecer unas temperaturas acordes a las que son necesarias en cada centro.

## 5. Suministro de Biomasa

El suministro de biomasa provendrá de los MUP que se encuentran en el municipio de Moixent, concretamente de los montes V-76 y V-77, los cuales pertenecen al ayuntamiento y tienen una superficie total de 4.357 ha. Estos montes, junto a los montes públicos del municipio vecino de Enguera, tienen un plan de ordenación conjunto, aprobado por la Generalitat Valenciana en 2013. En dicho plan se inventariaron existencias de 106.836 m<sup>3</sup> para el conjunto de los MUP de Moixent. Para la realización del inventario se tuvo en cuenta toda la superficie de los MUP, pero el plan solo prevé el aprovechamiento de los rodales con menos de un 40% de pendiente, que representan aproximadamente el 50% del total de la superficie forestal de estos montes. Con ello, que para el cálculo se estima utilizar únicamente la mitad del volumen inventariado.

En Moixent se encuentran dos empresas dedicadas a la producción de astilla forestal que suelen actuar en la zona (sur de la provincia de Valencia, norte de Alicante y este de Albacete), por lo que en caso de que no se pueda conseguir biomasa de los MUP del ayuntamiento, se podría proceder a la compra de astilla a estas empresas locales.

En total la caldera seleccionada y dimensionada tienen una potencia de 329.988 kWh y un rendimiento del 97,5%. El poder calorífico de la astilla al 30% de humedad es de 3,5 kWh/kg aproximadamente y de 2 kWh/kg si tiene una humedad del 50%, por lo que para satisfacer la necesidad de los centros educativos necesitaríamos entre 94 t/año y 165 t/año, según la humedad de la astilla. Si la caldera funciona al 100% debe usar astilla con una humedad del 40% aproximadamente, por lo que necesitaremos 110 t de este tipo de astilla. Esto corresponde a un total de unos cinco o seis camiones tráiler de astilla al año.

### 5.1. Características de la biomasa a usar

Como regla general, la biomasa forestal residual que vamos a usar para proporcionar calor procederá de tratamientos silvícolas selectivos para la eliminación de árboles muertos, rotos o doblados, con el fin de la producción de astilla de un tamaño máximo de 50 mm y de humedad en torno al 40-50%.

La astilla a extraer de los MUP de Moixent es prácticamente en su totalidad de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.), ya que es la especie arbórea que predomina en los bosques de esta población.

Como el precio de la madera está actualmente bastante devaluado, solo se sacarán de los montes pines doblados, enfermos o dominados, para que la vigorosidad del bosque crezca. Al sacar árboles defectuosos que por su morfología de fuste y calidad de madera no valen para aserraderos, se procederá a triturar los pinos enteros con

astilladora móvil autopropulsada (disponibles en las dos empresas forestales locales) en cargadero a pie de pista. Así formaremos la astilla que necesitamos para la caldera.

## 5.2. Proceso de transformación de la astilla

Para transformar los pinos enteros en astilla hay que seguir los siguientes pasos en la ejecución de los trabajos previstos en el proyecto de ordenación forestal:

- a) Apear los pies dominados, rotos y doblados, o árboles de zonas donde haya mucha densidad.
- b) Mediante un autocargador se realiza el desembosque y se llevan los árboles a un acopio, donde estos se apilan.
- c) Una astilladora autopropulsada, o en su defecto un tractor con una astilladora móvil enganchada procede a astillar los árboles enteros. Para ello usa la toma de fuerza del tractor y mediante una grúa va alimentando la astilladora. Según la criba que se le ponga a la máquina hará un tamaño de astilla u otro.
- d) La astilla procedente de la astilladora se carga a un camión portacontenedores que saca el material desde la zona de astillado hasta una zona donde un camión articulado pueda acceder sin dificultad, si el acceso de este tipo de camión no es posible a la zona de astillado.
- e) El camión tráiler con un remolque de tipo piso móvil es el encargado de llevar la astilla hasta su destino final, en este caso al silo de la central térmica en Moixent. Cabe destacar que este tipo de remolque tiene una capacidad de 100 m<sup>3</sup> aproximadamente, por lo que al silo de nuestra central le caben dos descargas, con las que tendremos un suministro de astilla para aguantar dos meses aproximadamente.

## 5.3. Disposición de la biomasa en el término municipal

El término municipal de Moixent, junto al municipio vecino de Enguera, redactaron un plan de ordenación para todos los MUP en el año 2013. En este plan se determinó que las existencias totales de biomasa aprovechable de los MUP de Moixent era de 106.836 m<sup>3</sup>, lo que equivale a 59.828 t. En el plan se prevén una media de 3.989 t al año, por lo que es más que suficiente para el suministro de astilla de la caldera que se pretende instalar. En los cantones priorizados se prescriben tanto aclareos de masas jóvenes regeneradas de forma natural sobre densificadas, sobre todo post-incendio, como claras preparatorias en masas adultas para la preparación de la regeneración natural, además de las actuaciones de tratamientos silvícolas de prevención derivados del plan local de prevención de incendios.

La demanda de suministro de astilla a cubrir es un máximo de 165 t/año, lo que equivale a unos 8 camiones.

En la tabla 5 se muestran las existencias para cada monte dividido por cuarteles.

Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una red centralizada de calor con biomasa forestal para los centros educativos de Moixent

Tabla 7 Existencias por cuartel y monte Fuente: Plan de Ordenación de los montes de Moixent y Enguera

• EXISTENCIAS POR CUARTEL EN EL MUP V-076

División dasocrática	Volumen moderable (m3)	EXISTENCIAS Tm
V-076	64106,28127	35899,51751
G	4270,67972	2391,580643
F	27100,05614	15176,03144
A	3007,112885	1683,983215
B	2396,561449	1342,074411
E	20147,79292	11282,76403
D	1669,504172	934,9223364
C	1971,845596	1104,233534
H	3542,728387	1983,927897
<b>Total general</b>	<b>64106,28127</b>	<b>35899,51751</b>

Tabla nº68. Existencias por cuartel en el MUP V-076

• EXISTENCIAS POR CUARTEL EN EL MUP V-077

División dasocrática	Volumen moderable (m3)	EXISTENCIAS Tm
V-077	42729,30025	23928,40814
G	1328,290921	743,8429155
F	12627,18052	7071,22109
A	1359,317293	761,217684
B	10759,63757	6025,397041
E	6770,561809	3791,514613
D	1504,074621	842,2817879
C	8380,237515	4692,933008
<b>Total general</b>	<b>42729,30025</b>	<b>23928,40814</b>

Tabla nº69. Existencias por cuartel en MUP V-077



Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una red centralizada de calor con biomasa forestal para los centros educativos de Moixent

Tabla 8 Plan de Corta para el MUP V-076 Fuente: Plan de Ordenación de montes de Enguera y Moixent

<b>Monte de Utilidad Pública V-076</b>				
<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>	<b>Cuartel</b>	<b>Cantón</b>	<b>Toneladas</b>
16/09/2013	15/09/2014	G	1-2-3-4	984
16/09/2014	15/09/2015	F	7	988
16/09/2015	15/09/2016	F	6-8.	1064
16/09/2016	15/09/2017	F	3-4-5.	990
16/09/2017	15/09/2018	F	1-9.	1636
16/09/2018	15/09/2019	F	2	1078
16/09/2019	15/09/2020	E	11-12-13.	1254
16/09/2020	15/09/2021	E	5-6-7-8-9-10	1040
16/09/2021	15/09/2022	E	1-3-4.	1030
16/09/2022	15/09/2023	E	2	1058
		H	1-3-4.	
16/09/2023	15/09/2024	H	2	1076
		A	1-2-3-5-6-7-8-9-10-11-12	
16/09/2024	15/09/2025	A	4	1042
		B	1-2-3-4-5-6-13-14-15	
16/09/2025	15/09/2026	B	7-8-9-10-11-12	1016
		C	1-2-10-11	
16/09/2026	15/09/2027	C	3-4-5-6-7-8-9-12	1022
		D	1-7.	
16/09/2027	15/09/2028	D	2-3-4-5-6-8-9	357

Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una red centralizada de calor con biomasa forestal para los centros educativos de Moixent

Tabla 8 Plan de Corta para el MUP V-077 Fuente: Plan de Ordenación de montes de Enguera y Moixent

<b>Monte de Utilidad Pública V-077</b>				
<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>	<b>Cuartel</b>	<b>Cantón</b>	<b>Toneladas</b>
16/09/2013	15/09/2014	B	1-2-3-4	328
16/09/2014	15/09/2015	B	6-7.	356
16/09/2015	15/09/2016	B	5-12-13-14-15-16	342
16/09/2016	15/09/2017	B	8	418
16/09/2017	15/09/2018	B	10	368
16/09/2018	15/09/2019	B	9-11.	352
		C	1-2-3-4-5-11-12-13-14-15	
16/09/2019	15/09/2020	C	6-7-8-9-10	320
		E	1-2.	
16/09/2020	15/09/2021	E	3-4.	346
		F	1-3.	
16/09/2021	15/09/2022	F	4	530
16/09/2022	15/09/2023	F	2-5-7.	270
16/09/2023	15/09/2024	F	6	302
16/09/2024	15/09/2025	F	8	550
16/09/2025	15/09/2026	G	1-2-3-4-5-6-7-8	360
		A	6-7-8.	
16/09/2026	15/09/2027	A	1-2-3-4-5	356
16/09/2027	15/09/2028	D	1-2-3-4-5-6	198

## 6. Presupuesto

En la tabla 8 se muestra el resumen del presupuesto para la red de distribución de calor para los centros de educación de Moixent.

*Tabla 9 Presupuesto de la Obra*

1 Movimiento de Tierras	1.320,30 €
2 Cimentaciones	8.141,85 €
3 Construcción de la Central Térmica	77.278,46 €
4 Instalación de los Componentes de la Central Térmica	150.634,34 €
5 Instalación de los Elementos de Distribución	23.231,00 €
6 Instalación Eléctrica	6.493,40 €
7 Instalación de la Red de tuberías	219.928,76 €
8 Acometidas	11.163,16 €
9 Gestión de Residuos	1.806,84 €
10 Seguridad y Salud	3.215,88 €
<hr/>	
<b>Presupuesto de ejecución</b>	<b>503.213,99 €</b>
13% de gastos generales	65.417,82 €
6% de beneficio industrial	30.192,84 €
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>598.824,65 €</b>
21% IVA	125.753,18 €
<b>Presupuesto de ejecución por contrata con IVA</b>	<b>724.577,83 €</b>

## 7. Estudio de viabilidad económica

En este apartado se resumen los resultados obtenidos del estudio de viabilidad económica, los cuales se detallan en el anejo nº4.

### 7.1. Inversión

La inversión necesaria para conseguir que la instalación de DH funcione de manera correcta es de 724.578 €, sin contar el precio del combustible que vamos a usar.

### 7.2. Resultados económicos

En este apartado se valoran los beneficios económicos que se obtienen al usar astilla como combustible en sustitución del gasoil. Los cálculos se detallan en el Anexo IV.

El ahorro calculado es de 26.647 € al año al usar biomasa como combustible. Esto se debe al bajo precio que tiene este material en comparación con el gasoil que se utiliza actualmente. Aparte del dinero que ahorramos, también hay beneficios secundarios que deben ser tenidos en cuenta, como el beneficio de la empresa que se encarga del suministro de astilla, el ahorro del mantenimiento de las calderas actuales y el potencial ahorro en cuanto a extinción de incendios evitados por los tratamientos silvícolas para extraer la biomasa forestal residual.



## 8. Conclusión

Después de realizar los cálculos necesarios y analizar los resultados extraídos, podemos concluir que la instalación de una red de distribución de calor o DH para los tres centros educativos de Moixent es viable técnicamente, pero no económicamente si no se reciben ayudas públicas (fundamentalmente subvenciones), ya que como podemos ver en el anejo 4, para un periodo de 30 años no conseguimos amortizar la inversión inicial.

Ayudas públicas existentes tanto en la Generalitat Valenciana (p.e. IVACE) como en la Administración General del Estado (p.e. ayudas IDAE del MITECORD) deben movilizarse para este proyecto. Aunque hemos visto que no es rentable si no se reciben estas ayudas, hay que remarcar los beneficios ambientales (gestión forestal sostenible para la prevención de incendios, contribución activa a la mitigación del cambio climático por ahorro de emisiones GEI) y sociales (empleo local y contribución a la bioeconomía circular) que puede aportar este proyecto a un municipio con muchos recursos forestales y con masas abandonadas en su gestión altamente vulnerables a los incendios.