



industriales  
etsii

Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

## VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS DE LA CIUDAD DE MURCIA

TRABAJO FIN DE MASTER

MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: **ANTONIO PÉREZ PUJALTE**  
Director: **FRANCISCO VERA GARCÍA**

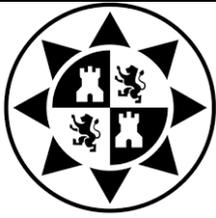


Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Murcia, a 6 de Octubre de 2018

# **ÍNDICE DEL PROYECTO.**

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.

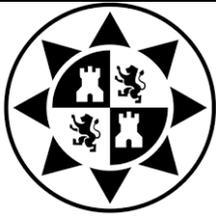


VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA  
MEMORIA DESCRIPTIVA



# ÍNDICE

1. Antecedentes.....	1
2. Objeto del proyecto.....	1
3. Alcance.....	2
4. Emplazamiento.....	6
5. Reglamentación industrial aplicada.....	14
6. Descripción de las instalaciones y equipos de medición.....	15
6.1 Palacio de los Deportes de Murcia.....	16
6.2 Príncipe de Asturias.....	18
6.3 Pabellón Infante.....	20
6.4 Pabellón San Basilio.....	22
6.5 Pabellón Javalí Viejo – La Ñora.....	24
6.6 Pabellón Javalí Nuevo.....	26
6.7 Pabellón Cabezo de Torres.....	28
6.8 Pabellón El Esparragal.....	29
6.9 Pabellón Zarandona.....	30
6.10 Pabellón Sangonera la Seca.....	31
6.11 Pabellón Sangonera la Verde.....	32
6.12 Pabellón Beniaján.....	34
6.13 Pabellón Zeneta.....	36
7. Climatología de la zona a estudiar.....	38
8. Medidas de ahorro y eficiencia energética.....	41
9. Descripción de la demanda.....	42
10. Instalación solar térmica.....	47
11. Instalación Caldera de Biomasa.....	53
<b>12. Análisis de rentabilidad.....</b>	<b>61</b>
<b>13. Comparativa instalaciones.....</b>	<b>62</b>
<b>13.1 Instalaciones Actuales.....</b>	<b>62</b>
<b>13.2 Cambio a Gas Natural.....</b>	<b>66</b>
<b>13.3 Cambio a Gas Natural con aporte solar térmico.....</b>	<b>78</b>

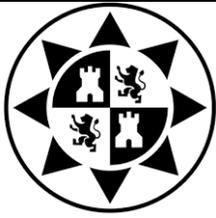


VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



MEMORIA DESCRIPTIVA

<b>13.4 Cambio a Biomasa.</b> .....	86
<b>13.5 Comparativa gas natural y energía solar térmica.</b> .....	92
<b>14. Resumen Global.</b> .....	99
<b>15. Bibliografía.</b> .....	104
<b>16. Agradecimientos.</b> .....	105
<b>17. Conclusión a la memoria.</b> .....	105



## **1. Antecedentes**

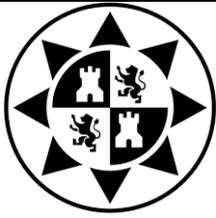
Ante la propuesta de realización del Trabajo Fin de Master, para la obtención del título de Master en Energías Renovables, por parte del Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Politécnica de Cartagena, se elabora el proyecto de *“Viabilidad técnico-económica y reducción de gases de efecto invernadero por la sustitución de calderas de gasóleo por gas natural y con el máximo aporte de energía solar térmica disponible en centros deportivos de la ciudad de Murcia”* por parte del alumno Antonio Pérez Pujalte y bajo la dirección del profesor Don Francisco Vera García.

## **2. Objeto del proyecto**

El objetivo principal de este trabajo fin de máster es el estudio de viabilidad de la sustitución de las calderas de gasóleo de los centros de deportivos de la ciudad de Murcia por calderas de gas natural con aporte de energía solar térmica.

Este objetivo se puede dividir en la consecución de los siguientes objetivos específicos:

- Obtención de la demanda energética real y optimización de esta para diferentes centros deportivos de la ciudad.
- Realización de un estudio detallado de la reducción sobre las emisiones de gases de efecto invernadero al cambiar el tipo de combustible por Gas Natural.
- Realizar un estudio de viabilidad técnica y económica para diferentes tipos de centro deportivo en función de la demanda energética.
- Calcular el máximo de disponibilidad de energía solar en función de la superficie disponible y del costo de cada instalación solar proyectada.
- Comparar el efecto que tiene sobre la calificación energética de estos edificios según normativa.

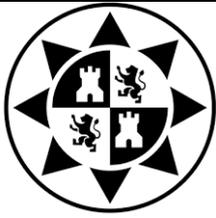


### **3. Alcance**

En el desarrollo del proyecto pueden apreciarse varias fases para la consecución del mismo, desde recopilación de información, trabajo de campo hasta el análisis de resultados:

- Fase I: Preparación de la recogida de datos y recopilación de la información preliminar.
  - En primer lugar se hará una recopilación de la documentación necesaria así como la normativa referente a instalación de calderas de gasóleo, gas natural y biomasa y energía solar.
  - Seguidamente se realizará una agenda de trabajo para la visita a cada centro deportivo al igual que se entregará al Ayuntamiento un listado de cuestiones referentes al estudio que se va a realizar con el objetivo de que suministren dicha información.
  - Se recopilará toda la información disponible de los consumos publicados y disponibles a través de las agencias implicadas.
  
- Fase II: Campaña de toma de datos de cada una de las instalaciones.
  - Identificación de las características de la caldera actual utilizada para cada una de las instalaciones deportivas sujetas a estudio.
  - Calculo del Consumo Energético. Este consumo energético será proporcionado en base al consumo de combustible que tiene cada una de las instalaciones.
  - Calculo de la Eficiencia nominal y real (si se disponen datos) de las calderas en funcionamiento actual.

Tipo de combustible utilizado. En principio, las calderas utilizadas en las instalaciones son de gasóleo C, a no ser que se encuentre una diferencia en el proceso de identificación de las instalaciones



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



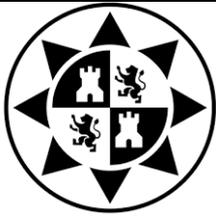
Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 3 de 105

térmicas, el estudio se hace en base a este combustible para la comparación.

- Tipología y horario del uso de la energía térmica, en el caso de que se dispongan datos suficientes para hacer un estudio de la demanda por cada instalación, si no se dispusiera de datos se establecerá un horario estándar para cada tipo de consumo de energía térmica.
  - Facturación de combustible (Los datos de facturación serán proporcionados por el servicio de Ayuntamiento de Murcia interesado en los resultados de este proyecto).
- Fase III: Análisis de los datos recopilados en la toma de datos.
    - Análisis de los consumos temporales y con estacionalidad (en el caso de la disponibilidad de los datos).
    - Estudio comparativo de los posibles ahorros tanto energético como en emisiones de CO<sub>2</sub> en el caso de sustitución de calderas por otras más eficientes y/o que utilicen otro tipo de combustible (se analizará el uso de calderas de Gas Natural).
    - Valoración preliminar de la inversión necesaria para acometer la sustitución de los sistemas térmicos propuestos o descripción preliminar de la nueva instalación propuesta, haciendo uso de las instalaciones existentes para su aprovechamiento, si fuese posible.
    - Posibilidad de introducción de sistemas de aporte solar térmico en las instalaciones en función de su disposición, uso y limitaciones arquitectónicas o técnicas.
  - Fase IV: Propuesta de las posibles acciones de mejora para reducir demanda de energía primaria.



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APOORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA

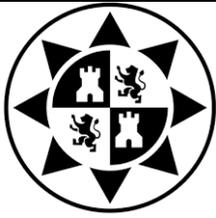


Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 4 de 105

- Posibles acciones de mejora de la eficiencia energética y de los ahorros en el consumo energético.
  1. Sustitución de calderas de Gasóleo C por Calderas de Gas Natural.
  2. Sustitución de calderas de Gasóleo C por Calderas de Biomasa.
  3. Valoración de la introducción de sistemas de captación solar térmica.
- Estudio de viabilidad económica para cada caso con estimación de los ahorros económicos debidos a la reducción del consumo energético.
- Recomendación de la opción más adecuada. Valoración de optimo tipo de caldera en función de:
  1. Existencia de suministro de gas cercano o condicionantes particulares de cada caso sujeto a estudio.
  2. Compatibilidad del resto de las instalaciones existentes con la sustitución de la caldera.
- Fase V: Diseño preliminar de instalación solar térmica de aporte de energía térmica y su viabilidad.
  - Características del sistema de captación solar si existe y estimación de su producción-aportación térmica o Viabilidad de incluir instalación solar térmica en el pabellón deportivo que lo permita.
  - Realización del esquema de la instalación propuesto.
  - Porcentaje de la aportación solar al consumo de energía térmica.
  - Valoración económica de la instalación propuesta incluido el sistema contabilización energía solar térmica y control o ahorro en el consumo de energía, facturación energética y reducción de emisiones de CO2 frente a la situación actual.
- Fase VI: Elaboración de informes.



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA

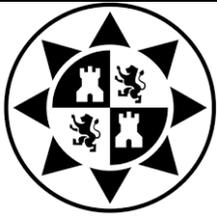


Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 5 de 105

- Obtención de las conclusiones más relevantes del estudio realizado.
- Realización de un informe detallado por instalación, indicando los consumos actuales, las mejoras y la viabilidad técnico-económica de estas mejoras.
- Desarrollo de una memoria detallada que incluya la metodología utilizada, las medidas tomadas y las alternativas desarrolladas para la mejora de las instalaciones estudiadas.



## 4. Emplazamiento

Concretamente en el presente proyecto se analizarán trece centros deportivos, a continuación se muestran los planos de situación y emplazamiento de cada uno de ellos, dado que todos se encuentran en el área urbana del municipio de Murcia y pedanías solo se incluirá un plano de situación extraído del portal del Ayuntamiento de Murcia:

Murcia:

1. Palacio de los Deportes. (Avenida del Rocío).
2. Príncipe de Asturias. (Juan Carlos I).
3. Infante Don Juan Manuel.
4. San Basilio.

Pedanías:

1. Beniaján (9).
2. Cabezo de Torres (10).
3. El Esparragal (20).
4. Javalí Nuevo (24).
5. Javalí Viejo (25).
6. Sangonera la Seca (43).
7. Sangonera la Verde (44).
8. Zarandona (51).
9. Zeneta (52).

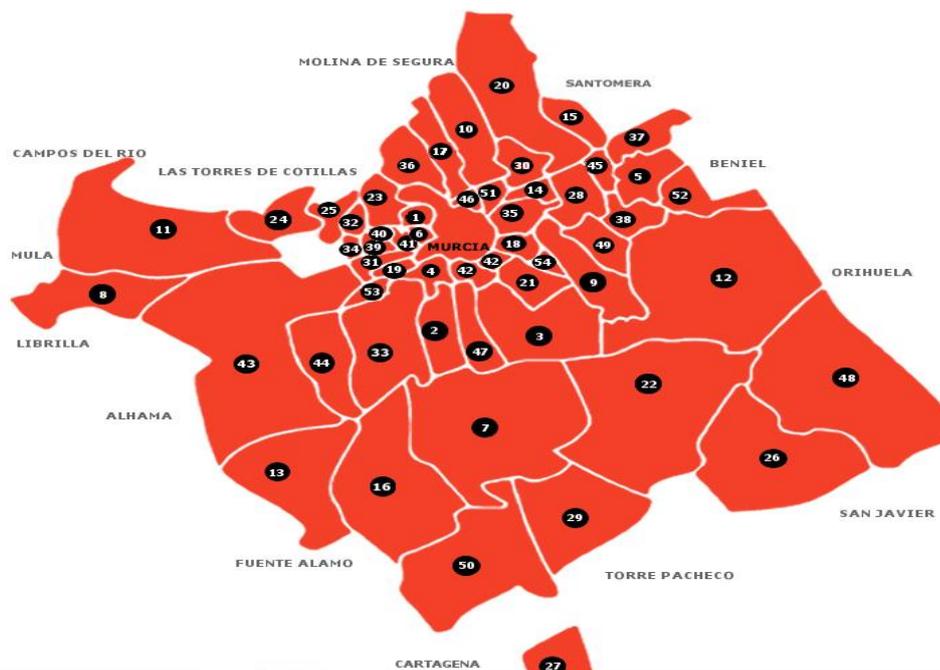
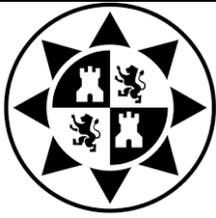


Figura 1. Plano municipio de Murcia.



- **Palacio de los deportes**

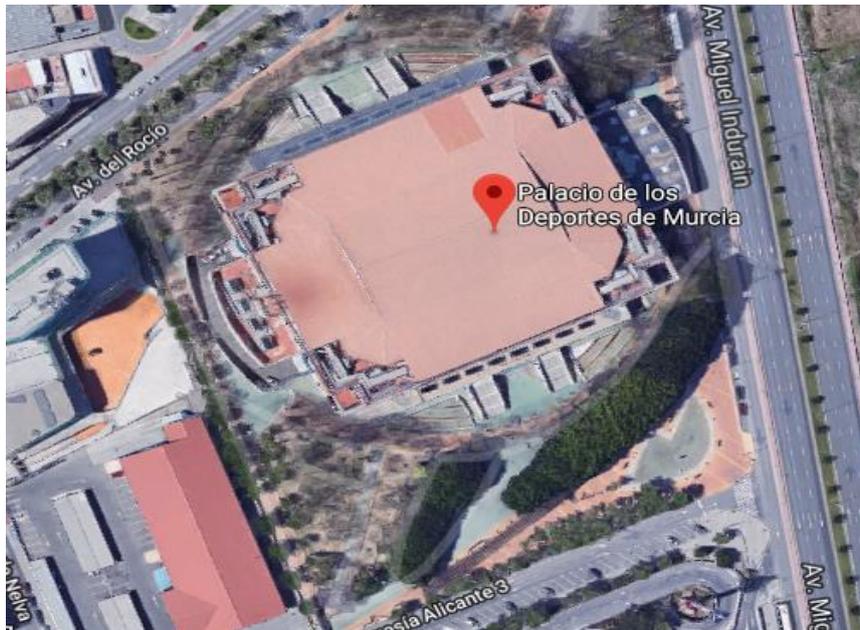
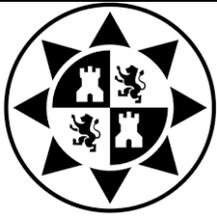


Figura 2. Emplazamiento Palacio de los deportes. “Planos extraídos de Google Maps”

- **Príncipe de Asturias**





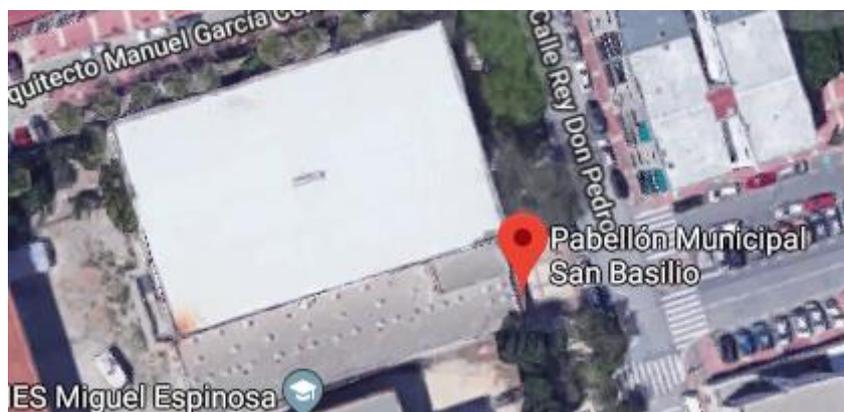
**Figura 3. Emplazamiento Príncipe de Asturias. “Planos extraídos de Google Maps”**

- **Infante Juan Manuel**

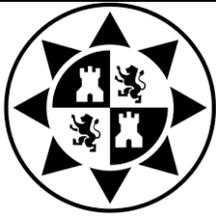


**Figura 4. Emplazamiento Infante Juan Manuel. “Planos extraídos de Google Maps”**

- **San Basilio**



**Figura 5. Emplazamiento San Basilio. “Planos extraídos de Google Maps”**



- **Sangonera la Verde**

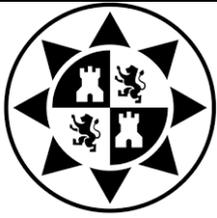


Figura 6. Emplazamiento Sangonera la Verde. “Planos extraídos de Google Maps”

- **Sangonera la Seca**



Figura 7. Emplazamiento Sangonera la Seca. “Planos extraídos de Google Maps”



- **Javalí Nuevo**

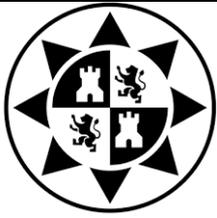


Figura 8. Emplazamiento Javalí Nuevo. “Planos extraídos de Google Maps”

- **Javalí Viejo-La Ñora**



Figura 9. Emplazamiento Javalí Viejo-La Ñora. “Planos extraídos de Google Maps”



- **Cabezo de Torres**

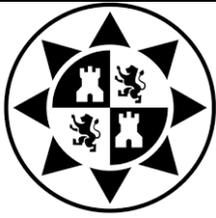


Figura 10. Emplazamiento Cabezo de Torres. “Planos extraídos de Google Maps”

- **El Esparragal**



Figura 11. Emplazamiento El Esparragal. “Planos extraídos de Google Maps”



- **Zarandona**

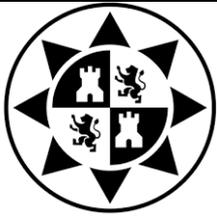


Figura 12. Emplazamiento Zarandona. “Planos extraídos de Google Maps”

- **Beniaján.**



Figura 13. Emplazamiento Beniaján. “Planos extraídos de Google Maps”



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

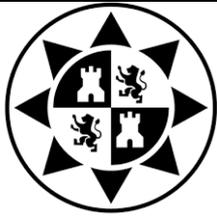
MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 13 de 105

- Zeneta



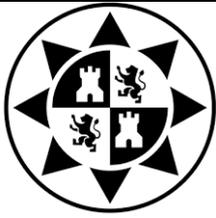
Figura 14. Emplazamiento Zeneta. “Planos extraídos de Google Maps”



## **5. Reglamentación industrial aplicada.**

Para la realización de este proyecto, ha sido necesaria la aplicación de distintas normas que garantizan una toma de decisiones coherente con las distintas normativas, ya sean de carácter obligatorio o recomendadas:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), Real decreto 1027/2007.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), Real decreto 314/2006, Documento Básico de Salubridad DB-HS.
- Orden FOM/1635/2013 por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE “Ahorro de Energía”, del Código Técnico de la Edificación.
- Directiva 2012/27/UE del Parlamento y Consejo europeo sobre Eficiencia Energética.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), por la que se publica la resolución de 6 de marzo de 2017, por la que se establecen las bases reguladoras de la segunda convocatoria del programa de ayudas para actuaciones de rehabilitación energética de edificios existentes (PAREER II).
- Norma UNE 157001:2014, Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrónico de baja tensión.
- RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- RD 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- RD 1853/1993, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales.
- RD 1618/1990, de 4 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de Calefacción y Climatización y Agua caliente sanitaria con el fin de racionalizar su consumo.

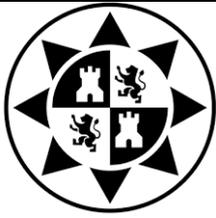


## **6. Descripción de las instalaciones y equipos de medición.**

En este apartado se describirán cada uno de los centros a estudiar en el presente proyecto y características de las instalaciones con una pequeña ficha técnica. Antes se describirá los equipos de medida y software utilizados para llevar a cabo dicho estudio.

- Software.
  - Hoja de cálculo: Excel.
    - Cálculo y diseño del sistema térmico, así como el estudio de amortización y viabilidad.
  - TRANSOL.
    - Modelado del sistema solar térmico.
  - VPCLIMA.
    - Análisis de cargas térmicas por calefacción.
  
- Equipos de medida.
  - TESTO. Equipo de medida de emisiones, rendimientos y funcionamiento en calderas y equipos térmicos.
  - Analizador de redes eléctricas FLUKE. Sistema de medida y análisis del comportamiento y rendimiento de equipos eléctricos.
  - Higrómetros, termómetros (termopares, termoresistencias, etc) manómetros, y sistemas básicos destinados medidas de sistemas térmicos.

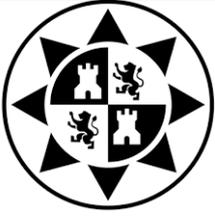
A continuación se describe mediante fichas individuales las características más importantes de las instalaciones estudiadas.



## **6.1 Palacio de los Deportes de Murcia.**

### **Palacio de los Deportes**

Calle: Avenida del Rocío 7	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 37°59'38" Norte, 1°6'45" Oeste
<p>El pabellón se encuentra en la avenida del Rocío. Es el centro deportivo con mayor afluencia de usuarios en toda la ciudad, en el disputan partidos oficiales el equipo de fútbol sala El Pozo Murcia o el de baloncesto UCAM Murcia entre otros La red de gas más próxima se encuentra a unos 80 metros del edificio según los datos aportados por Redexis, por lo que se considerará óptima su entronque con la misma debido al gran número de usuarios que utilizan las instalaciones. El pabellón cuenta con una terraza de unos 420 m<sup>2</sup> aproximadamente para la instalación de colectores con una orientación sureste.</p>		
<p>El pabellón se constituye de un único edificio con sistema de calefacción y refrigeración tanto en oficinas y vestuarios como en pista.</p>		
<p>El número máximo de usuarios aproximado es de 1.500 y el mínimo 500.</p>		
<p>La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Dos calderas de ACS (solo una en funcionamiento) y una de calefacción.</li><li>2. Cuatro acumuladores de ACS de 4.000 litros cada uno (funcionan 3).</li><li>3. Dos depósitos de gasóleo de 30.000 litros (2 recargas anuales).</li><li>4. Dos grupos de bombeo con cuatro bombas cada uno.</li><li>5. Ocho compresores para refrigeración.</li><li>6. Cuatro torres de refrigeración.</li><li>7. Tres transformadores de 1.000 KVA.</li><li>8. No dispone de energía solar térmica.</li></ol>		



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA

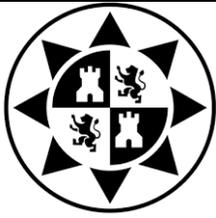


Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 17 de 105





## 6.2 Príncipe de Asturias.

### Príncipe de Asturias

Calle: Juan Carlos I s/n	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 37°59'51" Norte, 1°8'12" Oeste
-----------------------------	--------------------	---

El pabellón se encuentra en la avenida Juan Carlos I de Murcia, donde hay también pistas de baloncesto en su exterior. Se encuentra en una de las zonas más pobladas y transitadas de la ciudad y situado al lado de la biblioteca regional y el centro de ocio "Zig-Zag", esto implica una zona activa y de elevado tráfico. La red de gas se encuentra cerca de las calles colindantes e incluso en la misma avenida según los datos aportados por Redexis. Por lo tanto, se considera factible la posibilidad de entronque con la red de gas para dar suministro. El espacio para la carga al silo de biomasa se encuentra algo limitado para la entrada de un camión de grandes dimensiones. Cuenta con una superficie de cubierta de unos 5.400 m<sup>2</sup> aproximadamente de los cuales 2.000 serían útiles para la instalación solar (ya hubo placas solares en dicha cubierta).

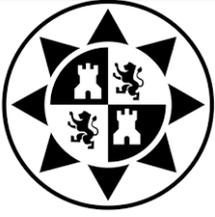
El pabellón se constituye de un único edificio y no cuenta con sistema de refrigeración.

El número máximo de usuarios aproximado es de 1.500 y el mínimo 300.

La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:

1. Una caldera de ACS ROCA TD-200 232,6 KW.
2. Dos acumuladores de ACS de 5.000 litros cada uno.
3. Un depósito de gasóleo de 10.000 litros (1 recarga anual).
4. Un grupo de bombeo con cuatro bombas.
5. No dispone de energía solar térmica.





VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA

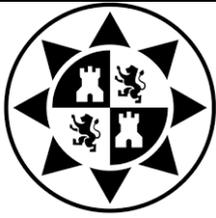


Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 19 de 105





### 6.3 Pabellón Infante.

#### **Pabellón Infante**

Calle: Avenida Pío Baroja	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 37°58'34" Norte, 1°7'16" Oeste
------------------------------	--------------------	---

El pabellón se encuentra en la avenida Pío Baroja al sur de la ciudad de Murcia colindante con el río Segura. Se encuentra en un barrio muy transitado ya que en él se sitúan otros edificios públicos como policía local y bomberos, el hospital Quirón y dos varios centros educativos como el IES Floridablanca o Saavedra Fajardo. La red de gas natural se encuentra disponible y la toma más cercana esta apenas a 30 metros del pabellón. Por lo tanto, resultará una opción viable para el cambio de caldera de gasóleo a gas. El pabellón cuenta con muy poca superficie para la instalación de colectores solares:



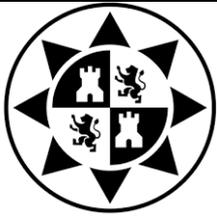
La zona marcada de amarillo es la que se recomienda para la instalación de colectores, también se podrían colocar en la parte baja con el inconveniente de las sombras que proyectan los pilotes, o crear una estructura metálica entre las columnas de hormigón y sobre ella colocar los colectores solares con el inconveniente de incremento de precio por obra civil.

El pabellón se constituye de un único edificio y no cuenta con sistema de refrigeración.

El número máximo de usuarios aproximado es de 300 y el mínimo 100.

La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:

1. Una caldera de ACS ROCA GO 50/40 GT 49,8 KW y una caldera de calefacción ROCA GO 50/55 GT 67,6 KW (no funciona) .
2. Un acumulador de ACS de 3.000 litros.
3. Un depósito de gasóleo de 10.000 litros (1 recarga anual).
4. Un grupo de bombeo con cuatro bombas.
5. No dispone de energía solar térmica.



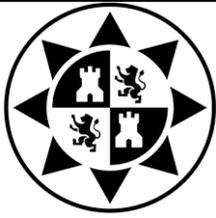
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA

Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 21 de 105





## 6.4 Pabellón San Basilio.

### **Pabellón San Basilio**

Calle: Rey Don Pedro I	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 37°59'41" Norte, 1°8'40" Oeste
---------------------------	--------------------	---

El pabellón se encuentra en la calle rey Don Pedro I de la ciudad de Murcia. Se encuentra en un barrio muy transitado en plena ciudad, en él se encuentran la escuela oficial de idiomas de Murcia, la sede del diario La Opinión y el IES Miguel de Cervantes entre otros. La red de gas natural se encuentra disponible y la toma más cercana esta apenas a 20 metros del pabellón. Por lo tanto, resultará una opción viable para el cambio de caldera de gasóleo a gas. El pabellón cuenta con una terraza de unos 550 m<sup>2</sup> aproximadamente para la instalación de colectores situada a una altura de tan solo 3-3,5 metros y con el IES Miguel Espinosa justo delante lo que da lugar a sombras que disminuyen la producción.



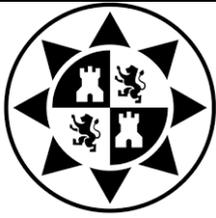
La zona marcada de amarillo es la que se recomienda para la instalación de colectores.

El pabellón se constituye dos edificios conectados, pista con techo panel sándwich y vestuarios de terraza plana, no cuenta con sistema de refrigeración.

El número máximo de usuarios aproximado es de 300 y el mínimo 100.

La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:

1. Una caldera de ACS FERROLI HF5 49,8 KW y una caldera de calefacción FERROLI HF7 67,6 KW (no funciona).
2. Dos depósitos de ACS de 1.000 litros (uno fuera de servicio).
3. Un depósito de gasóleo de 10.000 litros (1 recarga anual).
4. Un grupo de bombeo con cuatro bombas.
5. No dispone de energía solar térmica.



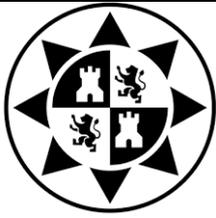
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA

Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 23 de 105

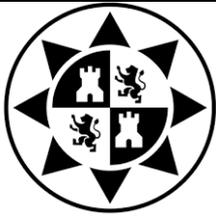




## **6.5 Pabellón Javalí Viejo – La Ñora.**

### **Pabellón San Basilio**

Calle: Camino del cementerio 4	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 37°59'38" Norte, 1°12'2" Oeste
<p>El pabellón se encuentra en el camino del cementerio número cuatro, donde hay también un campo de fútbol de césped artificial en su exterior. Se encuentra en una pedanía no muy transitada y cuyo principal aporte de usuarios es por parte de la Universidad Católica de Murcia (UCAM) que se encuentra a pocos kilómetros del pabellón. La red de gas se encuentra cerca de las calles colindantes a unos 120 metros aproximadamente. Por lo tanto, aunque la distancia es considerable, se considera factible la posibilidad de entronque con la red de gas para dar suministro y se realizará el estudio previo. En estos momentos no se dispone de habitáculo para el silo de biomasa, se debería construir en el parking de la entrada para poder entrar con un camión pero supondría la carga manual de la caldera. Cuenta con una superficie de cubierta de unos 210 m<sup>2</sup> útiles para la instalación solar.</p>		
<p>El pabellón se constituye dos edificios conectados, pista con techo panel sándwich y vestuarios de terraza plana, no cuenta con sistema de refrigeración.</p>		
<p>El número máximo de usuarios aproximado es de 90 y el mínimo 30.</p>		
<p>La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Una caldera de ACS ROCA LIDIA 40 GT 48,3 KW.</li><li>2. Un depósito de ACS de 1.000 litros.</li><li>3. Un depósito de gasóleo de 5.000 litros (1 recarga anual).</li><li>4. Un grupo de bombeo con dos bombas.</li><li>5. No dispone de energía solar térmica.</li></ol>		



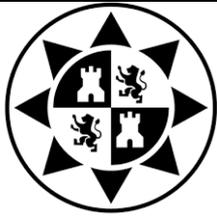
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA

Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 25 de 105

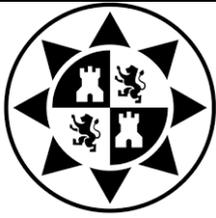




## **6.6 Pabellón Javalí Nuevo.**

### **Pabellón San Basilio**

Calle: Alegría de la huerta 8	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 37°59'21" Norte, 1°13'1" Oeste
<p>El pabellón se encuentra en la calle alegría de la huerta número ocho, a pocos metros del cuartel militar BRIPAC. Se encuentra en una pedanía no muy transitada y con poco aporte de usuarios. No se dispone de red de gas cerca por lo que habría que incorporar un depósito de gas que tendría que ser rellenado periódicamente. Por lo tanto, para este estudio previo no se tendrá en cuenta el gasto de acometida e instalación de red de gas natural. El pabellón se encuentra actualmente bajo mínimos ya que no se permite el uso de la pista para deportes con balón debido al lamentable estado de la misma.</p> <p>Además, la falta de potencia contratada en el contador eléctrico impide que la iluminación funcione correctamente solo pudiendo conectar la mitad de los focos de la pista para que no salte el diferencial.</p> <p>Cuenta con unos 210 metros cuadrados aproximadamente de terraza disponible para la instalación de colectores solares. Los cálculos energéticos se han llevado a cabo a través de los datos disponibles del año 2016 ya que no se tienen registros del año 2017.</p> <p>El pabellón se constituye dos edificios conectados, pista con techo panel sándwich y vestuarios de terraza plana, no cuenta con sistema de refrigeración.</p> <p>El número máximo de usuarios aproximado es de 90 y el mínimo 30.</p> <p>La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Una caldera de ACS ROCA LIDIA 40 GT 48,3 KW y una caldera de calefacción ROCA LIDIA 20 GT 23,3 KW.</li><li>2. Un depósito de ACS de 2.500 litros.</li><li>3. Un depósito de gasóleo de 5.000 litros (1 recarga anual).</li><li>4. Un grupo de bombeo con dos bombas.</li><li>5. No dispone de energía solar térmica.</li></ol>		



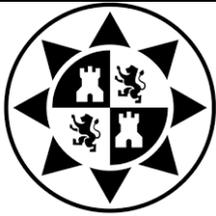
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA

Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 27 de 105





## **6.7 Pabellón Cabezo de Torres.**

### **Pabellón Cabezo de Torres**

Calle: Rambla del Carmen 18	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 38°1'28" Norte, 1°7'3" Oeste
--------------------------------	--------------------	--

El pabellón se encuentra en la calle rambla del Carmen en la pedanía de Cabezo de Torres. En los exteriores del pabellón se encuentra un campo de fútbol de césped artificial y otro de tierra. La red de gas natural se encuentra disponible y la toma más cercana a 100 metros del pabellón elevando el coste de la opción por gas natural. Por lo tanto, resultará una opción viable para el cambio de caldera de gasóleo a gas si se consigue reducir ese hándicap. El pabellón cuenta con una terraza de unos 550 m2 aproximadamente para la instalación de colectores con una orientación noroeste lo que entrañará pérdidas por sombras y su producción no será la más idónea.

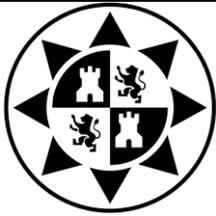
El pabellón se constituye dos edificios conectados, pista con techo panel sándwich y vestuarios de terraza plana, no cuenta con sistema de refrigeración.

El número máximo de usuarios aproximado es de 100 y el mínimo 50.

La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:

1. Una caldera de ACS ROCA GO 50/40 GT 49,8 KW y una caldera de calefacción ROCA GO 50/55 GT 67,6 KW.
2. Dos depósitos de ACS de 2.000 litros.
3. Un depósito de gasóleo de 5.000 litros (1 recarga anual).
4. Un grupo de bombeo con dos bombas.
5. No dispone de energía solar térmica.





## **6.8 Pabellón El Esparragal.**

### **Pabellón El Esparragal**

Calle: Campillo s/n	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 38°2'45" Norte, 1°4'54" Oeste
------------------------	--------------------	--

El pabellón se encuentra en la calle campillo en la pedanía de El Esparragal. No se trata de una pedanía muy transitada y el registro de usuarios que utilicen los vestuarios es bajo. La red de gas natural se encuentra disponible y la toma más cercana se encuentra a 70 metros del pabellón elevando el coste de la opción por gas natural. Por lo tanto, resultará una opción viable para el cambio de caldera de gasóleo a gas si se consigue reducir ese hándicap. El pabellón cuenta con una terraza de unos 250 m<sup>2</sup> aproximadamente para la instalación de colectores con una orientación sureste.

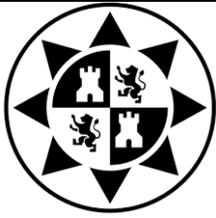
El pabellón se constituye dos edificios conectados, pista con techo panel sándwich y vestuarios de terraza plana, no cuenta con sistema de refrigeración.

El número máximo de usuarios aproximado es de 70 y el mínimo 30.

La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:

1. Una caldera de ACS ROCA GO 50/40 GT 49,8 KW y una caldera de calefacción ROCA GO 50/20 GT 23,2 KW (Ambas fuera de servicio el día de la visita)
2. Un depósito de ACS de 500 litros.
3. Un depósito de gasóleo de 5.000 litros (1 recarga anual).
4. Un grupo de bombeo con dos bombas.
5. No dispone de energía solar térmica.





## 6.9 Pabellón Zarandona.

### **Pabellón Zarandona**

Calle: Jesús Hernández Conesa 2	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 38°0'23" Norte, 1°6'48" Oeste
------------------------------------	--------------------	--

El pabellón se encuentra en la calle Jesús Hernández Conesa en la pedanía de Zarandona. No se trata de una pedanía muy transitada y el registro de usuarios que utilicen los vestuarios es bajo. La red de gas natural se encuentra disponible y la toma más cercana se encuentra a 30 metros del pabellón elevando el coste de la opción por gas natural. Por lo tanto, resultará una opción viable para el cambio de caldera de gasóleo a gas si se consigue reducir ese hándicap. El pabellón cuenta con una terraza de unos 200 m<sup>2</sup> aproximadamente para la instalación de colectores con una orientación noreste lo que dificulta la instalación de los mismos pues no se podría aprovechar al 100% la instalación.

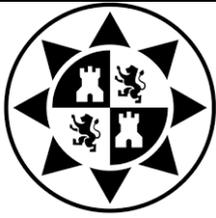
El pabellón se constituye dos edificios conectados, pista con techo panel sándwich y vestuarios de terraza plana, no cuenta con sistema de refrigeración.

El número máximo de usuarios aproximado es de 50 y el mínimo 25.

La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:

1. Una caldera de ACS ROCA GO 50/40 GT 49,8 KW y una caldera de calefacción ROCA GO 50/20 GT 23,2 KW (Ambas fuera de servicio el día de la visita)
2. Un depósito de ACS de 1.000 litros.
3. Un depósito de gasóleo de 5.000 litros (1 recarga anual).
4. Un grupo de bombeo con dos bombas.
5. No dispone de energía solar térmica.





## **6.10 Pabellón Sangonera la Seca.**

### **Pabellón Sangonera la Seca**

Calle: San Juan 63	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 37°57'51" Norte, 1°13'50" Oeste
-----------------------	--------------------	--

El pabellón se encuentra en la calle San Juan en la pedanía de Sangonera la Seca. A pesar de ser la pedanía más extensa de Murcia no registra un elevado número de usuarios. La red de gas natural más próxima se encuentra en el término municipal de Alcantarilla y por tanto se descarta su conexión a red, si se sustituye a caldera de gas se deberá tener en cuenta el coste de un depósito con recargas anuales. El pabellón cuenta con una terraza de unos 200 m<sup>2</sup> aproximadamente para la instalación de colectores con una orientación sureste.

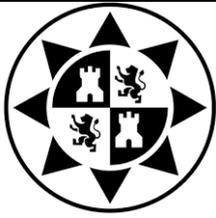
El pabellón se constituye dos edificios conectados, pista con techo panel sándwich y vestuarios de terraza plana, no cuenta con sistema de refrigeración.

El número máximo de usuarios aproximado es de 80 y el mínimo 40.

La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:

1. Una caldera de ACS ROCA GO 50/40 GT 49,8 KW y una caldera de calefacción ROCA GO 50/20 GT 23,2 KW (Ambas fuera de servicio el día de la visita)
2. Un depósito de ACS de 1.000 litros.
3. Un depósito de gasóleo de 5.000 litros (1 recarga anual).
4. Un grupo de bombeo con dos bombas.
5. No dispone de energía solar térmica.

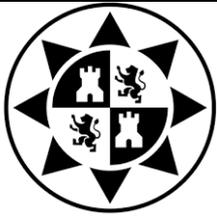




## **6.11 Pabellón Sangonera la Verde.**

### **Pabellón Sangonera la Verde**

Calle: Príncipe de Asturias	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 37°55'37" Norte, 1°12'23" Oeste
<p>El pabellón se encuentra en la calle Príncipe de Asturias en la pedanía de Sangonera la Verde. Tiene un número aceptable de usuarios semanalmente, sin embargo los que usan los vestuarios son una minoría. La red de gas natural más próxima se encuentra a unos 150 metros aproximadamente según los datos ofrecidos por Redexis lo que encarece la posibilidad de cambio a gas natural. El pabellón cuenta con una terraza de unos 200 m<sup>2</sup> aproximadamente para la instalación de colectores con una orientación norte lo que supone un problema para la producción energética de los mismos.</p> <p>El pabellón se constituye dos edificios conectados, pista con techo panel sándwich y vestuarios de terraza plana, no cuenta con sistema de refrigeración.</p> <p>El número máximo de usuarios aproximado es de 200 y el mínimo 30.</p> <p>La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Una caldera de ACS ROCA GO 50/40 GT 49,8 KW y una caldera de calefacción ROCA GO 50/55 GT 67,6 KW.</li><li>2. Dos depósitos de ACS de 2.000 litros.</li><li>3. Un depósito de gasóleo de 5.000 litros (1 recarga anual).</li><li>4. Un grupo de bombeo con dos bombas.</li><li>5. No dispone de energía solar térmica.</li></ol>		



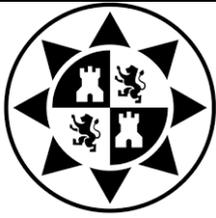
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA

Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 33 de 105





## **6.12 Pabellón Beniaján.**

### **Pabellón Beniaján**

Calle: Avenida Montezazahar	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 37°58'37" Norte, 1°4'4" Oeste
--------------------------------	--------------------	--

El pabellón se encuentra en la avenida Montezazahar en la pedanía de Beniaján. Se trata de uno de los pabellones con mayor afluencia de usuarios de la ciudad a pesar de estar a las afueras debido a que se encuentra situado entre un colegio y un instituto de educación secundaria. La red de gas natural se encuentra a tan solo 15 metros aproximadamente. El pabellón cuenta con una terraza de unos 500 m<sup>2</sup> aproximadamente para la instalación de colectores con una orientación suroeste.

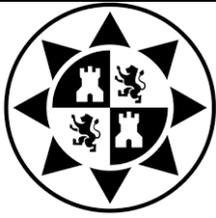
El pabellón se constituye dos edificios conectados, pista con techo panel sándwich y vestuarios de terraza plana, no cuenta con sistema de refrigeración.

El número máximo de usuarios aproximado es de 600 y el mínimo 150.

La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:

1. Una caldera de ACS ROCA GO 50/40 GT 49,8 KW y una caldera de calefacción ROCA GO 50/55 GT 67,6 KW.
2. Dos depósitos de ACS de 2.500 litros.
3. Un depósito de gasóleo de 5.000 litros (1 recarga anual).
4. Un grupo de bombeo con dos bombas.
5. No dispone de energía solar térmica.





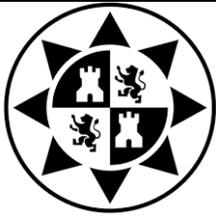
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

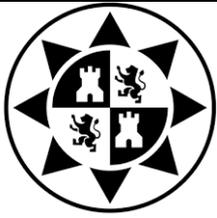
Página 35 de 105



### **6.13 Pabellón Zeneta.**

#### **Pabellón Zeneta**

Calle: Carril Carrillos	Pedanía: Murcia	Coordenadas geográficas: 38°0'31" Norte, 1°0'4" Oeste
<p>El pabellón se encuentra en el carril carrillos en la pedanía de Zeneta. Se trata de un pedanía pequeña y con poca afluencia de usuarios a las instalaciones. No se encuentra disponible la conexión con la red de gas natural y por tanto se descarta su conexión a red, si se sustituye a caldera de gas se deberá tener en cuenta el coste de un depósito con recargas anuales. El pabellón cuenta con una terraza de unos 200 m<sup>2</sup> aproximadamente con una orientación sur donde se encuentran instalados actualmente 8 colectores para ACS.</p>		
<p>El pabellón se constituye dos edificios conectados, pista con techo panel sándwich y vestuarios de terraza plana, no cuenta con sistema de refrigeración.</p>		
<p>El número máximo de usuarios aproximado es de 40 y el mínimo 15.</p>		
<p>La instalación cuenta con los siguientes equipos térmicos:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Una caldera de ACS ROCA LIDIA 40 GT 48,3 KW y una caldera de calefacción ROCA LIDIA 20 GT 23,2 KW (Ambas fuera de servicio el día de la visita)</li><li>2. Un depósito de ACS de 1.000 litros.</li><li>3. Un depósito de gasóleo de 5.000 litros (1 recarga anual).</li><li>4. Un grupo de bombeo con dos bombas.</li><li>5. Si dispone de energía solar térmica para ACS.</li></ol>		



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA

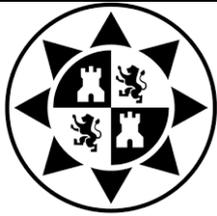


Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 37 de 105





## **7. Climatología de la zona a estudiar.**

Dado que todos los pabellones se encuentran en el término municipal de la ciudad de Murcia se tomarán las temperaturas y radiación solar de ésta como referencia para cada uno de los pabellones en los que se centra el presente estudio. Todos los datos que se muestran a continuación son recabados de “PVGIS” y del “ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR Y TEMPERATURA AMBIENTE” en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Es importante conocer las temperaturas del lugar y la irradiación solar a lo largo de un año para poder realizar un estudio con criterio:

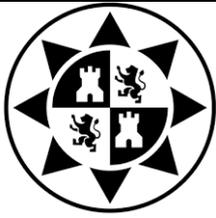
La ciudad de Murcia goza de una temperatura media anual de 19,5 °C, según los datos históricos de los años 2008-2017, proporcionados por la CARM. Siendo la media de máximas 25,7 °C y la media de mínimas 13,3 °C y alcanzándose una máxima en este periodo de 45 °C y una mínima de -2,8 °C contando con un promedio de 86,8 días despejados.

En la siguiente tabla se muestra la irradiación sobre un plano inclinado, la irradiación al ángulo óptimo y a 90 ° respectivamente:

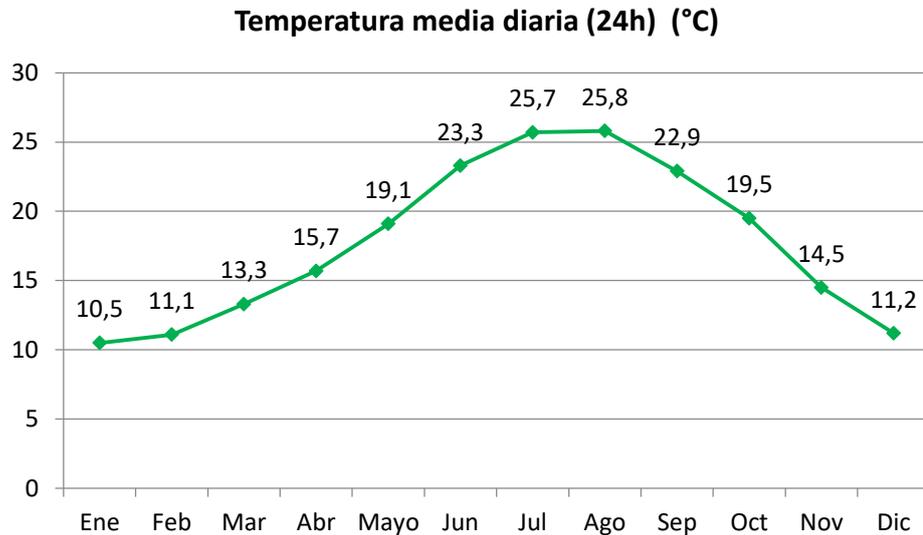
**Tabla 1. Radiación media de la ciudad de Murcia**

Mes	Hh	Hopt	H(90°)
	Wh/m <sup>2</sup> /día	Wh/m <sup>2</sup> /día	Wh/m <sup>2</sup> /día
<b>Enero</b>	2.580	4.420	4.490
<b>Febrero</b>	3.440	5.110	4.530
<b>Marzo</b>	4.980	6.190	4.440
<b>Abril</b>	5.810	6.210	3.340
<b>Mayo</b>	6.920	6.610	2.670
<b>Junio</b>	7.800	7.050	2.320
<b>Julio</b>	7.840	7.260	2.530
<b>Agosto</b>	6.800	6.980	3.270
<b>Septiembre</b>	5.180	6.110	3.950
<b>Octubre</b>	3.980	5.490	4.510
<b>Noviembre</b>	2.760	4.510	4.390
<b>Diciembre</b>	2.230	3.970	4.150
<b>Anual</b>	<b>5.040</b>	<b>5.830</b>	<b>3.710</b>

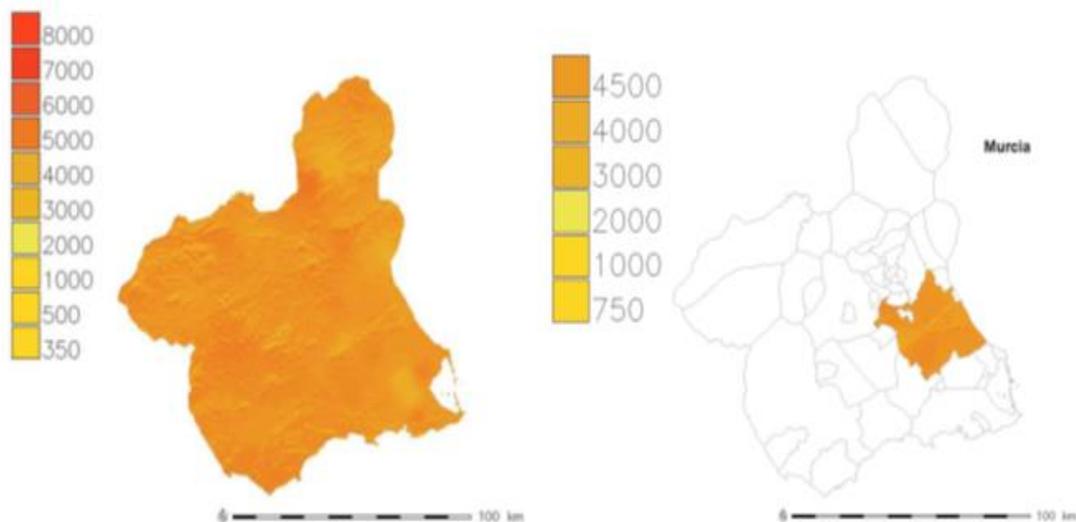
A continuación se muestra la evolución de la temperatura media diaria en la ciudad de Murcia y el Mapa de irradiación diaria en la región y en el municipio de Murcia al



igual que la tabla de factores de corrección para una superficie inclinada respecto a la horizontal:



**Figura 15. Evolución de la temperatura media del aire en Murcia**



**Figura 16. Radiación media de la Región de Murcia (izq) y del Municipio de Murcia (der). Fuente. Atlas de Radiación y Temperatura media del aire de la Región de Murcia.**

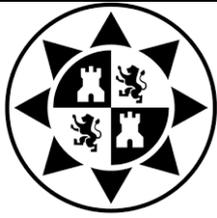


**Tabla 2. Radiación media y Temperatura media del aire en la ciudad de Murcia**

Mes	Hh	Temp. Aire
	Wh/m2/día	°C
Enero	2.404,76	10,45
Febrero	3.335,05	11,50
Marzo	4.582,20	13,50
Abril	5.844,45	16,00
Mayo	6.794,05	20,05
Junio	7.134,25	23,20
Julio	6.783,92	25,50
Agosto	5.810,00	25,80
Septiembre	4.522,57	22,50
Octubre	3.24,58	20,00
Noviembre	2.324,57	14,25
Diciembre	2.017,10	11,35
Anual	<b>4.566,54</b>	<b>19,45</b>

**Tabla 3. Factores de corrección para superficie inclinada en el municipio de Murcia**

Inclinación	Factores de corrección para superficie inclinada en el municipio de Murcia											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	1,16	1,13	1,08	1,03	1,00	0,99	0,99	1,02	1,05	1,08	1,12	1,15
20°	1,30	1,24	1,14	1,05	0,98	0,95	0,97	1,01	1,08	1,15	1,21	1,27
30°	1,41	1,32	1,17	1,03	0,94	0,91	0,92	0,99	1,08	1,19	1,29	1,37
40°	1,48	1,37	1,17	1,00	0,89	0,84	0,87	0,95	1,07	1,20	1,33	1,44
50°	1,53	1,38	1,15	0,95	0,82	0,76	0,79	0,89	1,03	1,20	1,35	1,48
60°	1,54	1,37	1,11	0,87	0,73	0,67	0,70	0,81	0,97	1,16	1,34	1,49
70°	1,51	1,32	1,03	0,78	0,63	0,57	0,61	0,72	0,90	1,11	1,30	1,46
80°	1,45	1,25	0,94	0,68	0,53	0,47	0,50	0,62	0,80	1,03	1,23	1,40



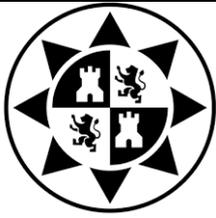
## **8. Medidas de ahorro y eficiencia energética.**

En este apartado se plantean las diversas soluciones técnicas para reducir y cubrir la demanda energética del pabellón que se han considerado.

Las alternativas contempladas son las siguientes:

- **Cambio de calderas de gasóleo con calderas de gas natural.** El gas natural es más limpio que el de gasoil debido a la menor emisión de CO<sub>2</sub> por unidad de combustible quemado, relación H:C del gas natural es la mayor posible 4:1. La utilización de calderas de gas natural con sistema de recuperación del calor latente del agua procedente de la combustión, denominadas calderas de condensación, resulta una alternativa eficaz. Además tiene una regulación del calor excelente, no requiere de tanques de combustible, evitando los costes de mantenimiento de los tanques y como ventaja añadida no requiere de hacer el pedido periódicamente de combustible debido a su distribución continua por red de abastecimiento.
- **Cambio de preferencia de la instalación solar.** Instalación solar térmica que se instalaría junto con la caldera de gas natural reduciendo aún más las emisiones y contribuyendo a la implantación de energía solar térmica.
- **Instalación/sustitución de las calderas por caldera(s) de biomasa,** en sustitución de las actuales. Todo el calor necesario para el funcionamiento del sistema de ACS sería proporcionado por calderas de pellets y/o astilla, se podría considerar la utilización de calderas de multi-combustible pero el precio de estas sería mayor haciendo aún más difícil la viabilidad económica de esta opción.
- **Comparación entre una instalación de gas natural y otra instalación con aporte solar térmico.**

Para poder valorar energéticamente cada uno de los sistemas y valorar objetivamente las ventajas y nivel de funcionamiento de cada uno es necesario instalar elementos de medida y control. El sistema de medida de energía generada, normalmente



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 42 de 105

se integra en el control del sistema completo. El sistema consiste en un contador volumétrico (contador de agua caliente con salida de pulsos, que se instala a la salida

del depósito solar) y 2 sondas de T (temperatura de salida del depósito solar al depósito auxiliar, y T de entrada de agua fría de la red). El control calcula volumen trasegado (normalmente 1 pulso por cada 10 litros) y delta T. Con estos datos se calcula la energía aportada por normalmente por el sistema solar. En el caso de querer valorar otro sistema se debe de poner los mismos elementos colocados en cada uno de los sistemas (depósitos de inercia, caldera, intercambiadores, etc.) a evaluar.

A lo largo de la memoria se irán definiendo las características principales de la instalación solar térmica y de la instalación de biomasa, según las directrices que marca la normativa vigente o el código técnico de la edificación o RITE en su caso. Al igual que se indicará la comparativa de los trece centros a estudiar con cada una de las cuatro alternativas propuestas.

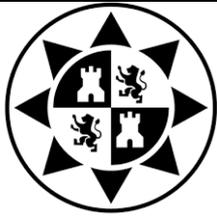
Finalmente se realizará un estudio económico para determinar el tiempo de retorno de la inversión y la rentabilidad de la misma, aspecto cable para determinar cuál de las opciones es la más adecuada para implantar a día de hoy teniendo siempre en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## **9. Descripción de la demanda.**

El cálculo de la demanda energética es la base para la selección de la potencia de la caldera, el consumo de cada sistema, o cuantos colectores solares se deben instalar en cada edificio, dicha demanda ha sido calculada por dos métodos según sea ACS o calefacción.

Para el cálculo de la demanda de ACS se han seguido las directrices marcadas por el Código Técnico de la Edificación en su documento básico HE-4:

En primer lugar a través de la tabla 4.1 de dicho documento se selecciona el tipo de criterio de demanda con la referencia de temperatura de 60°C:



**Tabla 4. Demanda de referencia a 60°C**

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Se ha tomado como referencia los **21 litros/día \* unidad** tanto de “gimnasio” como para “vestuarios/duchas colectivas”, para todos los casos de estudio mencionados anteriormente y en cada sistema descrito.

Una vez obtenidos estos datos se procede con el cálculo de la demanda de ACS a través de la siguiente fórmula:

$$D=m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

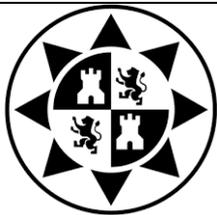
Siendo:

$m$ = Flujo másico.

$C_p$ =Calor específico del agua.

$\Delta T$ = Diferencia entre la temperatura de referencia y la del agua fría.

Con todo ello se obtiene la demanda para ACS en cada mes del año.



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 44 de 105

A continuación se muestra un ejemplo de la demanda de ACS de uno de los pabellones:

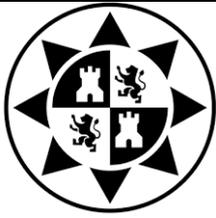
**Tabla 5. Demanda Pabellón**

<b>Demanda l/d</b>	21,00
<b>Usuarios</b>	40,00
<b>Total (l/d)</b>	840,00

**Tabla 6. Demanda anual según CTE.**

<b>Meses</b>	<b>Días</b>	<b>Tª en Murcia</b>	<b>Demanda ACS kWh</b>
Enero	31	11	1.481,53
Febrero	28	11	1.338,16
Marzo	31	12	1.451,30
Abril	30	13	1.375,22
Mayo	31	15	1.360,59
Junio	30	17	1.258,18
Julio	31	19	1.239,65
Agosto	31	20	1.209,41
Septiembre	30	18	1.228,92
Octubre	31	16	1.330,35
Noviembre	30	13	1.375,22
Diciembre	31	11	1.481,53
<b>Total</b>			<b>16.130,06</b>

El cálculo de la demanda de calefacción se ha llevado a cabo a través del software VP CLIMA, el cual introduciendo las características de cada planta así como la disposición y dimensiones de los habitáculos del pabellón calcula una demanda energética para el mismo.



**VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA**



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 45 de 105

A continuación se muestra un ejemplo del cálculo de uno de los trece pabellones en concreto el pabellón de Beniaján:

**Tabla 7. Tipo de local y habitaciones.**

Locales

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Actividad
Local 1	Acondicionado	100.00	300.00	Copia de Copia de Copia de Gimnasio...Local 1

ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Tipo	Local	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Orientación	Composición	Transmitancia [W/ m <sup>2</sup> K]
Muro_Exterior	Local 1	30.00	Sur	F1.1 B	0.69
Muro_Exterior	Local 1	30.00	Norte	F1.1 B	0.69
Muro_Exterior	Local 1	150.00	Oeste	F1.1 B	0.69
Muro_Otro	Local 1	150.00	-	P1.1 B	2.11
Techo_Exterior	Local 1	500.00	Horizontal	FEI Ref. Z_B	0.45

Huercos y luminarias

**Tabla 8. Tipo de cerramientos.**

Composiciones cerramientos

Nombre	Capas	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> K]
FEI Ref. Z_B	ref Plaqueta o baldosa cerámica (1.5cm) ref Mortero de cemento (1.5cm) ref Aislante (7.3cm) ref Hormigon con aridos ligeros (7.0cm) ref Forjado cerámico (25.0cm)	0.45
F1.1 B	1/2 pie LM metrico o catalan 40 mm < G < 50 mm (11.5cm) Mortero de cemento o cal para albanileria y para revoco/enlucido d > 2000 (1.5cm) MW Lana mineral [0.04 W/(mK)] (4.0cm) Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] (7.0cm) Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 (1.5cm)	0.69
P1.1 B	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 (1.5cm) Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] (7.0cm) Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 (1.5cm)	2.11

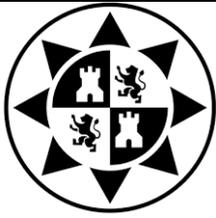


Gráfico de demanda del edificio

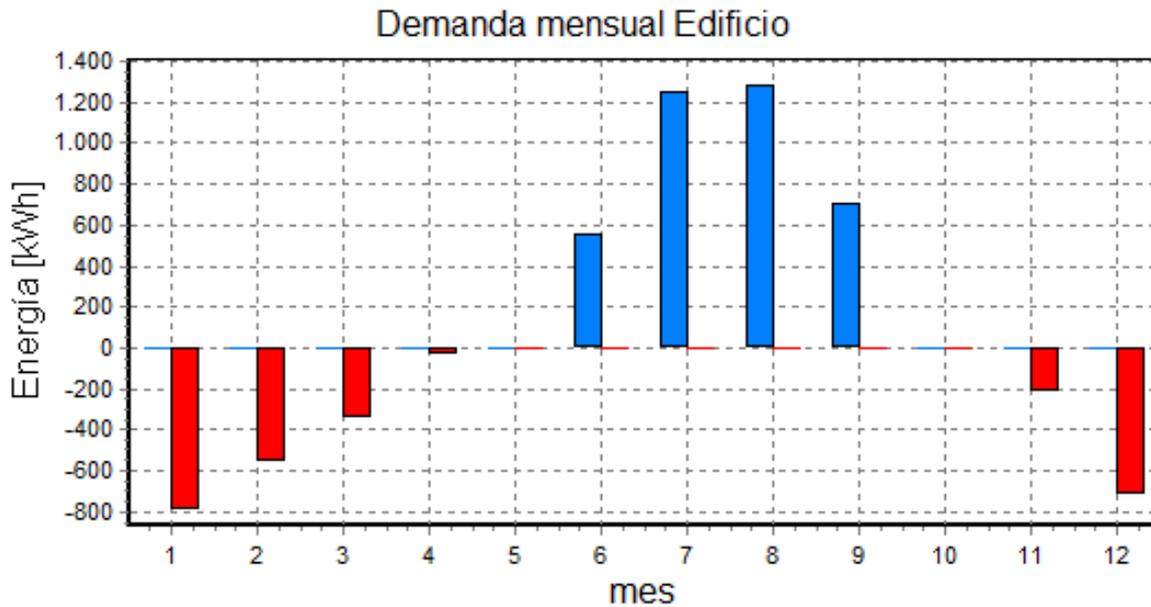
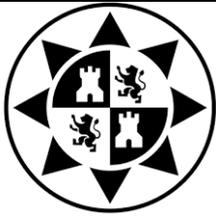


Figura 17. Demanda Térmica del edificio.

Tabla 9. Demanda total Pabellón.

Meses	Días	Tª en Murcia	Demanda ACS kWh	Demanda de Calefacción kWh	Total kWh
Enero	31	11	22.222,97	790	23.012,97
Febrero	28	11	20.072,36	562	20.634,36
Marzo	31	12	21.769,44	349	22.118,44
Abril	30	13	20.628,30	37	20.665,30
Mayo	31	15	20.408,85	0	20.408,85
Junio	30	17	18.872,70	0	18.872,70
Julio	31	19	18.594,73	0	18.594,73
Agosto	31	20	18.141,20	0	18.141,20
Septiembre	30	18	18.433,80	0	18.433,80
Octubre	31	16	19.955,32	0	19.955,32
Noviembre	30	13	20.628,30	214	20.842,30
Diciembre	31	11	22.222,97	720	22.942,97
<b>Total</b>			<b>241.950,94</b>	<b>2.672,00</b>	<b>244.622,94</b>



## 10. Instalación solar térmica

Como se mencionó al principio de la presente memoria se estudiará la opción de la energía solar térmica como alternativa al gasóleo, en este apartado se describirá el cálculo y aspectos a tener en cuenta para dimensionar una instalación de este tipo, para el cálculo se ha utilizado el software TRANSOL. A continuación se muestra un esquema de la instalación:

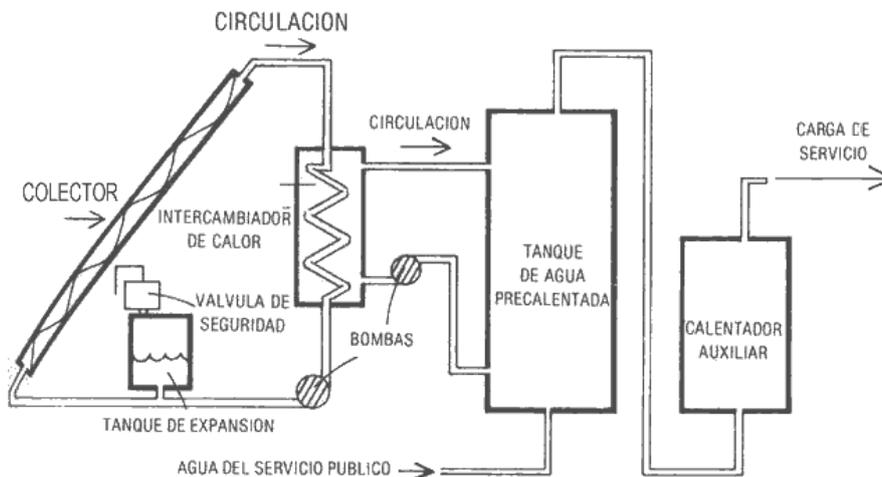


Figura 18. Esquema general de instalación de aprovechamiento solar

### – Pérdidas por orientación e inclinación y por sombra.

La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites descritos en el párrafo 2.2.3 de la sección 4 del *Código técnico de la Edificación*.

Tabla 10. Pérdidas en colectores.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición de captadores	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica de captadores	40 %	20 %	50 %

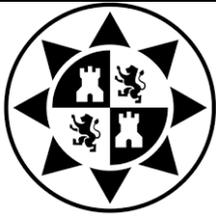
El cálculo de las pérdidas debidas a la orientación y la inclinación viene dado por la siguiente expresión:

$$C_p (\%) = 100 * (1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2)$$

Donde:

$\beta$  Inclinación;

$\beta_{opt}$  Latitud +10° (con demanda preferente en invierno);

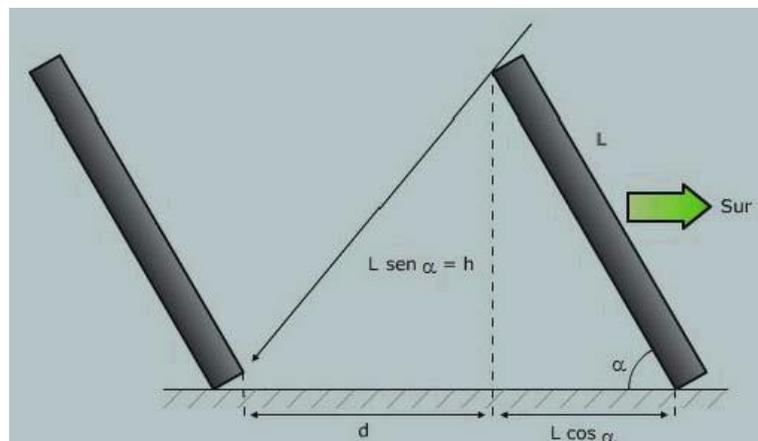


$\alpha$  Desviación respecto al sur, positivo hacia el oeste.

Para el cálculo de las pérdidas por sombra se ha seguido el “*Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura*”<sup>1</sup>, del IDAE anexo VI, que describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar expresadas como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la superficie, de no existir sombra alguna.

– **Separación mínima entre filas de colectores.**

La distancia que interesa determinar es la que existe entre la proyección sobre el suelo de la parte posterior de una fila de colectores y la parte baja de la fila siguiente:



**Figura 19.** Cálculo para la separación mínima entre colectores para evitar sombras.

Este valor se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$D = d + L \cos \alpha = \frac{L \operatorname{sen} \alpha}{\operatorname{tg}(68^\circ - \text{latitud})} + L \cos \alpha$$

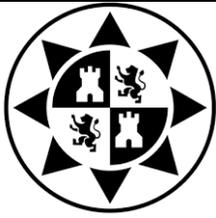
Donde:

- D: separación entre filas de colectores;
- d: separación entre la proyección sobre suelo de la parte posterior de una fila de colectores y la parte baja de la fila siguiente;
- L: longitud de los colectores;
- $\alpha$ : inclinación de los captadores respecto a la horizontal.

– **Volumen de acumulación.**

Generalmente la demanda no es simultánea a la generación de la energía solar, por esto hay que dimensionar un sistema de acumulación.

Según el apartado 2.2.5 del CTE, para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 49 de 105

$$50 < V/A < 180$$

donde,

A: suma de las áreas de los captadores (m);

V: volumen de la acumulación solar (litros).

– **Sistema de intercambio.**

El intercambiador es el elemento que transmite el calor entre el circuito primario y secundario en una instalación solar. En el caso de utilizar un intercambiador independiente, la potencia mínima del intercambiador P, se determinará para las condiciones de trabajo en las horas centrales del día suponiendo una radiación solar de  $1000 \text{ W/m}^2$  y un rendimiento de la conversión de energía solar a calor del 50 %, cumpliéndose la condición del *CTE*, en el apartado 3.3.4:

$$P \geq 500 * A$$

Siendo,

P: potencia mínima del intercambiador (W);

A: el área de captadores ( $\text{m}^2$ ).

– **Circuito hidráulico primario.**

Está compuesto por los colectores solares, la bomba de recirculación, las conducciones de cobre y el intercambiador de calor. Este circuito se encarga de hacer circular el agua que se ha calentado en los colectores para luego enviar el calor obtenido a un intercambiador de calor donde el agua que procede de los acumuladores absorbe el calor del fluido primario.

Usualmente para evitar problemas de congelación el agua del circuito primario se mezcla con anticongelante. En este estudio se ha considerado como anticongelante el etilenglicol con una proporción en masa de 30 %.

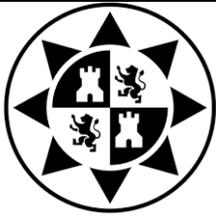
El diámetro de las tuberías se establece considerando que la velocidad del fluido que lo recorre, no supere la velocidad marcada en el *CTE*:

$$0.5 < v < 2 \text{ m/s}$$

La velocidad media del fluido es una variable fijada, que no es conveniente superar para evitar riesgos colaterales a la circulación del fluido por la conducción.

En este estudio se ha tomado como velocidad media 1 m/s, y conociendo este valor se utiliza la siguiente expresión, para determinar el diámetro:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi * D^2}{4}}$$



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 50 de 105

Siendo:

- v: velocidad del fluido (m/s);
- Q: caudal (m<sup>3</sup>/s);
- D: diámetro interior de la tubería (m).

Por otro lado, para dimensionar las tuberías también es necesario considerar las pérdidas de carga lineales, las cuales dependen del diámetro de la tubería, de su rugosidad, de las características del fluido que lo recorre y de su velocidad.

Para el presente estudio se ha optado por la expresión obtenida a partir de la fórmula de *Flamant*, que sirve para el caso de tuberías de cobre de paredes lisas por las que circula agua caliente sin aditivos:

$$\Delta p = 378 * \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Dónde:

- $\Delta p$ : pérdida de carga por metro lineal de tubería (mm.c.a/m);
- Q: caudal por la tubería (l/h);
- D: Diámetro interior de la tubería (mm).

Puesto que el fluido caloportador en realidad es una mezcla de agua y anticongelante a base de glicol, se debe tener en cuenta la mayor viscosidad de la mezcla, por lo que el resultado de aplicar la fórmula anterior se ha de multiplicar por 1,3.

– **Bomba circuito primario.**

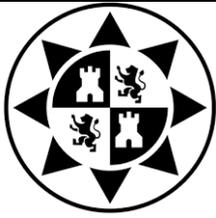
La bomba debe compensar las caídas de presión del circuito primario mediante la presión que imprime al fluido que circule por ellas. Por esta razón se tiene que calcular las pérdidas totales del circuito:

$$\Delta p_{\text{circuito primario (mm.c.a)}} = \Delta p_{\text{Captadores}} + \Delta p_{\text{Intercambiador}} + \Delta p_{\text{Tuberías}}$$

Las pérdidas de carga en los intercambiadores de calor y en los colectores es información que deben suministrar los fabricantes de estos componentes.

Además de las pérdidas de carga lineales producidas por los tramos rectos de tuberías, deben calcularse las pérdidas de carga singulares, debidas a cambios de dirección, derivaciones o elementos hidráulicos existentes en la canalización.

Una forma sencilla de estimar las pérdidas de carga singulares consiste en establecer una longitud equivalente de tubería que produce la misma pérdida de carga que el elemento en cuestión. En la siguiente ilustración se muestran las equivalencias de las singularidades más frecuentes:



**Tabla 11. Pérdidas elementos singulares.**

	Diámetro nominal de la tubería					
	18	22	28	35	42	54
Curva de 45°	0,34	0,43	0,47	0,56	0,7	0,85
Codo de 90°	0,5	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71
Curva de 90°	0,33	0,45	0,6	0,84	0,96	1,27
Reducción	0,3	0,5	0,65	0,85	1	1,3
T	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
T	2,5	3	3,6	4,1	4,6	5
T	1,68	1,8	1,92	2,4	3	3,6
Válvula antirretorno de clapeta	0,5	0,77	1,05	1,61	2,1	2,66

La selección de la bomba se tiene que realizar de modo que su curva característica contenga aproximadamente el punto de trabajo definido por una altura manométrica igual a la pérdida de carga del circuito y un caudal mínimo de circulación, que se calcula en el apartado siguiente.

Las bombas deben colocarse en la parte más fría del circuito solar, para evitar que se vean afectadas por las altas temperaturas que se alcanzan en el circuito primario.

– **Volumen del fluido caloportador.**

El volumen total del fluido caloportador que circula por el circuito primario es:

$$V_{total} = V_{captador} + V_{intercambiador} + V_{tuberías}$$

La capacidad volumétrica de los intercambiadores de calor y de los colectores es información que deben suministrar los fabricantes de estos componentes.

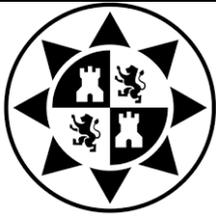
La capacidad volumétrica de las tuberías se puede calcular como:

$$V_{tuberías} = Sección * Longitud$$

– **Vaso de expansión.**

Los circuitos hidráulicos deben equiparse con depósitos de expansión, con el propósito de absorber las dilataciones del fluido caloportador. La capacidad de este depósito debe ser suficiente para recoger en su interior:

- el volumen de la dilatación del fluido primario hasta las máximas temperaturas de funcionamiento;
- el volumen de reserva, que cubrirá una posible contracción del líquido en caso de heladas;



- el volumen desplazado por la formación de vapor durante un estancamiento en los colectores solares.

Así el volumen útil de un vaso de expansión será:

$$V_{\text{útil}} = (V_{\text{exp}} + V_{\text{reserva}} + V_{\text{vap}}) * C_p$$

Siendo

$$V_{\text{exp}} = V_{\text{total}} * C_e$$

$$V_{\text{vap}} = V_{\text{captador}} * 1,1$$

$V_{\text{reserva}}$ : tomar un valor mínimo de 3 litros;

$C_e$ : el coeficiente de expansión del agua en función de la temperatura (en caso de mezcla hay que multiplicar el coeficiente por un factor de 1.2);

$C_p$  el coeficiente de presión, calculado como:

$$C_p = \frac{P_M + 1}{P_M - P_m}$$

Dónde:

$P_M$ : Presión máxima = (Presión de tarado de la válvula de seguridad \* 0,9);

$P_m$ : Presión mínima.

#### – Circuito hidráulico secundario.

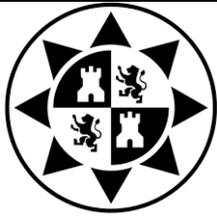
Está compuesto por uno o más depósitos de inercia, las conducciones, la bomba de recirculación, y el intercambiador de calor que lo conecta térmicamente con el circuito primario. Este circuito envía el agua caliente a los acumuladores y el agua fría al intercambiador de calor.

La selección del diámetro de las tuberías del circuito secundario se realiza considerando las mismas ecuaciones del circuito primario.

#### – Bomba circuito secundario.

La bomba debe compensar las caídas de presión del circuito secundario mediante la presión que imprime al fluido que circule por ellas. Por esta razón se tiene que calcular las pérdidas totales del circuito:

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{circuito secundario}} (\text{mm. c. a}) \\ = \Delta p_{\text{Acumulador}} + \Delta p_{\text{Intercambiador}} + \Delta p_{\text{Tuberias}} \end{aligned}$$



## 11. Instalación Caldera de Biomasa

Esta instalación servirá para cubrir la demanda mediante el uso de una energía renovable y con cero emisiones netas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En el presente estudio se va a realizar la comparativa entre una caldera alimentada con un combustible fósil como es el gasóleo, y otra alimentada con biomasa más concretamente astilla clase A1, aunque también se podría alimentar con pellet ya que se seleccionará una caldera policombustible Froling como se verá en los siguientes epígrafes.

**Tabla 12. Características Astillas. IDAE.**

Astillas de madera	
Origen	Troncos de madera
Contenido de humedad	≤ 20-30%
Dimensiones de la fracción principal (> 80% en peso)	Dimensión mayor ≤ 63 mm
Densidad energética	< 900 kWh/m <sup>3</sup> apilados

**Tabla 13. Características Pellet. IDAE.**

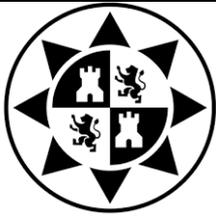
	Pélet baja calidad	Pélet estándar	Pélet alta calidad
Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)	> 3.000	> 4.000	> 4.300
(kJ/kg)	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Humedad b.h. (% en masa)	< 12	< 12	< 10
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	> 1.000	1.000-1.400	> 1.120
Contenido en cenizas (% en peso)	< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 7 x diámetro	< 50	< 5 x diámetro
Diámetro (mm)	< 12	4-10	< 8

A continuación se describirá el proceso de cálculo y selección de la caldera, silo y depósito de inercia con un ejemplo de uno de los trece pabellones a estudiar:

### – Potencia de la caldera:

Antes de seleccionar la caldera, es importante tener en cuenta los siguientes factores: No sobredimensionar la instalación, que la caldera funcione de forma permanente (sin intermitencias en la medida de lo posible), tipo de combustible; rendimiento de la combustión, que cumpla con las normativas, que tenga dispositivo de anti retroceso de llama, sistemas de control y de regulación sencillo para el usuario; dispositivo de interrupción de funcionamiento, fácil mantenimiento, garantía, entre otros.

El tiempo de arranque y puesta a régimen es largo (15 a 60 minutos), al igual que el tiempo de parada, por lo tanto hay que arrancar con antelación y de la misma manera, planificar la parada, para aprovechar todo el calor posible.



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 54 de 105

Considerando:

<b>Tiempo de funcionamiento de la caldera</b>	20	h/d
---	----	-----

Conociendo la demanda energética, el consumo de la caldera es:

$$\text{Consumo caldera} = \frac{\text{Demanda (kWh)}}{\eta} = (\text{kWh PCI})$$

Mientras el consumo de biomasa se calcula como:

$$\text{Consumo biomasa} = \frac{\text{Consumo caldera (kWh)}}{\text{PCI} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg}}\right)} = (\text{kg})$$

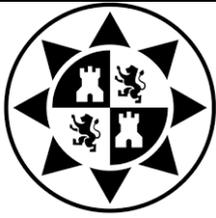
Una vez que se tienen conocidas las necesidades de combustible, se fijan unas horas de funcionamiento para el mes más desfavorable, y obteniendo así:

$$\text{Potencia caldera} = \frac{\text{Demanda diaria (kWh)}}{\text{Horas de funcionamiento (h)}} = (\text{kW})$$

Se elabora la siguiente tabla de resultados:

**Tabla 14. Potencia Caldera Biomasa.**

Potencia caldera	Demanda	Días/mes	Demanda diaria	Potencia	Horas funcionamiento
	kWh	d	kWh/d	kW	h/d
Enero	56.347,43	31	1.817,66	90,88	20,20
Febrero	50.742,90	28	1.812,25	90,61	20,14
Marzo	54.772,60	31	1.766,86	88,34	19,63
Abril	51.607,75	30	1.720,26	86,01	19,11
Mayo	51.022,13	31	1.645,88	82,29	18,29
Junio	15.727,25	30	524,24	26,21	5,82
Julio	15.495,61	31	499,86	24,99	5,55
Agosto	15.117,67	31	487,67	24,38	5,42
Septiembre	46.084,50	30	1.536,15	76,81	17,07
Octubre	49.888,30	31	1.609,30	80,47	17,88
Noviembre	51.784,75	30	1.726,16	86,31	19,18
Diciembre	56.277,43	31	1.815,40	90,77	20,17
<b>Total</b>	<b>514.868,30</b>	<b>365</b>	<b>16.961,67</b>	<b>90,88</b>	<b>20,20</b>



**VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA**

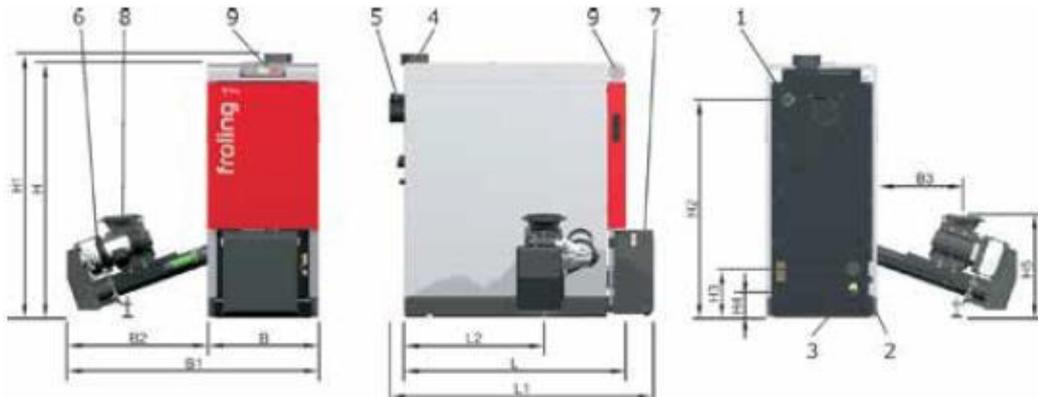


Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 55 de 105

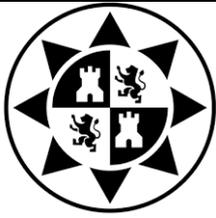
Visto los resultados aportados por la tabla con una potencia con una potencia máxima en el mes de Enero de 90.88 kW y teniendo en cuenta las calderas que suministran los fabricantes se ha seleccionado una caldera policomcombustible Froling T4 90 kW la cual tiene las siguientes dimensiones y características:



**Figura 20. Descripción de la caldera Froling para Biomasa policomcombustible.**

**Tabla 15. Dimensiones Caldera.**

Dimensiones		24	30	40	50	60	75	90	110	130	150
H Altura caldera	mm	1390	1390	1620	1620	1620	1620	1720	1720	1720	1720
H1 Altura conexión chimenea	mm	1440	1440	1670	1670	1670	1670	1770	1770	1770	1770
H2 Altura conexión ida	mm	1195	1195	1425	1425	1425	1425	1530	1530	1540	1540
H3 Altura conexión retorno	mm	270	270	270	270	270	270	170	170	200	200
H5 Altura conexión dispositivo alimentación	mm	555	555	595	595	595	595	650	650	650	650
B Anchura caldera	mm	600	600	770	770	770	770	880	880	880	880
B1 Anchura total con dispositivo de alimentación	mm	1360	1360	1530	1530	1530	1530	1640	1640	1640	1640
B2 Anchura dispositivo alimentación	mm	760									
B3 Dist. lateral caldera a dispositivo alimentación	mm	470									

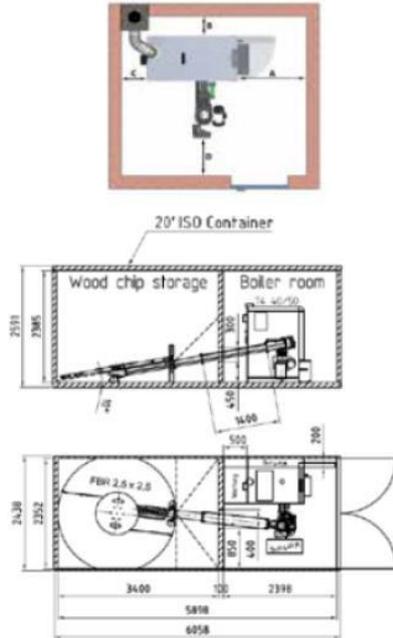


**VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA**

Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 56 de 105



T4		60-75	90-150
A	Distancia mínima puerta a pared	mm 800	900
B	Distancia mínima lateral caldera a pared	mm 200	200
C	Distancia mínima parte trasera caldera a pared	mm 500	500
D	Distancia mínima dispositivo alimentación a pared	mm 300	300
Altura mínima de sala caldera		mm 1900	2150

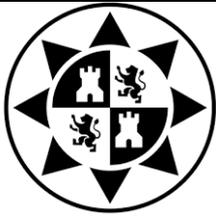
T4		24-30	40-50
A	Distancia mínima puerta a pared	mm 600	800
B	Distancia mínima lateral caldera a pared	mm 200	200
C	Distancia mínima parte trasera caldera a pared	mm 500	500
D	Distancia mínima dispositivo alimentación a pared	mm 300	300
Altura mínima de sala caldera		mm 1700	1900

**Figura 21. Condiciones de instalación de la caldera Froling para Biomasa policombustible.**

**Tabla 16. Datos técnicos Caldera.**

Datos técnicos		24	30	40	50	60	75	90	110	130	150
Potencia térmica nominal con W20	kW	24	30	40	50	60	75	90	110	130	150
Rango de potencia	kW	7,2-24	9-30	12-40	15-50	18-60	22,5-75	27-90	33-110	39-130	45-150
Conexión eléctrica		400V / 50 HZ / fusible 20A									
Consumo eléctrico medio a carga nominal	W	115	142	180	210	176	204	232	250	240	260
Peso caldera con aislamiento y alimentación	kg	620	640	840	860	1060	1080	1350	1370	1730	1750
Contenido agua	litros	105	105	160	160	220	220	260	260	340	340
Pérdida carga dT=20K	mbar	1,2	1,4	2	2	2,6	3,2	3,8	5,2	6,9	8,3
Temperatura de humos carga total-/parcial	°C	125/80	135/85	130/80	140/85	130/80	140/85	135/80	145/85	135/80	145/85
Caudal de humos carga total-/parcial	kg/s	0,019/0,008	0,023/0,009	0,031/0,012	0,038/0,015	0,047/0,017	0,057/0,02	0,071/0,025	0,083/0,029	0,101/0,003	0,119/0,037

El sistema de alimentación estará compuesto por el mecanismo de un tornillo sinfín que recomienda el propio fabricante de la caldera y que se adjuntan sus datos técnicos a continuación:



### SINFÍN DESCARGA 110 FBR / TGR PARA T4 24-110

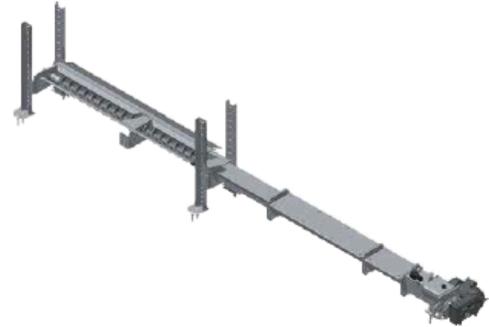
Para descargar las astillas o pellets según ISO 17225. Astillas clase A1 / P16S - P31S, pellets clase A1 / D06.

La forma especial del canal de sinfín y la inclinación progresiva de las hojas garantizan un transporte fiable del combustible.

Adecuado instalación FBR 0-10° y TGR 0-10°.

Compuesto por:

- Tornillo básico ø110 con conector modular.
- Canal abierto (longitud según el diámetro de la ballesta)
- 0,6 m canal cerrado
- Motorreductor (unidad de potencia en función de la caldera y ballesta. Potencia motor 0,37 kW Y 0,55 kW).



**Figura 22. Sistema de alimentación de combustible para la caldera Froling para Biomasa policombustible.**

#### – Silo de combustible.

Uno de los principales factores a tener en cuenta en el dimensionamiento del silo de combustible es que según las normas del RITE, se exige que tenga reservas para quince días, otra situación a tener en cuenta es la ubicación del silo con respecto a la caldera, se recomienda cierta distancia y/o alguna pared que los divida, el suministro de combustible al quemador es más conveniente que se haga desde arriba, para permitir la evacuación de residuos fácilmente. En el caso que nos ocupa la descarga al silo se llevara a cabo a través de un camión con pistón neumático que permita la correcta descarga del combustible.

A partir de la normativa exigida en el RITE se ha realizado la siguiente tabla:

**Tabla 17. Dimensionado Silo Biomasa.**

Silo de Biomasa	Consumo	Días/mes	Consumo diario	Consumo	Consumo
	kg	d	kg/d	kg/15d	m3/15d
Enero	18.465,11	31	595,65	8.934,73	35,74
Febrero	16.628,50	28	593,87	8.908,12	35,63
Marzo	17.949,03	31	579,00	8.685,02	34,74
Abril	16.911,91	30	563,73	8.455,95	33,82
Mayo	16.720,00	31	539,35	8.090,32	32,36
Junio	5.153,84	30	171,79	2.576,92	10,31
Julio	5.077,93	31	163,80	2.457,06	9,83
Agosto	4.954,07	31	159,81	2.397,13	9,59
Septiembre	15.101,94	30	503,40	7.550,97	30,20
Octubre	16.348,44	31	527,37	7.910,54	31,64
Noviembre	16.969,91	30	565,66	8.484,96	33,94
Diciembre	18.442,17	31	594,91	8.923,63	35,69
<b>Total</b>	<b>168.722,84</b>	<b>365</b>	<b>462,25</b>	<b>6.933,82</b>	<b>35,74</b>



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 58 de 105

Por tanto el silo debe ser capaz de almacenar al menos 35,74 m<sup>3</sup> durante quince días para garantizar el suministro y por tanto el buen funcionamiento de la caldera por lo que se recomienda un volumen de capacidad de 40 m<sup>3</sup> como respaldo de seguridad.

El silo contará con un suelo móvil que asegure que la astilla no quede compactada y pueda producir algún tipo de obstrucción en la entrada del sin fin, asimismo se revisará la carga del camión durante el vertido al silo para garantizar la inexistencia de piedras o algún otro elemento contundente.

– **Depósito de inercia.**

A diferencia de las calderas de combustibles fósiles, las calderas de combustibles sólidos disponen de una respuesta más lenta tanto para el arranque como para la parada, y en las variaciones de potencia. En el caso de demanda cuando la caldera esta parada, el depósito de inercia puede entregar de inmediato dicha energía térmica. En el caso de que se pare la demanda, la inercia térmica del refractario dentro de la cámara de combustión más la energía del combustible ya introducido debe de ser acumulada en algún sitio, el depósito de inercia es, en estos casos, imprescindible. La no existencia del mismo daría como resultado una alarma de sobrecalentamiento de la caldera, además no podríamos cubrir un tiempo de calefacción corto debido al tiempo de arranque y parada de la caldera.

A través de la potencia de la caldera seleccionada y las horas de funcionamiento de la misma se calcula lo siguiente:

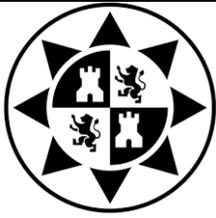
**Tabla 18. Tiempo de funcionamiento y potencia.**

Tiempo de funcionamiento de la caldera	20	h/d
Potencia caldera seleccionada	90	kW

**Tabla 19. Dimensionado Depósito de Inercia.**

Volumen de inercia recomendado	30,00	l/kW		
Volumen depósito de inercia	2.700,00	l		
Delta T util (90-50)	40,00	°C		
Energía acumulable	125,55	kWh	7,17	°C
Energía residual de la caldera	22,50	kWh	17,9%	
Tiempo de funcionamiento sin caldera	1,40	h		

El volumen recomendado se establece entre 20 y 30 l/kW para unos 30 kW con una potencia de 90 kW dimensionamos un volumen final de depósito de 2.250 litros con un tiempo de funcionamiento sin caldera de 1 hora y 40 minutos; sin embargo consultando el catálogo de Froling se ha seleccionado un depósito de 2.200 litros ya que



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 59 de 105

el siguiente disponible supondría sobredimensionar la instalación con sus correspondientes gastos, el depósito está caracterizado con las siguientes características:

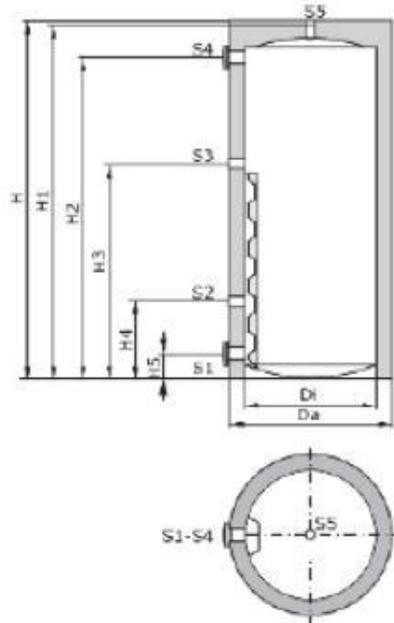
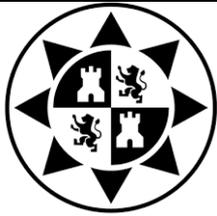


Figura 23. Esquema del Depósito de inercia para la caldera de Biomasa.



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



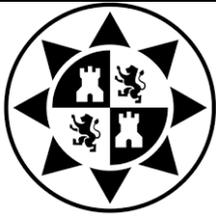
Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 60 de 105

**Tabla 20. Datos técnicos Depósito de Inercia.**

<b>Datos técnicos depósito</b>		<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1800</b>	<b>2200</b>
Capacidad de agua	litros	1000	1400	1800	2200
Presión de trabajo permitida	bar	3			
Temperatura máxima de trabajo	°C	95			
H Altura depósito con aislamiento	mm	2170	2190	2195	2650
H1 Altura depósito sin aislamiento	mm	2160	2180	2185	2640
H2 Altura conexión ida	mm	1930	1930	1927	2385
H3 Altura conexión ida	mm	1300	1325	1325	1780
H4 Altura conexión retorno	mm	470	500	500	500
H5 Altura conexión retorno	mm	130	190	190	190
Di ø interior depósito sin aislamiento	mm	785	960	1090	1090
Da ø interior depósito con aislamiento	mm	975	1150	1280	1280
Peso en vacío	kg	155	210	230	280
Mín. ancho necesario	mm	800	980	1120	1120
Mín. altura (inclinación)	mm	2220	2250	2300	2720



## **12. Análisis de rentabilidad**

En cualquier proyecto un análisis de rentabilidad de la inversión es básico para el futuro y desarrollo del mismo. Este determinará de qué modo y en cuantos años podemos acometer, en el caso que nos ocupa, la sustitución de la caldera convencional por alguna de las alternativas propuestas.

A través de los datos aportados por los fabricantes y teniendo en cuenta tanto el IPC como el IPC energético y el de la biomasa en su caso, se ha procederá en primer lugar a comprobar la amortización de la instalación ya sea gas natural, biomasa o colectores solares térmicos.

Una vez sumado todos los costes incluyendo mantenimiento que variará según la alternativa elegida, se procede al cálculo de cada uno de los siguientes ítems económicos:

$$\text{Ahorro Bruto} = \text{Coste inicial GO} - \text{Coste inicial Alternativa}$$

$$\text{Ahorro Neto} = \text{Ahorro Bruto} - \text{Mantenimiento}$$

$$\text{Valor Neto} = \text{Ahorro Neto} + \text{Inversión ini}(-)$$

Este sería el cálculo para el primer año para el resto se deberá tener en cuenta además el IPC correspondiente.

Para garantizar esta inversión se realiza un estudio sobre el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), a través de las siguientes fórmulas:

$$VAN = \sum \frac{\text{Flujo Neto}}{(1+i)^t} - \text{Inversión inicial}$$

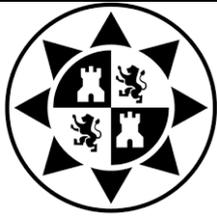
Siendo:

$i$  = Tipo de interés.

$t$  = Años de estudio.

$$TIR \rightarrow VAN = 0 \rightarrow \sum \frac{\text{Flujo neto}}{(1+i)^t}$$

Dado un VAN positivo y un porcentaje de TIR aceptable se considera una inversión aceptable la implantación de cualquiera de las alternativas.



## **13. Comparativa instalaciones**

Una vez descrito las alternativas planteadas al gasóleo y mostrado su método de cálculo se analizará la comparativa de las trece instalaciones a estudiar en el presente proyecto, el cual incluirá la instalación actual, la instalación de gas natural, la instalación de gas natural con aporte solar térmico, biomasa, comparativa entre el gas natural y la energía solar térmica y todos ellos acompañados por un estudio de emisiones de CO<sub>2</sub> en cada caso.

Además se analizará la comparativa de emisiones globales, la inversión a realizar, el pay-back así como la variación del consumo energético.

En cada alternativa de los trece pabellones se consideró tres ámbitos de estudio:

1. Máximos usuarios (registros recabados durante visitas).
2. Mínimos usuarios (registros recabados durante visitas).
3. A través de consumos dados por el Ayuntamiento de Murcia.

### **13.1 Instalaciones Actuales**

Características y datos del gasóleo e instalaciones:

**Tabla 21. Características del gasóleo.**

<b>PCI GASOLEO C</b>	42.000,00	kJ/kg	11,67	kWh/kg
<b>Densidad GO</b>	0,85	kg/l		
<b>PCI GO</b>	35.700,00	kJ/l	9,92	kWh/l
<b>Coste GASOLEO C</b>	67,40	c€/l		



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

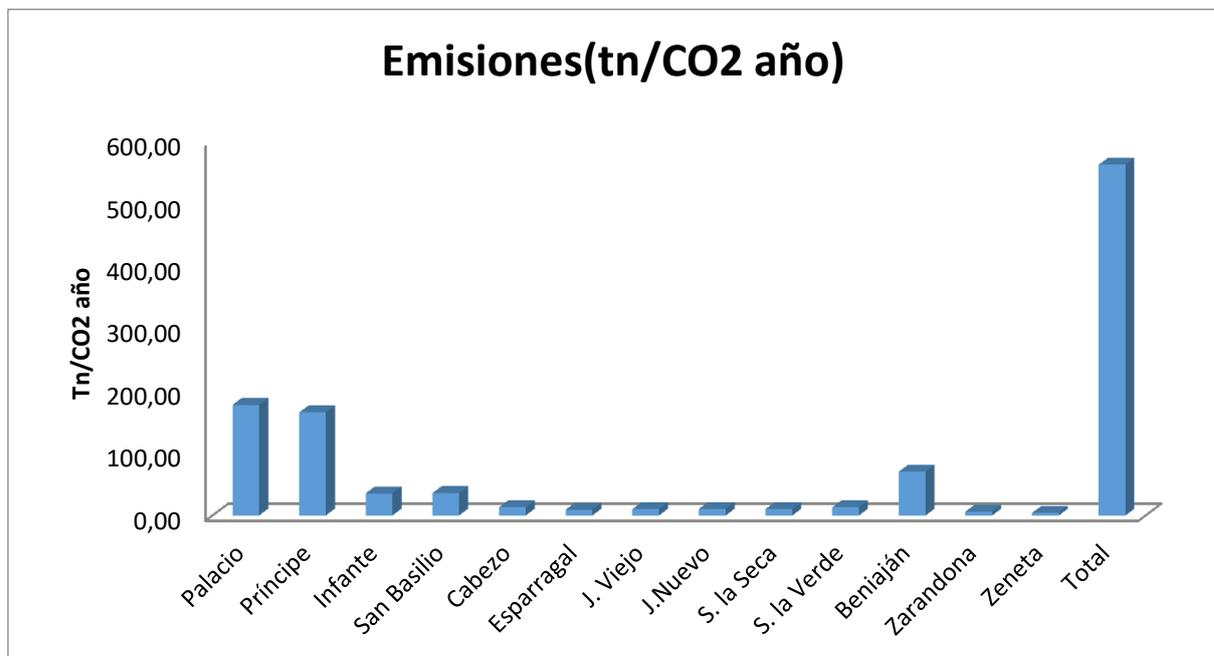
MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 63 de 105

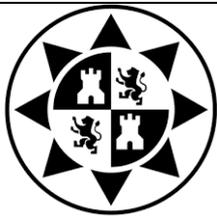
– Máximos Usuarios.

**Tabla 22. Resumen demandas y emisiones actuales,**

Instalación	GO Nº Usuarios	Demanda kWh	Consumo kWh	Consumo l	Coste GO €	Emisiones tn/CO2 año
Palacio	1500	514.868,30	612.938,45	61.808,92	41.659,21	177,14
Príncipe	1500	493.660,09	571.365,84	57.616,72	38.833,67	165,12
Infante	300	105.111,26	123.081,10	12.411,54	8.365,38	35,57
San Basilio	300	105.111,26	124.098,30	12.514,11	8.434,51	35,86
Cabezo	100	38.363,10	45.888,88	4.627,45	3.118,90	13,26
Esparragal	70	27.192,37	32.526,76	3.280,01	2.210,73	9,40
J. Viejo	90	30.731,78	35.202,49	3.549,83	2.392,59	10,17
J. Nuevo	90	33.403,78	37.532,33	3.784,77	2.550,94	10,85
S. la Seca	80	31.224,88	36.265,83	3.657,06	2.464,86	10,48
S. la Verde	100	38.363,10	45.133,06	4.551,23	3.067,53	13,04
Beniaján	600	202.916,47	243.013,73	24.505,59	16.516,77	70,23
Zarandona	50	20.517,55	22.374,65	2.256,27	1.520,72	6,47
Zeneta	40	13.813,04	15.096,21	1.522,31	1.026,04	4,36
<b>Total</b>		<b>1.655.277,0</b>	<b>1.944.517,7</b>	<b>196.085,8</b>	<b>132.161,84</b>	<b>561,97</b>



**Figura 24. Emisiones de CO2/año para cada instalación analizada.**



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

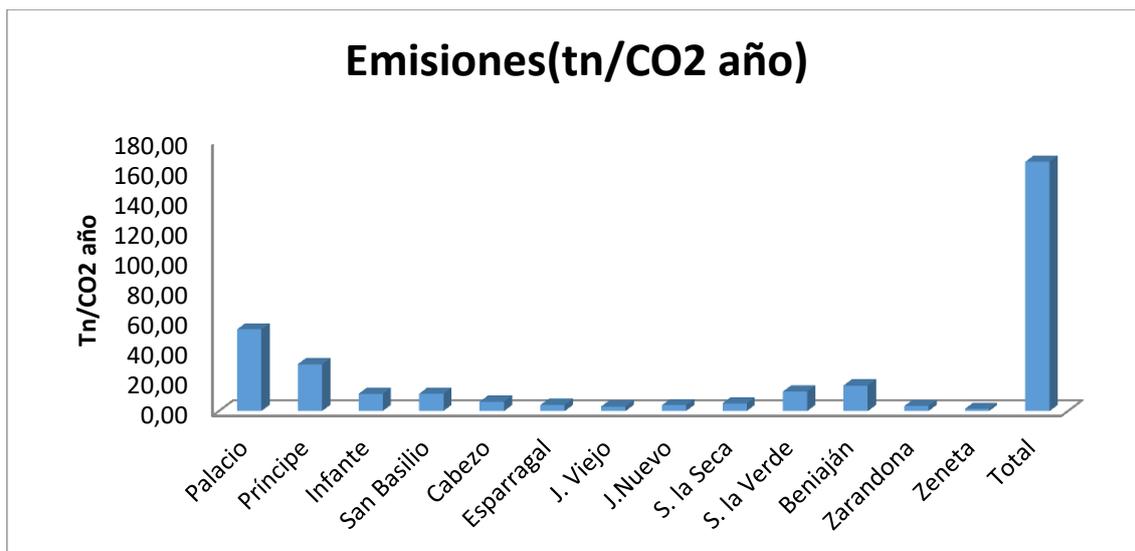
MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 64 de 105

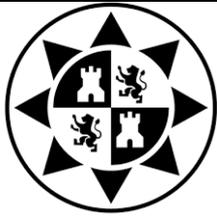
– Mínimos usuarios.

**Tabla 23. Resumen de demandas y emisiones actuales.**

	GO	Demanda	Consumo	Consumo	Coste GO	Emisiones
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	l	€	tn/CO2 año
Palacio	500	157.957,26	188.044,36	18.962,46	12.780,70	54,34
Príncipe	300	93.171,16	107.836,98	10.874,32	7.329,29	31,16
Infante	100	33.729,05	39.495,38	3.982,73	2.684,36	11,41
San Basilio	100	33.729,05	39.821,78	4.015,64	2.706,54	11,51
Cabezo	50	18.200,53	21.770,96	2.195,39	1.479,69	6,29
Esparragal	30	11.989,12	14.341,05	1.446,16	974,71	4,14
J. Viejo	30	9.317,12	10.672,53	1.076,22	725,37	3,08
J. Nuevo	30	11.989,12	13.470,92	1.358,41	915,57	3,89
S. la Seca	50	15.094,82	17.531,73	1.767,91	1.191,57	5,07
S. la Verde	50	38.363,10	45.133,06	4.551,23	3.067,53	13,04
Beniaján	150	49.257,58	58.991,11	5.948,68	4.009,41	17,05
Zarandona	25	10.436,26	11.380,88	1.147,65	773,52	3,29
Zeneta	15	4.658,56	5.091,32	513,41	346,04	1,47
<b>Total</b>		<b>487.892,7</b>	<b>573.582,1</b>	<b>57.840,2</b>	<b>38.984,30</b>	<b>165,77</b>



**Figura 25. Emisiones de CO2/año para cada instalación analizada.**



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

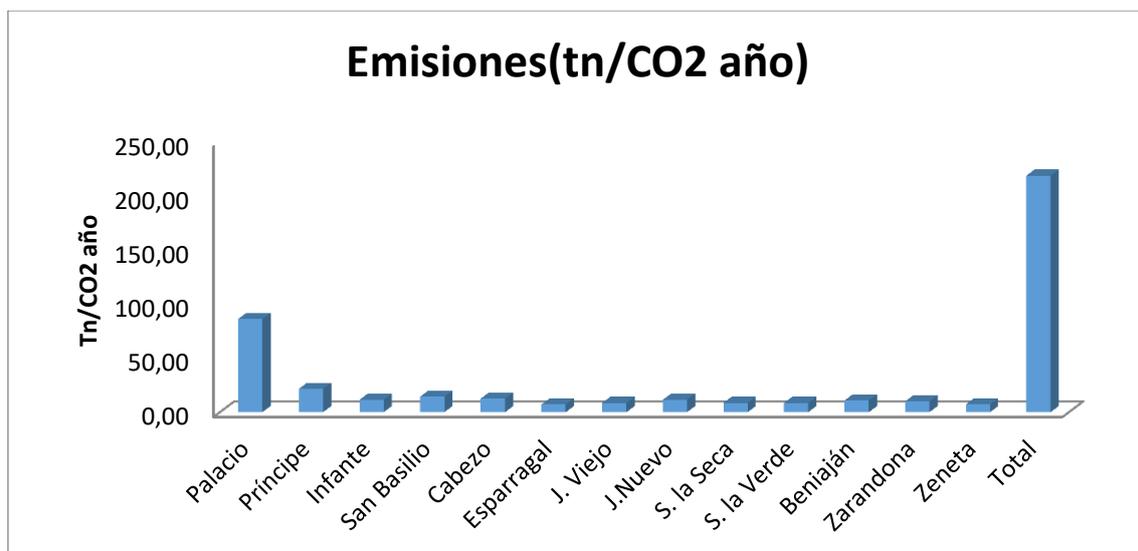
MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 65 de 105

– Para el consumo proporcionado por el Ayuntamiento.

**Tabla 24. Resumen de demandas y emisiones actuales.**

Instalación	GO Nº Usuarios	Demanda kWh	Consumo kWh	Consumo l	Coste GO €	Emisiones tn/CO2 año
Palacio	585	252.572,00	297.500,00	30.000,00	20.220,00	85,98
Príncipe	145	64.260,00	74.375,00	7.500,00	5.055,00	21,49
Infante	100	36.547,33	39.666,67	4.000,00	2.696,00	11,46
San Basilio	115	44.669,08	49.583,33	5.000,00	3.370,00	14,33
Cabezo	100	39.149,47	43.633,33	4.400,00	2.965,60	12,61
Esparragal	70	23.397,83	24.791,67	2.500,00	1.685,00	7,16
J. Viejo	60	25.971,75	29.750,00	3.000,00	2.022,00	8,60
J. Nuevo	100	37.975,33	39.666,67	4.000,00	2.696,00	11,46
S. la Seca	80	28.286,75	29.750,00	3.000,00	2.022,00	8,60
S. la Verde	80	27.959,50	29.750,00	3.000,00	2.022,00	8,60
Beniaján	90	34.137,91	37.683,73	3.800,04	2.561,23	10,89
Zarandona	90	34.499,54	34.708,33	3.500,00	2.359,00	10,03
Zeneta	50	22.684,01	24.791,27	2.499,96	1.684,97	7,16
<b>Total</b>		<b>672.110,5</b>	<b>755.650,0</b>	<b>76.200,0</b>	<b>51.358,80</b>	<b>218,38</b>



**Figura 26. Emisiones de CO2/año para cada instalación analizada.**



## 13.2 Cambio a Gas Natural

A continuación se mostraran los resultados obtenidos del estudio de las trece instalaciones en cada uno de los tres casos.

Para ello se ha tenido en cuenta el precio del gas, el precio de canalización y acometida cuyos datos fueron facilitados por la empresa Redexis etc. Cuyos datos se muestran en las siguientes tablas:

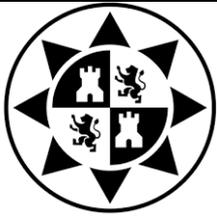
**Tabla 25. Precio por metro y distancia libre.**

<b>Precio por metro</b>	100	€/m
<b>Metros descontables</b>	6	m

**Tabla 26. Resumen pabellones coste y distancia a gas.**

	<b>GN</b>	<b>Distancia a red</b>	<b>Distancia efectiva</b>	<b>Precio</b>	<b>Resultado</b>
<b>Instalación</b>	<b>Nº Usuarios</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>€</b>	
Palacio	1500	76,00	70,00	7.000,00	Factible
Príncipe	1500	6,00	0,00	0,00	Factible
Infante	300	30,00	24,00	2.400,00	Factible
San Basilio	300	20,00	14,00	1.400,00	Factible
Cabezo	100	106,00	100,00	10.000,00	Descartado: falta de consumo
Esparragal	70	70,00	64,00	6.400,00	Descartado: falta de consumo
J. Viejo	90	129,00	123,00	12.300,00	Descartado: distancia
J. Nuevo*	90	-	-	-	Descartado: distancia
S. la Seca*	80	-	-	-	Descartado: distancia
S. la Verde	100	158,00	152,00	15.200,00	Descartado: distancia
Beniaján	600	20,00	14,00	1.400,00	Factible
Zarandona	50	63,00	57,00	5.700,00	Descartado: falta de consumo
Zeneta*	40	-	-	-	Descartado: distancia

A continuación se mostrarán las imágenes de red de las instalaciones posibles para la sustitución de la caldera:



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 67 de 105



Figura 27. Conexión gas Palacio de los Deportes.

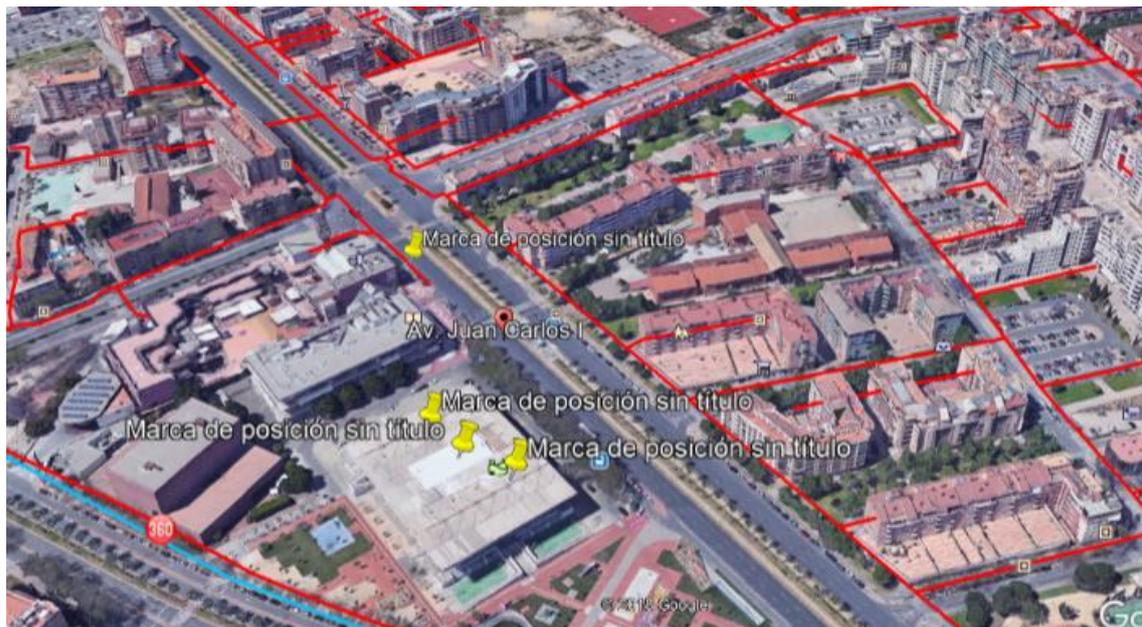
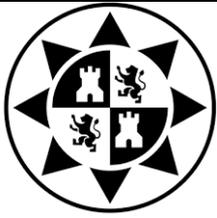


Figura 28. Conexión gas Príncipe de Asturias.



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

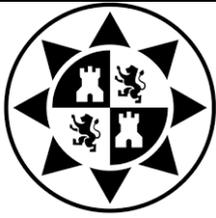
Página 68 de 105



Figura 29. Conexión gas Infante.



Figura 30. Conexión gas San Basilio.



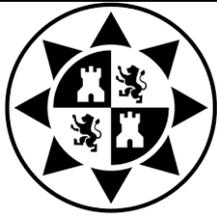
**Figura 31. Conexión gas Benijafar.**

Aquellas instalaciones en las que aparece un asterisco en su nombre significa que no hay posibilidad de entronque con la red y necesitarán de depósito de gas con sus respectivas recargas anuales.

Características y datos del gas natural:

**Tabla 27. Características gas natural.**

PCI GN	39.900,00	kJ/kg	11,08	kWh/kg
PCS GN	44.000,00	kJ/kg	12,22	kWh/kg
Coste GN	5,00	c€/kWhPCS		
Rendimiento Caldera ACS	0,95			



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

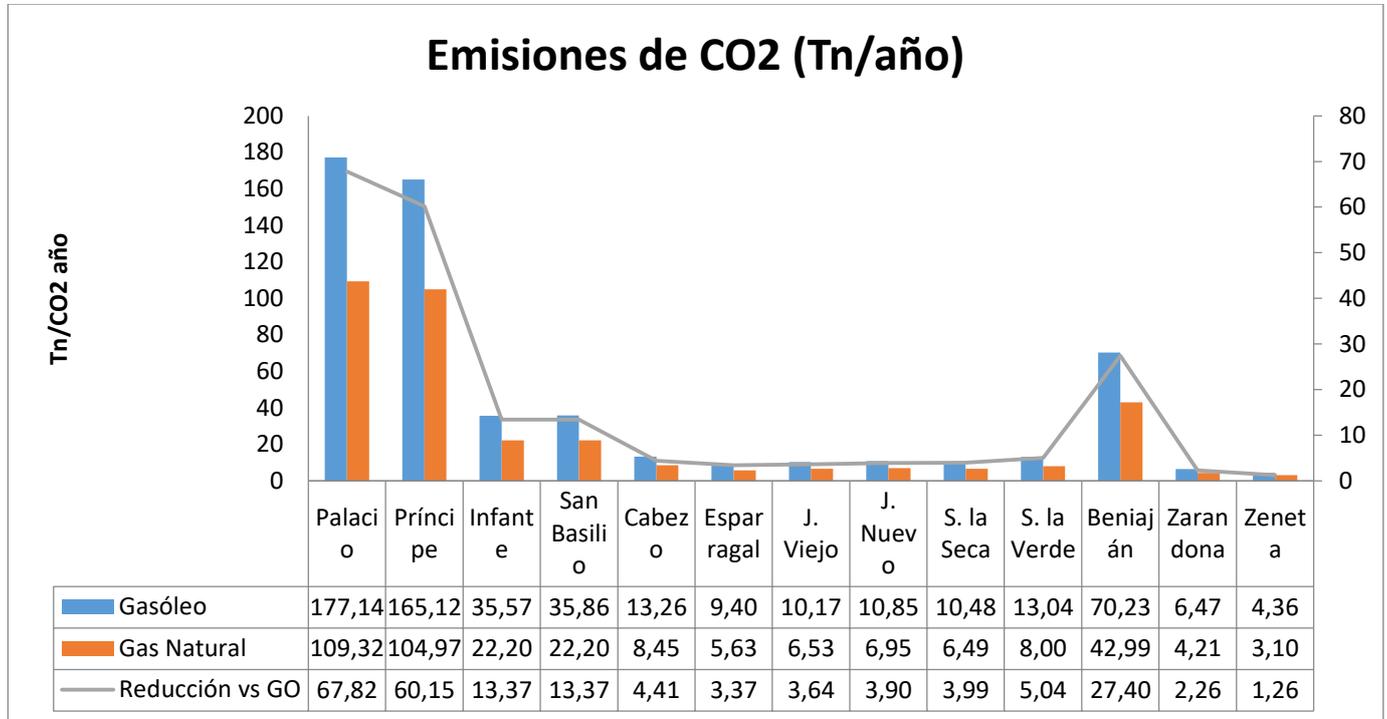
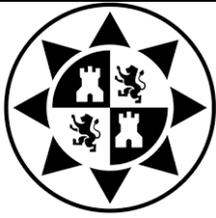
Página 70 de 105

- Estudio de emisiones.

- Máximos usuarios.

**Tabla 28. Reducción de emisiones por cambio a gas.**

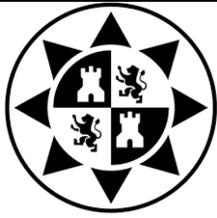
	GN	Demanda	Consumo	Coste GN	Emisiones	Reducción vs GO
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	€	tn/CO2 año	tn/CO2 año
Palacio	1500	514.868,30	541.208,74	29.841,08	109,32	67,82
Príncipe	1500	493.660,09	519.642,20	28.651,95	104,97	60,15
Infante	300	105.111,26	109.885,54	6.058,85	22,20	13,37
San Basilio	300	105.111,26	109.885,54	6.058,85	22,20	13,37
Cabezo	100	38.363,10	41.825,67	2.306,18	8,45	4,41
Esparragal	70	27.192,37	27.865,65	1.536,45	5,63	3,37
J. Viejo	90	30.731,78	32.349,24	1.783,67	6,53	3,64
J. Nuevo	90	32.683,78	34.403,98	1.896,96	6,95	3,90
S. la Seca	80	30.504,88	32.110,40	1.770,50	6,49	3,99
S. la Verde	100	37.643,10	39.624,32	2.184,80	8,00	5,04
Beniaján	600	202.196,47	212.838,39	11.735,45	42,99	27,40
Zarandona	50	19.797,55	20.839,53	1.149,05	4,21	2,26
Zeneta	40	13.813,04	15.347,82	846,25	3,10	1,26
<b>Total</b>		<b>1.651.677,0</b>	<b>1.737.827,0</b>	<b>95.820,04</b>	<b>351,04</b>	<b>209,98</b>



**Figura 32. Comparativa emisiones CO2 gasóleo y gas.**

Se puede observar que las emisiones, aun siendo el gas natural un combustible fósil, se reducen alrededor de un 40% en todas las instalaciones, con un total de 209,98 Tn menos de CO2 vertidas a la atmósfera por año respecto a las instalaciones de caldera de gasóleo.

Esto convierte al gas en una de las alternativas principales para el cambio de combustible, ya que su precio como se verá posteriormente también facilita la operación.



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

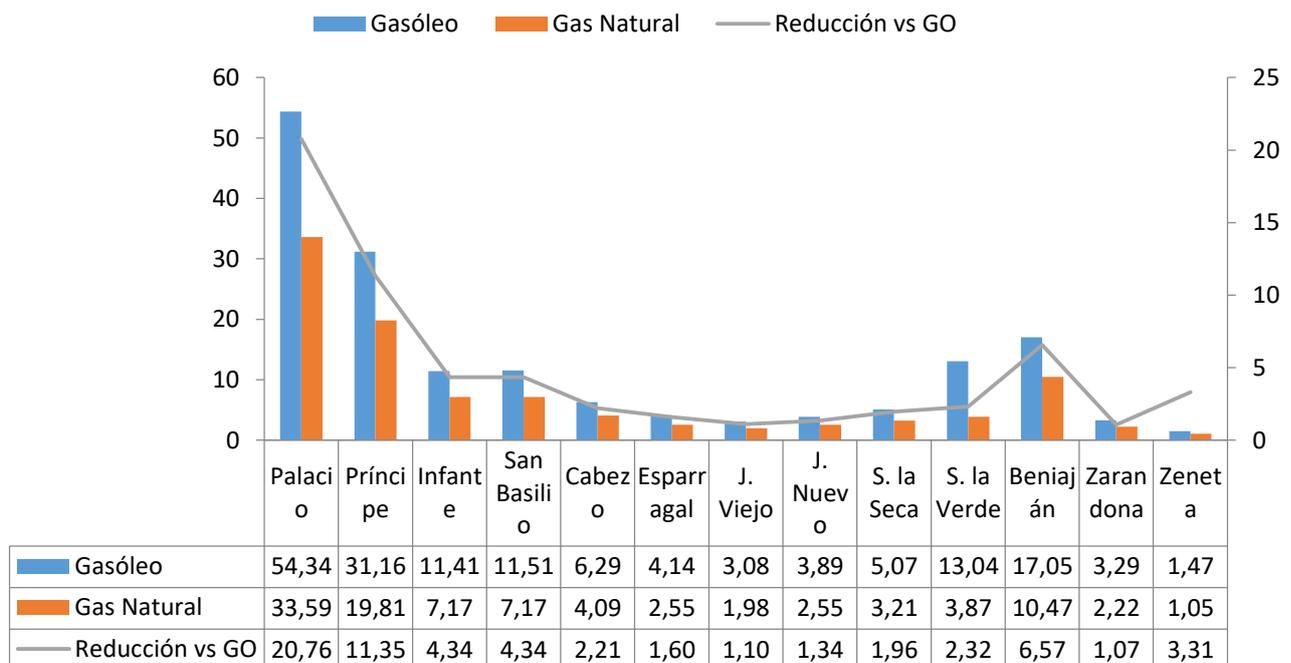
Página 72 de 105

– Mínimos usuarios.

**Tabla 29. Reducción de emisiones por cambio a gas.**

	GN	Demanda	Consumo	Coste GN	Emisiones	Reducción vs GO
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	€	tn/CO2 año	tn/CO2 año
Palacio	500	157.957,26	166.270,80	9.167,81	33,59	20,76
Príncipe	300	93.171,16	98.074,90	5.407,64	19,81	11,35
Infante	100	33.729,05	35.504,26	1.957,63	7,17	4,34
San Basilio	100	33.729,05	35.504,26	1.957,63	7,17	4,34
Cabezo	50	18.200,53	20.222,81	1.115,04	4,09	2,21
Esparragal	30	11.989,12	12.620,12	695,85	2,55	1,60
J. Viejo	30	9.317,12	9.807,49	540,76	1,98	1,10
J. Nuevo	30	11.989,12	12.620,12	695,85	2,55	1,34
S. la Seca	50	15.094,82	15.889,28	876,10	3,21	1,96
S. la Verde	50	18.200,53	19.158,45	1.056,36	3,87	2,32
Beniaján	150	49.257,58	51.850,08	2.858,90	10,47	6,57
Zarandona	25	10.436,26	10.985,54	605,72	2,22	1,07
Zeneta	15	4.658,56	5.176,18	285,40	1,05	3,31
<b>Total</b>		<b>467.730,1</b>	<b>493.684,3</b>	<b>27.220,69</b>	<b>99,73</b>	<b>62,27</b>

### Emisiones de CO2 (Tn/año)



**Figura 33. Comparativa emisiones gasóleo y gas natural.**



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

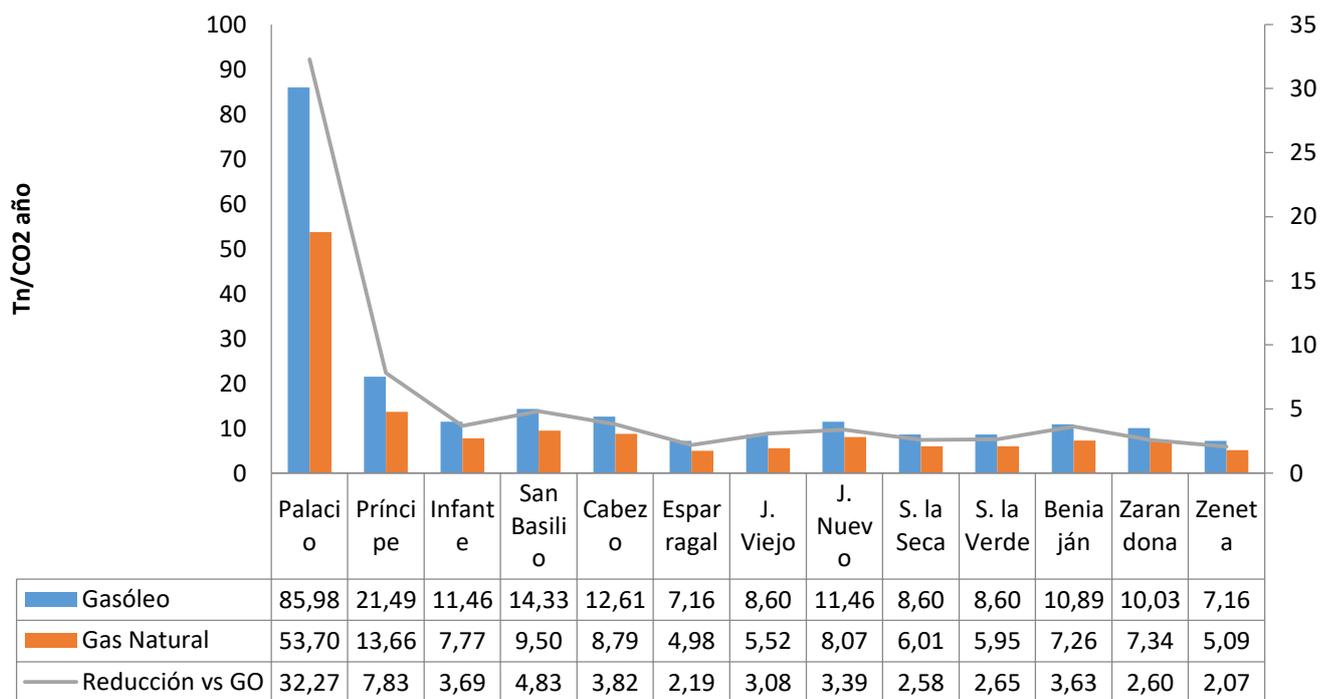
Página 73 de 105

– Para el consumo proporcionado por el Ayuntamiento.

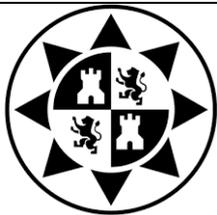
**Tabla 30. Reducción de emisiones por cambio a gas.**

	GN	Demanda	Consumo	Coste GN	Emisiones	Reducción vs GO
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	€	tn/CO2 año	tn/CO2 año
Palacio	585	252.572,00	265.865,26	14.659,24	53,70	32,27
Príncipe	145	64.260,00	67.642,11	3.729,64	13,66	7,83
Infante	100	36.547,33	38.470,88	2.121,20	7,77	3,69
San Basilio	115	44.669,08	47.020,09	2.592,59	9,50	4,83
Cabezo	100	39.149,47	43.499,41	2.398,46	8,79	3,82
Esparragal	70	23.397,83	24.629,30	1.358,01	4,98	2,19
J. Viejo	60	25.971,75	27.338,68	1.507,40	5,52	3,08
J. Nuevo	100	37.975,33	39.974,04	2.204,08	8,07	3,39
S. la Seca	80	28.286,75	29.775,53	1.641,76	6,01	2,58
S. la Verde	80	27.959,50	29.431,05	1.622,76	5,95	2,65
Beniján	90	34.137,91	35.934,65	1.981,36	7,26	3,63
Zarandona	90	34.499,54	36.315,31	2.002,35	7,34	2,60
Zeneta	50	22.684,01	25.204,46	1.389,72	5,09	2,07
<b>Total</b>		<b>672.110,5</b>	<b>711.100,7</b>	<b>39.208,56</b>	<b>143,64</b>	<b>74,63</b>

### Emisiones de CO2 (Tn/año)



**Figura 34. Comparativa emisiones gasóleo por gas natural**



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 74 de 105

- Estudio económico.

Para el siguiente estudio se ha tenido en cuenta tanto el precio del metro de canalización: 100€/m, el IPC de los combustibles y general, I.V.A y mantenimiento anual que para el caso de calderas de gas se ha considerado un 3% de la inversión total, así como precios de caldera, quemador, rampa de gas etc. Proporcionados por el fabricante Baxi-Roca. Se muestra a continuación un ejemplo de los datos utilizados:

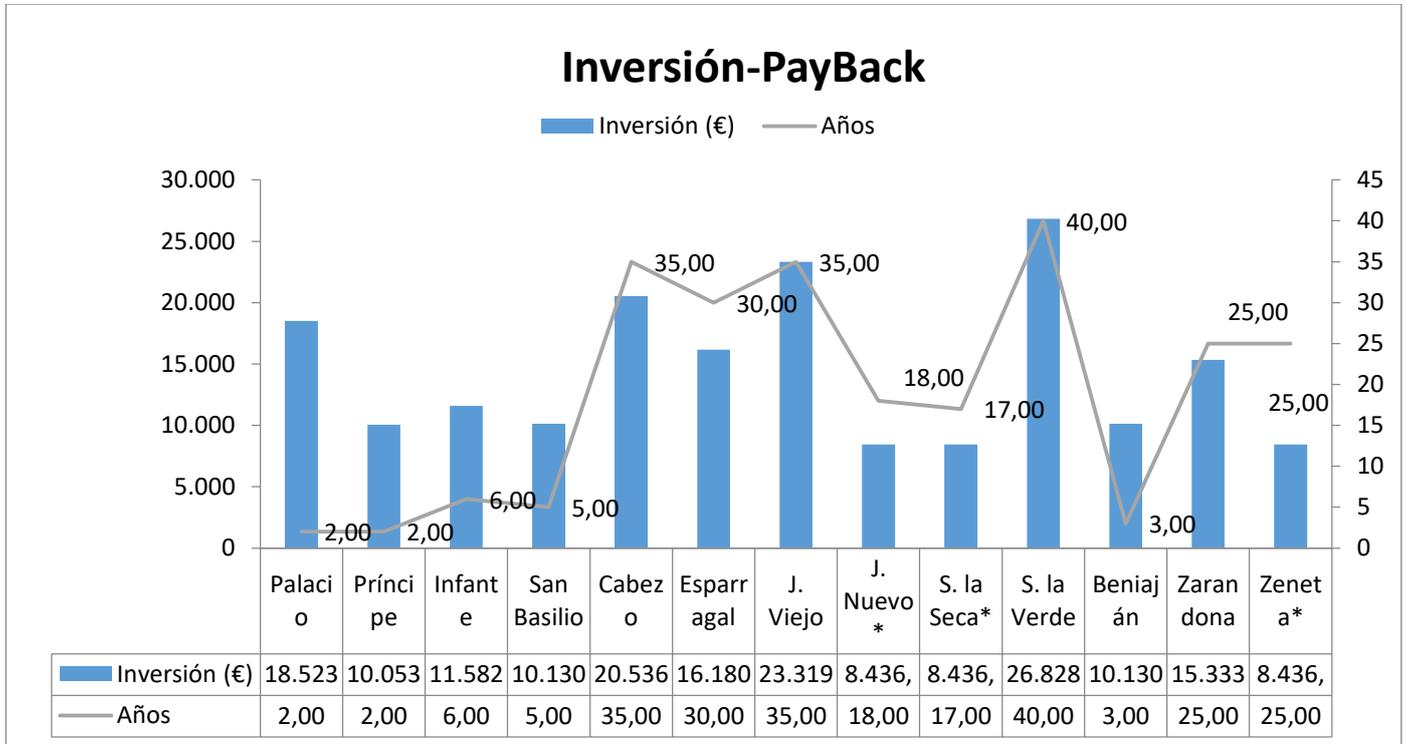
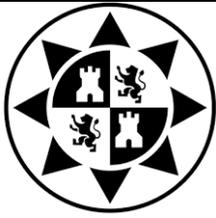
**Tabla 31. Datos económicos.**

IPC	2,00%	
IPC energético	3,00%	
Caldera CPA-BTH 130 kW KSF	3.576,00	€
Quemador Crono 15-GM	2.176,00	€
Rampa de gas CG 220	1.113,00	€
Kit de modulación	1.234,00	€
Puesta en marcha	210,00	€
Adaptación de instalación a gas	7.000,00	€
Base imponible	15.309,05	€
I.V.A	3.214,90	€
Inversión total	<b>18.523,95</b>	<b>€</b>
Mantenimiento (3%)	555,718515	€

- Máximos usuarios.

**Tabla 32. Análisis de rentabilidad.**

	GN	Inversión	Pay-Back	VAN 10-15 AÑOS	TIR 10-15 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	1500	18.523,95	2,00	406.534,28	160,00
Príncipe	1500	10.053,95	2,00	412.297,76	5.799,00
Infante	300	11.582,18	6,00	61.848,67	16,00
San Basilio	300	10.130,18	5,00	92.624,70	24,00
Cabezo	100	20.536,18	35,00	-	-
Esparragal	70	16.180,18	30,00	-	-
J. Viejo	90	23.319,18	35,00	-	-
J. Nuevo*	90	8.436,18	18,00	-	-
S. la Seca*	80	8.436,18	17,00	-	-
S. la Verde	100	26.828,18	40,00	-	-
Beniaján	600	10.130,18	3,00	143.258,77	85,00
Zarandona	50	15.333,18	25,00	-	-
Zeneta*	40	8.436,18	25,00	-	-

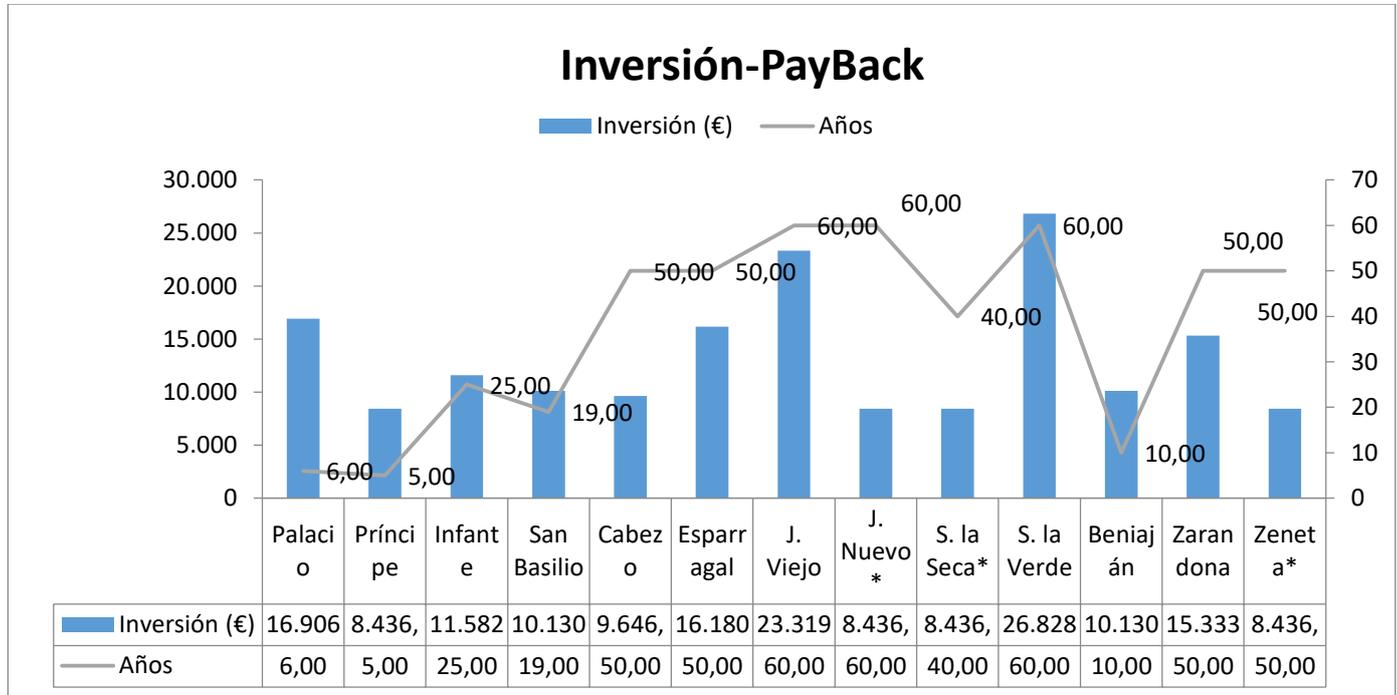
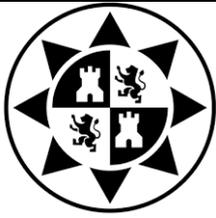


**Figura 35. Análisis de rentabilidad.**

– Mínimos Usuarios.

**Tabla 33. Análisis de rentabilidad.**

Instalación	GN	Inversión	Pay-Back	VAN 10-15 AÑOS	TIR 10-15 AÑOS
	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	500	16.906,18	6,00	6.127,90	5,00
Príncipe	300	8.436,18	5,00	9.102,50	9,00
Infante	100	11.582,18	25,00	-	-
San Basilio	100	10.130,18	19,00	-	-
Cabezo	50	9.646,18	50,00	-	-
Esparragal	30	16.180,18	50,00	-	-
J. Viejo	30	23.319,18	60,00	-	-
J. Nuevo*	30	8.436,18	60,00	-	-
S. la Seca*	50	8.436,18	40,00	-	-
S. la Verde	50	26.828,18	60,00	-	-
Beniaján	150	10.130,18	10,00	-25.415,79	-7,00
Zarandona	25	15.333,18	50,00	-	-
Zeneta*	15	8.436,18	50,00	-	-

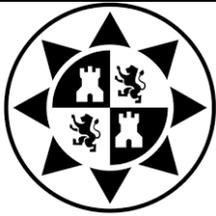


**Figura 36. Análisis rentabilidad.**

– Datos proporcionados por el Ayuntamiento.

**Tabla 34. Análisis de rentabilidad.**

	GN	Inversión	Pay-Back	VAN 10-15 AÑOS	TIR 10-15 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	585	16.906,18	4,00	122.043,82	43,00
Príncipe	145	8.436,18	8,00	6.910,31	4,00
Infante	100	11.582,18	24,00	-	-
San Basilio	115	10.130,18	15,00	-	-
Cabezo	100	9.646,18	21,00	-	-
Esparragal	70	16.180,18	55,00	-	-
J. Viejo	60	23.319,18	44,00	-	-
J. Nuevo*	100	8.436,18	22,00	-	-
S. la Seca*	80	8.436,18	31,00	-	-
S. la Verde	80	26.828,18	60,00	-	-
Beniaján	90	10.130,18	21,00	-	-
Zarandona	90	15.333,18	51,00	-	-
Zeneta*	50	8.436,18	45,00	-	-



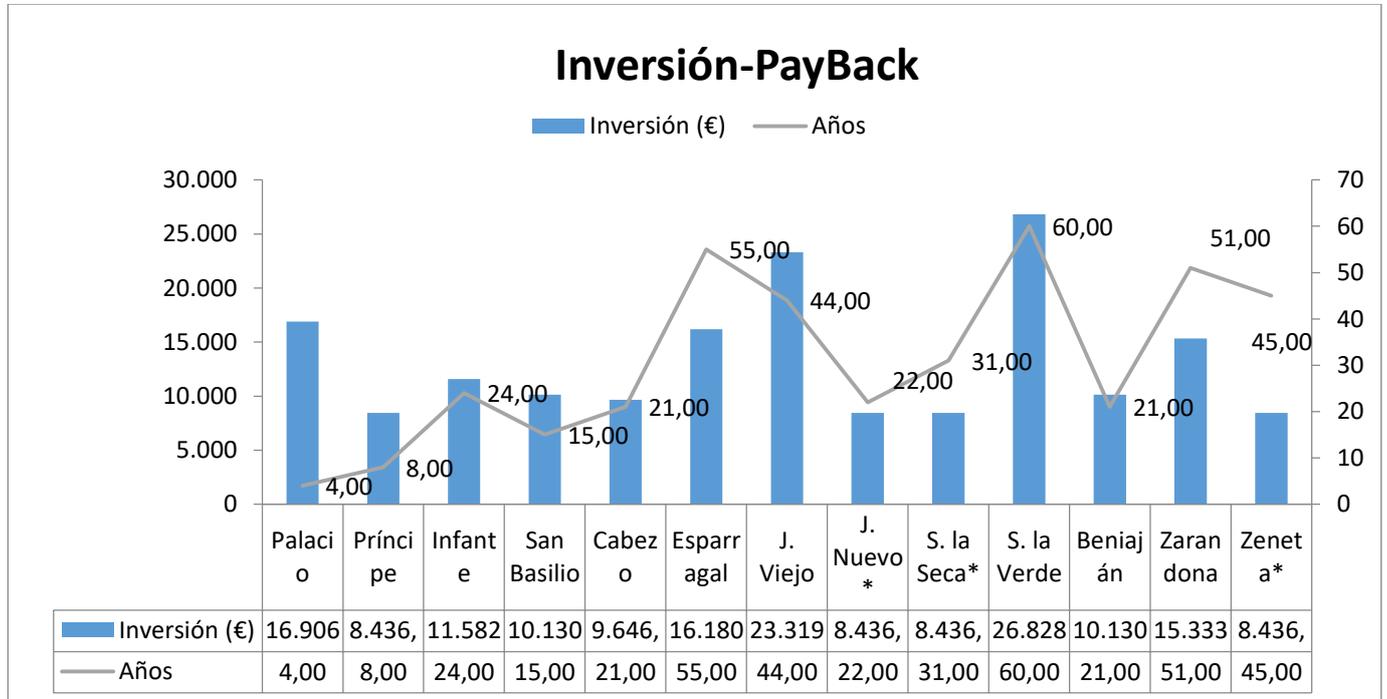
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 77 de 105



**Figura 37. Análisis de rentabilidad.**

A la vista de los resultados mostrados en las tablas y gráficas queda constatado que la distancia a la conexión con la red de gas supone un hándicap importante a la hora del cambio de caldera en las pedanías de la ciudad de Murcia, con la excepción de Beniaján, por su elevado número de usuarios, por el contrario los pabellones que se encuentran ubicados en el perímetro de la ciudad como Palacio de los Deportes, Príncipe de Asturias, el Infante, San Basilio, etc. La proximidad de la red y un mayor afluente de usuarios facilitan el cambio de instalación con un pay-back que en ocasiones no supera los 5 años recomendado su inmediato cambio ya que favorecería como se vio anteriormente tanto en las emisiones como en el coste anual.



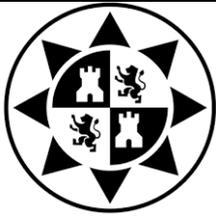
### 13.3 Cambio a Gas Natural con aporte solar térmico

Al igual que en el caso anterior se comenzara con el estudio de emisiones, al incorporar colectores solares se comprobará como se reduce aún más las emisiones de CO2 respecto a las calderas de gasóleo.

- Máximos usuarios.

**Tabla 35. Reducción de emisiones por aporte solar térmico.**

	GN	Consumo	Aporte Solar	Coste GN	Emisiones	Reducción vs GO
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	€	tn/CO2 año	tn/CO2 año
Palacio	1500	541.208,74	253.685,95	15.853,39	58,08	119,06
Príncipe	1500	519.642,20	186.032,89	18.394,50	67,39	97,73
Infante	300	109.885,54	9.780,36	5.519,58	20,22	15,35
San Basilio	300	109.885,54	9.780,36	5.519,58	20,22	15,64
Cabezo	100	41.825,67	21.448,63	1.123,55	4,12	9,15
Esparragal	70	27.865,65	14.210,19	752,93	2,76	6,64
J. Viejo	90	32.349,24	20.552,78	650,43	2,38	7,79
J. Nuevo	90	34.403,98	21.448,63	714,33	2,62	8,23
S. la Seca	80	32.110,40	20.822,86	622,37	2,28	8,20
S. la Verde	100	39.624,32	28.169,29	631,61	2,31	10,73
Beniaján	600	212.838,39	127.986,77	4.678,54	17,14	53,09
Zarandona	50	20.839,53	15.344,85	302,96	1,11	5,36
Zeneta	40	15.347,82	9.780,36	306,98	2,83	4,33
Total		<b>1.737.827,0</b>	<b>739.043,9</b>	<b>55.070,74</b>	<b>203,46</b>	<b>361,30</b>



### Emisiones de CO2 (Tn/año)

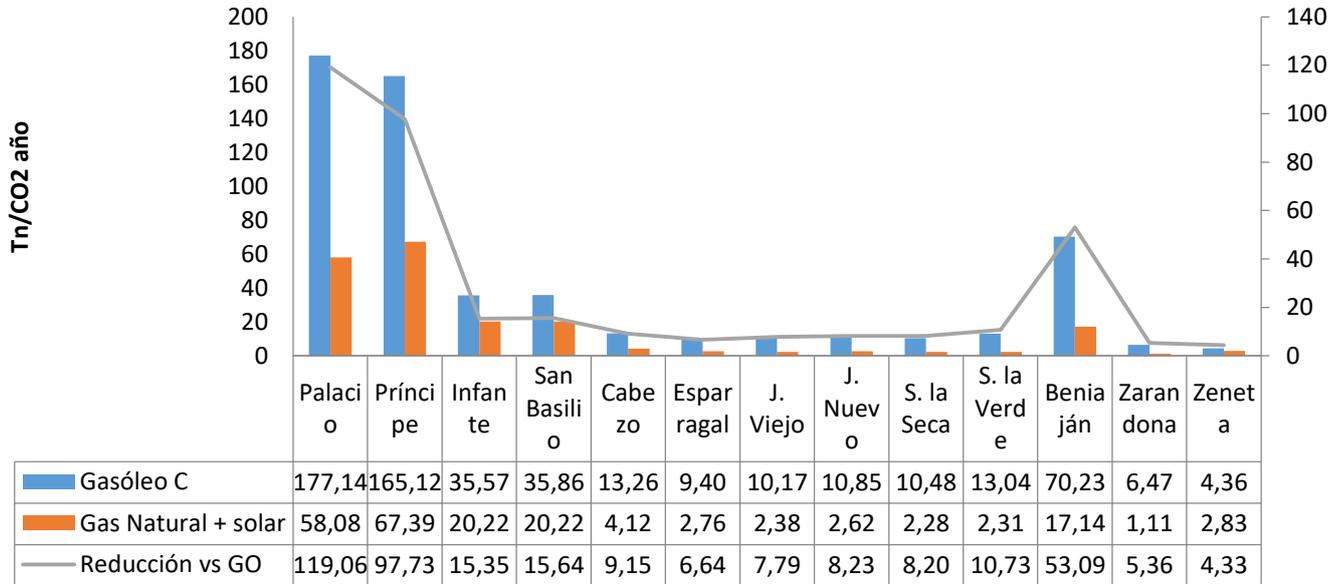
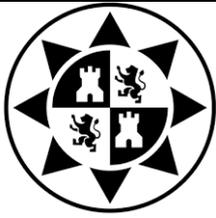


Figura 38. Reducción de emisiones por aporte solar.

- Mínimos usuarios.

**Tabla 36. Reducción de emisiones por aporte solar térmico.**

	GN	Consumo	Aporte Solar	Coste GN	Emisiones	Reducción vs GO
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	€	tn/CO2 año	tn/CO2 año
Palacio	500	166.270,80	113.786,99	2.893,84	10,60	43,74
Príncipe	300	98.074,90	43.676,72	299,40	10,99	20,17
Infante	100	35.504,26	21.448,63	775,00	2,84	8,57
San Basilio	100	35.504,26	4.281,67	1.721,55	6,31	5,20
Cabezo	50	20.222,81	12.457,99	429,14	1,57	4,72
Esparragal	30	12.620,12	8.631,49	219,92	0,81	3,34
J. Viejo	30	9.807,49	8.631,49	64,84	0,24	2,85
J. Nuevo	30	12.620,12	8.002,21	254,62	0,93	2,96
S. la Seca	50	15.889,28	10.330,02	306,53	1,12	3,94
S. la Verde	50	19.158,45	15.344,85	210,27	0,77	5,42
Beniján	150	51.850,08	35.851,39	882,13	3,23	13,82
Zarandona	25	10.985,54	5.281,43	314,51	1,15	2,14
Zeneta	15	5.176,18	4.281,67	49,32	0,18	1,29
<b>Total</b>		<b>493.684,3</b>	<b>292.006,5</b>	<b>8.421,07</b>	<b>40,74</b>	<b>118,16</b>



## Emisiones de CO2 (Tn/año)

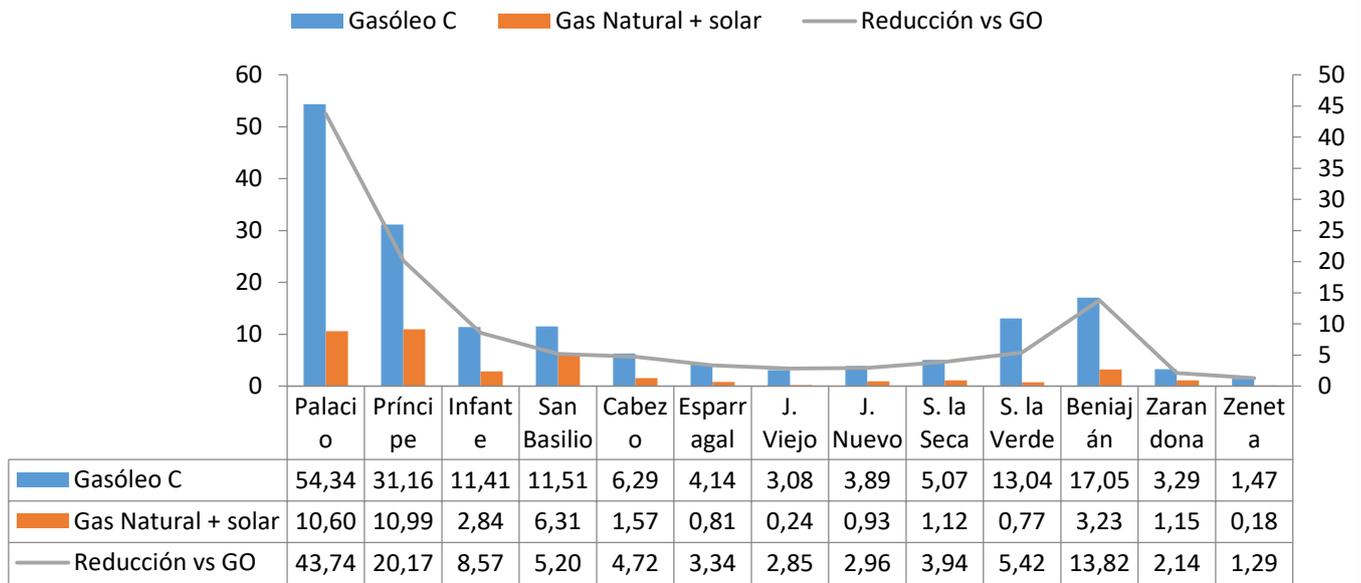
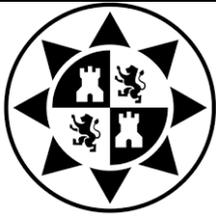


Figura 39. Reducción de emisiones por aporte solar térmico.

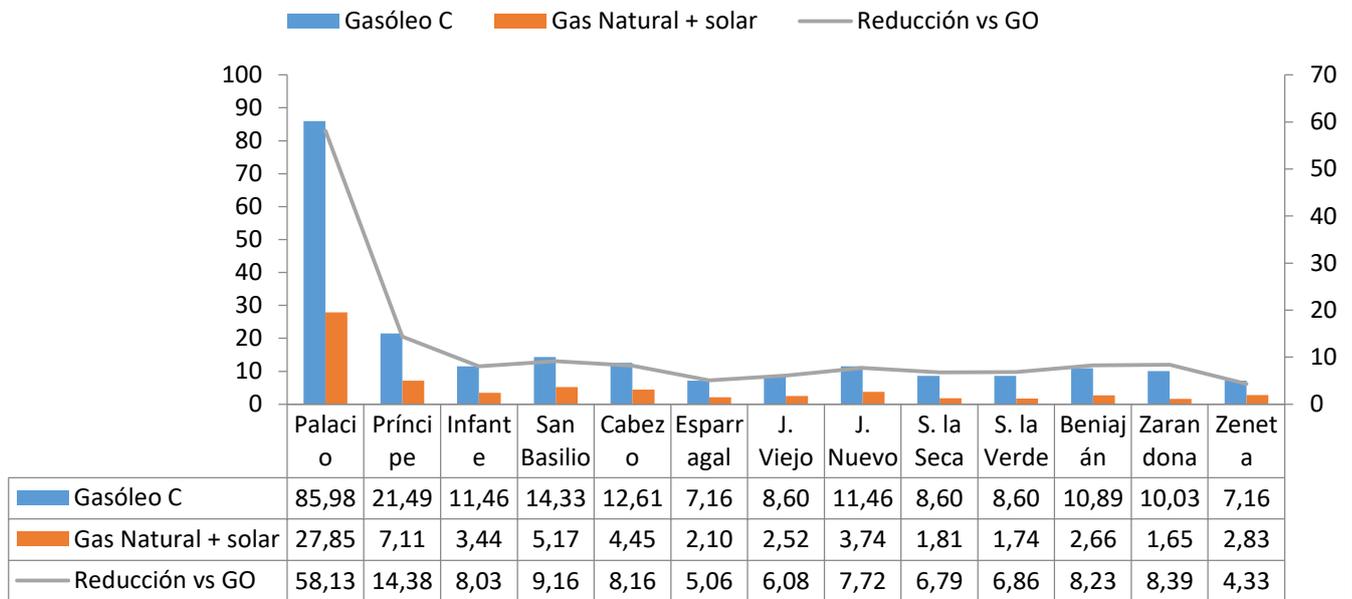
- Datos proporcionados por el Ayuntamiento.

Tabla 37. Reducción de emisiones por aporte solar térmico.

	GN	Consumo	Aporte Solar	Coste GN	Emisiones	Reducción vs GO
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	€	tn/CO2 año	tn/CO2 año
Palacio	585	265.865,26	127.986,77	7.602,32	27,85	58,13
Príncipe	145	67.642,11	32.427,25	1.941,67	7,11	14,38
Infante	100	38.470,88	21.448,63	938,57	3,44	8,03
San Basilio	115	47.020,09	21.448,63	1.409,96	5,17	9,16
Cabezo	100	43.499,41	21.448,63	1.215,83	4,45	8,16
Esparragal	70	24.629,30	14.210,19	574,49	2,10	5,06
J. Viejo	60	27.338,68	14.883,61	686,75	2,52	6,08
J. Nuevo	100	39.974,04	21.448,63	1.021,45	3,74	7,72
S. la Seca	80	29.775,53	20.822,86	493,63	1,81	6,79
S. la Verde	80	29.431,05	20.822,86	474,74	1,74	6,86
Beniján	90	35.934,65	22.761,44	726,34	2,66	8,23
Zarandona	90	36.315,31	28.169,29	449,15	1,65	8,39
Zeneta	50	25.204,46	11.194,25	772,49	2,83	4,33
<b>Total</b>		<b>711.100,7</b>	<b>379.073,0</b>	<b>18.307,39</b>	<b>67,07</b>	<b>151,32</b>



## Emisiones de CO2 (Tn/año)



**Figura 40. Reducción de emisiones por aporte solar térmico.**

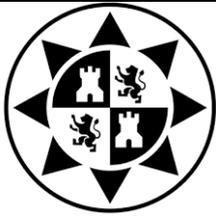
Como se puede observar se reduce casi un 70% la emisiones vertidas a la atmósfera siendo una combinación gas + solar idónea para este tipo de instalaciones ambientalmente hablando y en cuando a rendimiento.

- Estudio económico.

Aunque con este sistema se reduce un elevado número de toneladas de dióxido de carbono las instalaciones a estudiar raramente serán factibles económicamente hablando pues hacen falta un gran número de colectores debido a que se debe alcanzar el 50% de aporte solar como indica el CTE en su documento HE-4, que incrementan mucho la inversión a la que hay que añadir la conexión a red de gas. Además la orientación de algunos de los edificios o sombras que se proyectan en ellos hacen que se desestime esta opción.

Los colectores son del fabricante de instalaciones térmicas Baxi- Roca con un precio por colector de 742€ a lo que hay que añadir un suplemento por depósitos, bombas intercambiadores etc.

En este caso el mantenimiento se ha considerado de un 1% sobre el total de la inversión tomando como referencia las placas solares.



**VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA**



Revisión 0

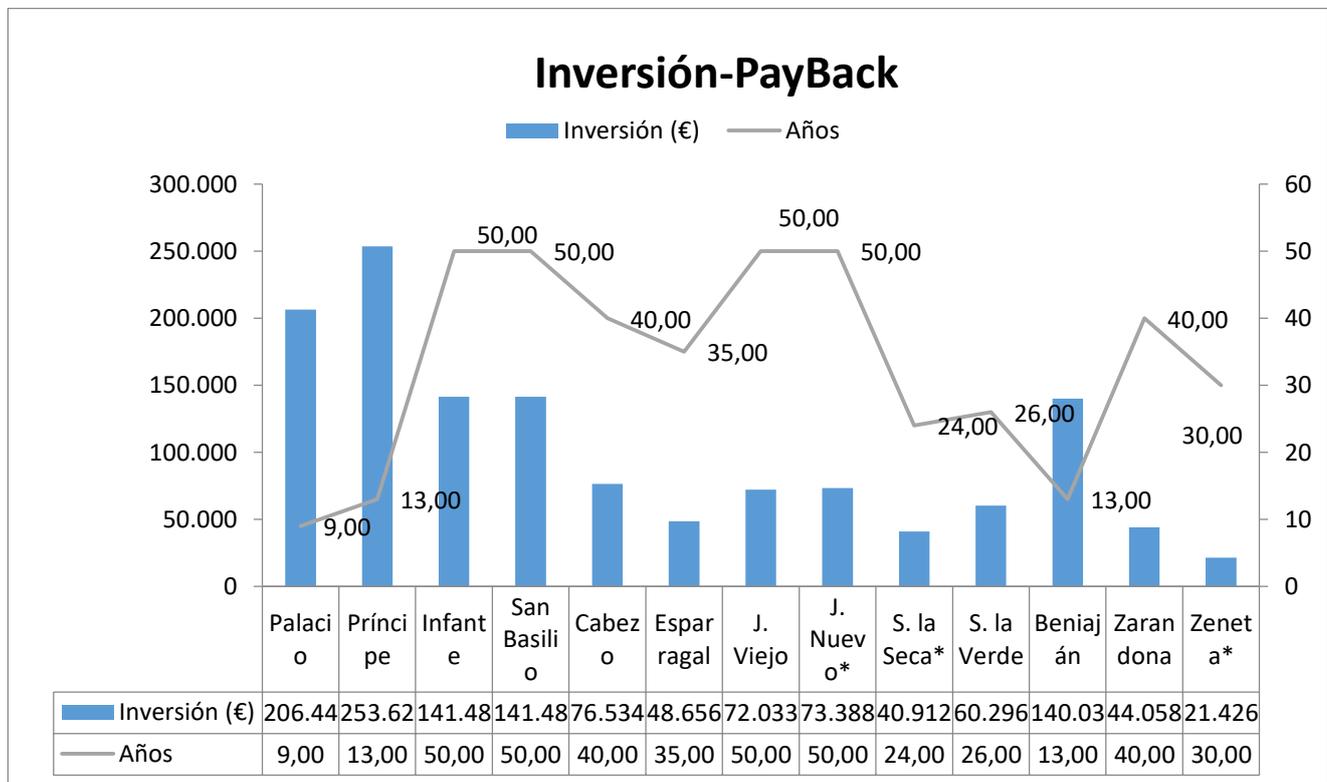
MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 82 de 105

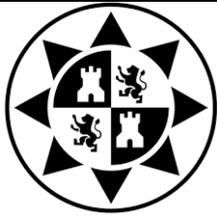
- Máximos usuarios.

**Tabla 38. Análisis de rentabilidad.**

	GN + solar	Inversión	Pay-Back	VAN 25 AÑOS	TIR 25 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	1500	206.440,58	9,00	2.470.612,18	12,00
Príncipe	1500	253.626,95	13,00	-49.373,00	2,00
Infante	300	141.487,78	50,00	-	-
San Basilio	300	141.487,78	50,00	-	-
Cabezo	100	76.534,98	40,00	-	-
Esparragal	70	48.656,58	35,00	-	-
J. Viejo	90	72.033,78	50,00	-	-
J. Nuevo*	90	73.388,98	50,00	-	-
S. la Seca*	80	40.912,52	24,00	-	-
S. la Verde	100	60.296,78	26,00	-	-
Beniaján	600	140.035,78	13,00	124.190,70	3,00
Zarandona	50	44.058,58	40,00	-	-
Zeneta*	40	21.426,74	30,00	-	-



**Figura 41. Análisis de rentabilidad.**



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

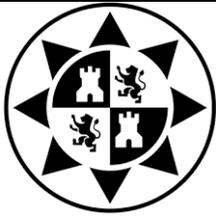
MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 83 de 105

- Mínimo usuarios.

**Tabla 39. Análisis de rentabilidad.**

	GN + solar	Inversión	Pay-Back	VAN 25 AÑOS	TIR 25 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	500	133.368,68	14,00	-261.728,74	0,00
Príncipe	300	105.865,38	26,00	-	-
Infante	100	76.534,98	50,00	-	-
San Basilio	100	76.534,98	50,00	-	-
Cabezo	50	44.058,58	40,00	-	-
Esparragal	30	32.418,38	40,00	-	-
J. Viejo	30	39.557,38	40,00	-	-
J. Nuevo*	30	24.674,38	35,00	-	-
S. la Seca*	50	24.674,32	29,00	-	-
S. la Verde	50	35.939,48	31,00	-	-
Beniaján	150	57.150,78	19,00	-415.941,14	-11,00
Zarandona	25	27.820,38	50,00	-	-
Zeneta*	15	14.931,46	35,00	-	-



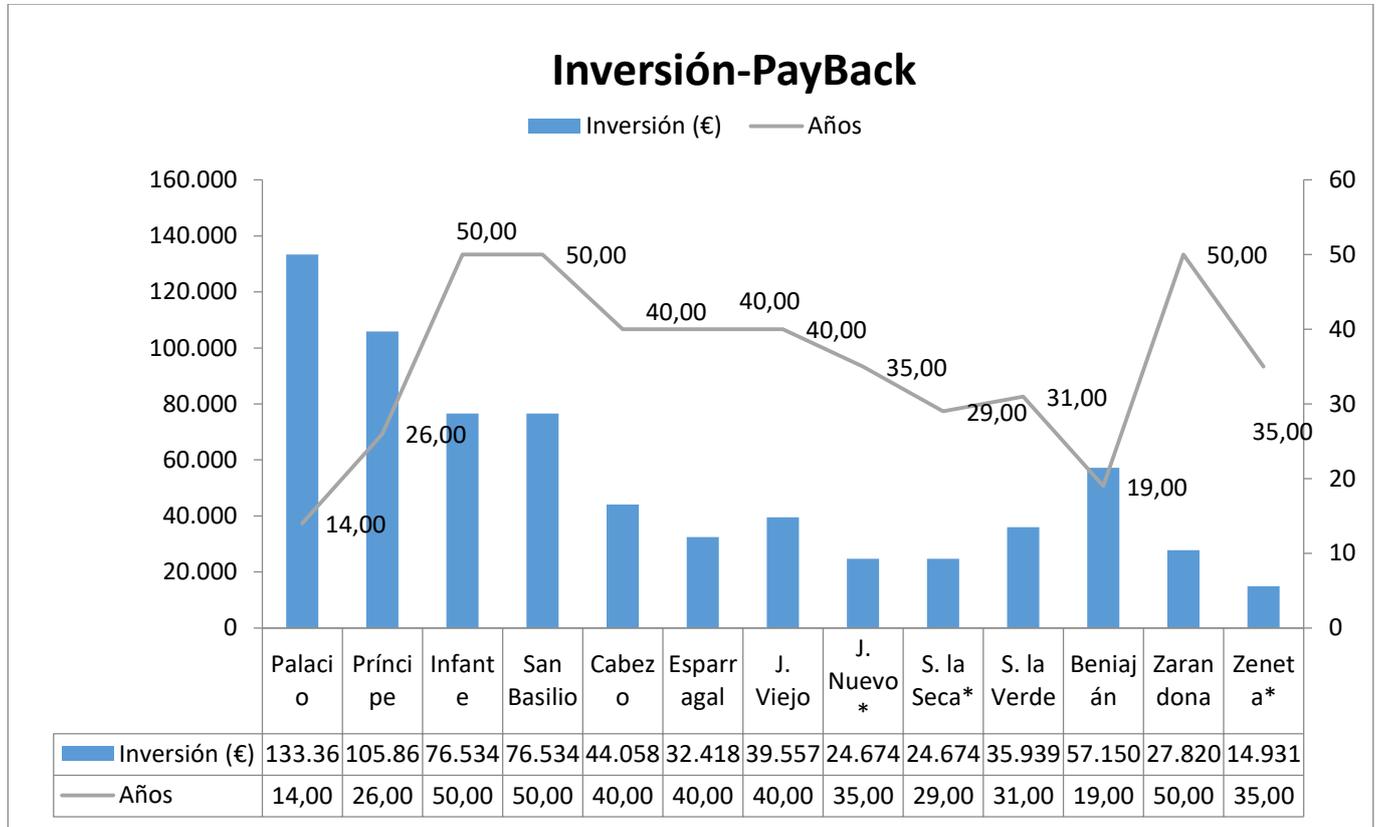
**VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA**



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 84 de 105

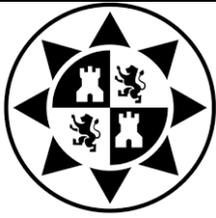


**Figura 42. Análisis de rentabilidad.**

- Datos proporcionados por el Ayuntamiento.

**Tabla 40. Análisis de rentabilidad.**

	GN + solar	Inversión	Pay-Back	VAN 25 AÑOS	TIR 25 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	585	141.487,78	12,00	305.300,43	4,00
Príncipe	145	49.031,68	17,00	-239.015,89	-5,00
Infante	100	76.534,98	50,00	-	-
San Basilio	115	76.534,98	50,00	-	-
Cabezo	100	76.534,98	55,00	-	-
Esparragal	70	48.656,58	50,00	-	-
J. Viejo	60	55.795,58	50,00	-	-
J. Nuevo*	100	73.388,98	55,00	-	-
S. la Seca*	80	40.912,52	28,00	-	-
S. la Verde	80	44.058,58	30,00	-	-
Beniaján	90	39.358,94	23,00	-	-



**VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA**

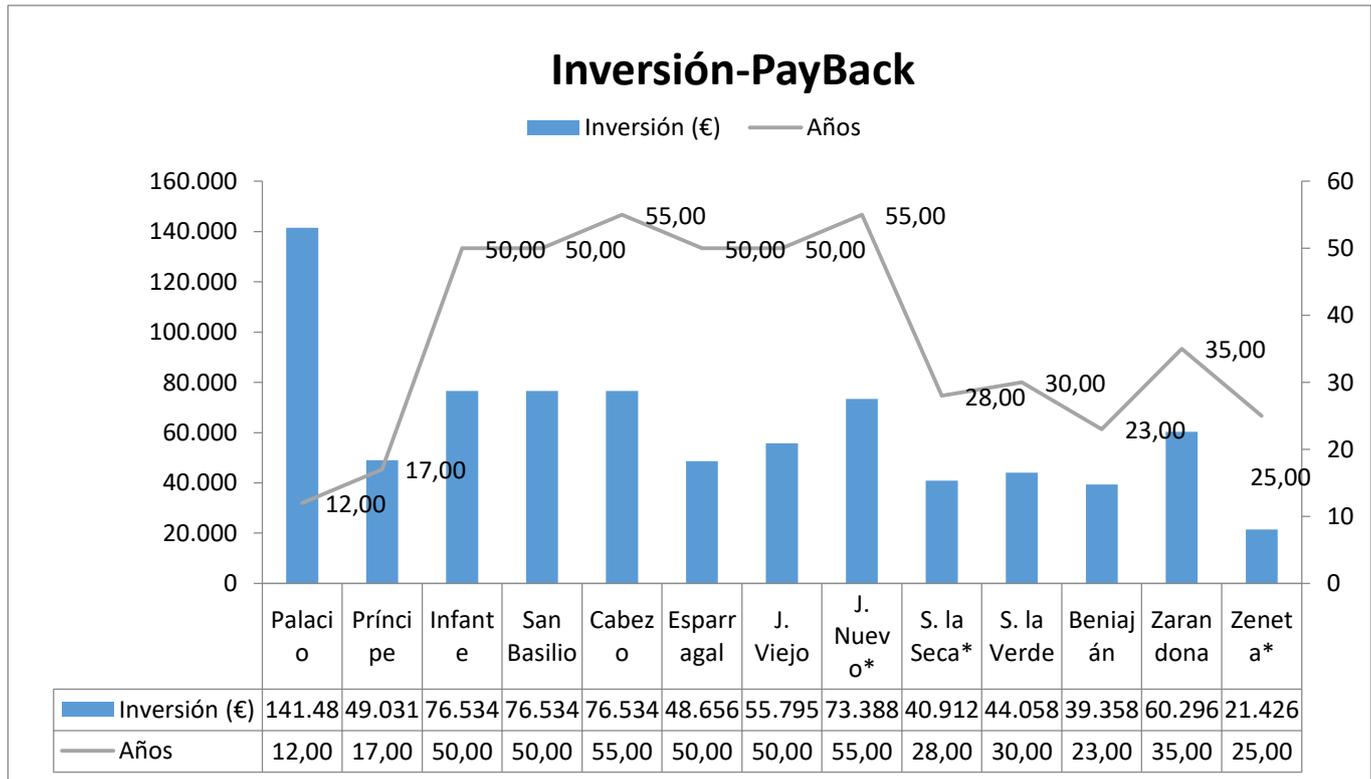


Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

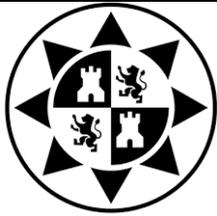
Página 85 de 105

Zarandona	90	60.296,78	35,00	-	-
Zeneta*	50	21.426,74	25,00	-	-



**Figura 43. Análisis de rentabilidad.**

Como se ha comentado en la mayoría de instalaciones no será posible instalar este sistema, solo en grandes pabellones como el Palacio de los Deportes y Príncipe de Asturias y solo para el caso de máximos usuarios en Beniaján se podría adoptar la caldera de gas más los colectores solares térmicos. En el caso del Palacio la superficie disponible es escasa aunque no habría problema para la instalación de los paneles para cubrir la demanda.



## **13.4 Cambio a Biomasa**

La caldera de biomasa es una de las alternativas más interesantes medioambientalmente hablando, ya que sus emisiones de CO<sub>2</sub> están fijadas y por tanto al sustituirlas por las calderas de gasóleo actuales se rebajaría drásticamente este factor.

Aunque el CTE, marca que una parte de la energía debe ser suministrada por solar térmica se ha realizado el cálculo para que la caldera sea capaz de suplir el total de la demanda.

Las calderas y equipamientos han sido seleccionadas del catálogo del fabricante de sistemas térmicos Froling.

El inconveniente de estas calderas es que deben funcionar al menos entre 18 y 20 horas diarias ya que los arranques y paradas acortan la vida y la producción de las mismas, por lo que un buen depósito de inercia es imprescindible en estas instalaciones.

Características y datos de la Astilla A1 que será el combustible seleccionado como ya se comentó anteriormente:

**Tabla 41. Características de la astilla.**

<b>Coste Astilla</b>	90,00	€/tn		
<b>Densidad aparente de la astilla</b>	250,00	kg/m <sup>3</sup>		
<b>Rendimiento medio estacional caldera de biomasa</b>	0,75			
<b>PCI ASTILLA</b>	3.500,00	kcal/kg	4,07	kWh/kg



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 87 de 105

- Máximos usuarios.

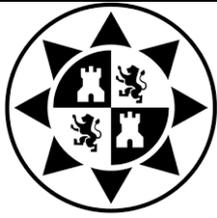
**Tabla 42. Consumo de biomasa.**

	Biomasa	Demanda	Consumo	Consumo	Coste
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	Kg	€
Palacio	1500	514.868,30	686.491,07	168.722,84	15.185,06
Príncipe	1500	493.660,09	759.477,06	186.661,03	16.799,49
Infante	300	105.111,26	140.148,35	34.445,06	3.100,06
San Basilio	300	105.111,26	140.148,35	34.445,06	3.100,06
Cabezo	100	38.363,10	51.150,81	12.571,63	1.131,45
Esparragal	70	27.192,37	36.256,49	8.910,97	801,99
J. Viejo	90	30.731,78	47.279,66	11.620,19	1.045,82
J. Nuevo	90	32.683,78	44.538,37	10.946,45	985,18
S. la Seca	80	30.504,88	41.633,18	10.232,42	920,92
S. la Verde	100	37.643,10	51.150,81	12.571,63	1.131,45
Beniaján	600	202.196,47	270.555,29	66.495,92	5.984,63
Zarandona	50	19.797,55	27.356,74	6.723,62	605,13
Zeneta	40	13.813,04	21.250,83	5.222,94	470,06
<b>Total</b>		<b>1.651.677,0</b>	<b>2.317.437,0</b>	<b>569.569,76</b>	<b>51.261,28</b>

- Mínimos usuarios.

**Tabla 43. Consumo de biomasa.**

	Biomasa	Demanda	Consumo	Consumo	Coste
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	Kg	€
Palacio	500	13.813,04	21.250,83	5.222,94	470,06
Príncipe	300	93.171,16	143.340,24	35.229,55	3.170,66
Infante	100	33.729,05	44.972,07	11.053,04	994,77
San Basilio	100	33.729,05	44.972,07	11.053,04	994,77
Cabezo	50	18.200,53	24.267,37	5.964,33	536,79
Esparragal	30	11.989,12	15.985,49	3.928,84	353,60
J. Viejo	30	9.317,12	14.334,02	3.522,96	317,07
J. Nuevo	30	11.989,12	15.985,49	3.928,84	353,60
S. la Seca	50	15.094,82	20.126,43	4.946,59	445,19
S. la Verde	50	18.200,53	24.267,37	5.964,33	536,79
Beniaján	150	49.257,58	65.676,77	16.141,76	1.452,76
Zarandona	25	10.436,26	13.915,02	3.419,97	307,80
Zeneta	15	4.658,56	7.167,01	1.761,48	158,53
<b>Total</b>		<b>323.585,9</b>	<b>456.260,2</b>	<b>112.137,67</b>	<b>10.092,39</b>



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 88 de 105

- Datos proporcionados por el Ayuntamiento.

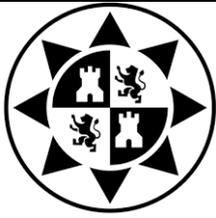
**Tabla 44. Consumo de biomasa.**

	Biomasa	Demanda	Consumo	Consumo	Coste
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	Kg	€
Palacio	585	252.572,00	336.762,67	82.768,09	7.449,13
Príncipe	145	64.260,00	98.861,54	24.297,77	2.186,80
Infante	100	36.547,33	48.729,78	11.976,60	1.077,89
San Basilio	115	44.669,08	59.558,78	14.638,10	1.317,43
Cabezo	100	39.149,47	52.199,29	12.829,32	1.154,64
Esparragal	70	23.397,83	31.197,11	7.667,49	690,07
J. Viejo	60	25.971,75	39.956,54	9.820,35	883,83
J. Nuevo	100	37.975,33	50.633,78	12.444,55	1.120,01
S. la Seca	80	28.286,75	37.715,67	9.269,60	834,26
S. la Verde	80	27.959,50	37.279,33	9.162,36	824,61
Beniaján	90	34.137,91	45.517,22	11.187,03	1.006,83
Zarandona	90	34.499,54	45.999,39	11.305,53	1.017,50
Zeneta	50	22.684,01	34.898,48	8.577,20	771,95
Total		<b>672.110,5</b>	<b>919.309,6</b>	<b>225.943,98</b>	<b>20.334,96</b>

- Estudio económico.
- Máximos usuarios.

**Tabla 45. Análisis de rentabilidad.**

	Biomasa	Inversión	Pay-Back	VAN 25 AÑOS	TIR 25 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	1500	51.950,73	6,00	2.154.269,89	296,00
Príncipe	1500	51.950,73	6,00	1.643.228,90	131,00
Infante	300	18.289,18	6,00	232.875,44	31,00
San Basilio	300	18.289,18	6,00	240.310,03	32,00
Cabezo	100	18.289,18	15,00	-63.252,67	-4,00
Esparragal	70	18.289,18	28,00	-	-
J. Viejo	90	18.289,18	31,00	-	-
J. Nuevo	90	18.289,18	23,00	-	-
S. la Seca	80	18.289,18	24,00	-	-
S. la Verde	100	18.289,18	16,00	-77.319,21	-4,00
Beniaján	600	27.084,39	6,00	751.961,03	105,00
Zarandona	50	18.289,18	40,00	-	-
Zeneta	40	18.289,18	40,00	-	-



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 89 de 105

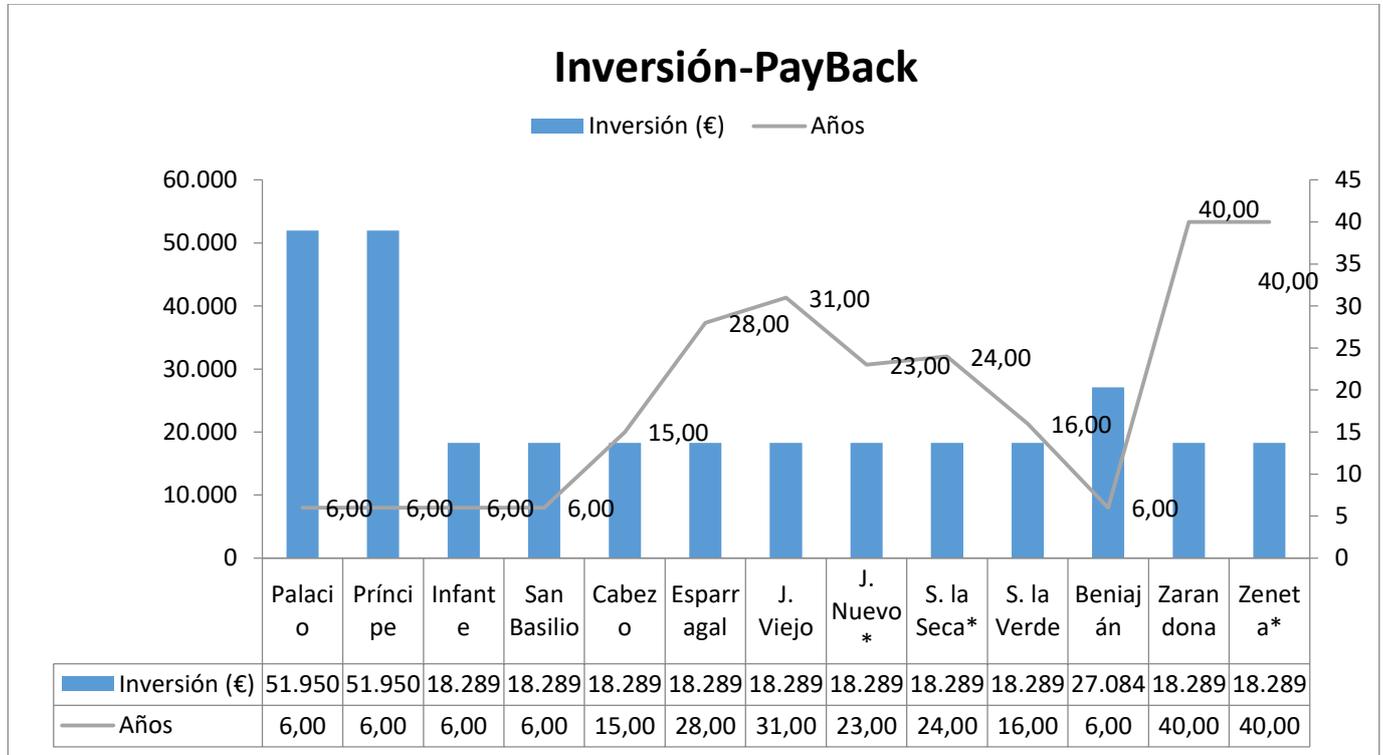
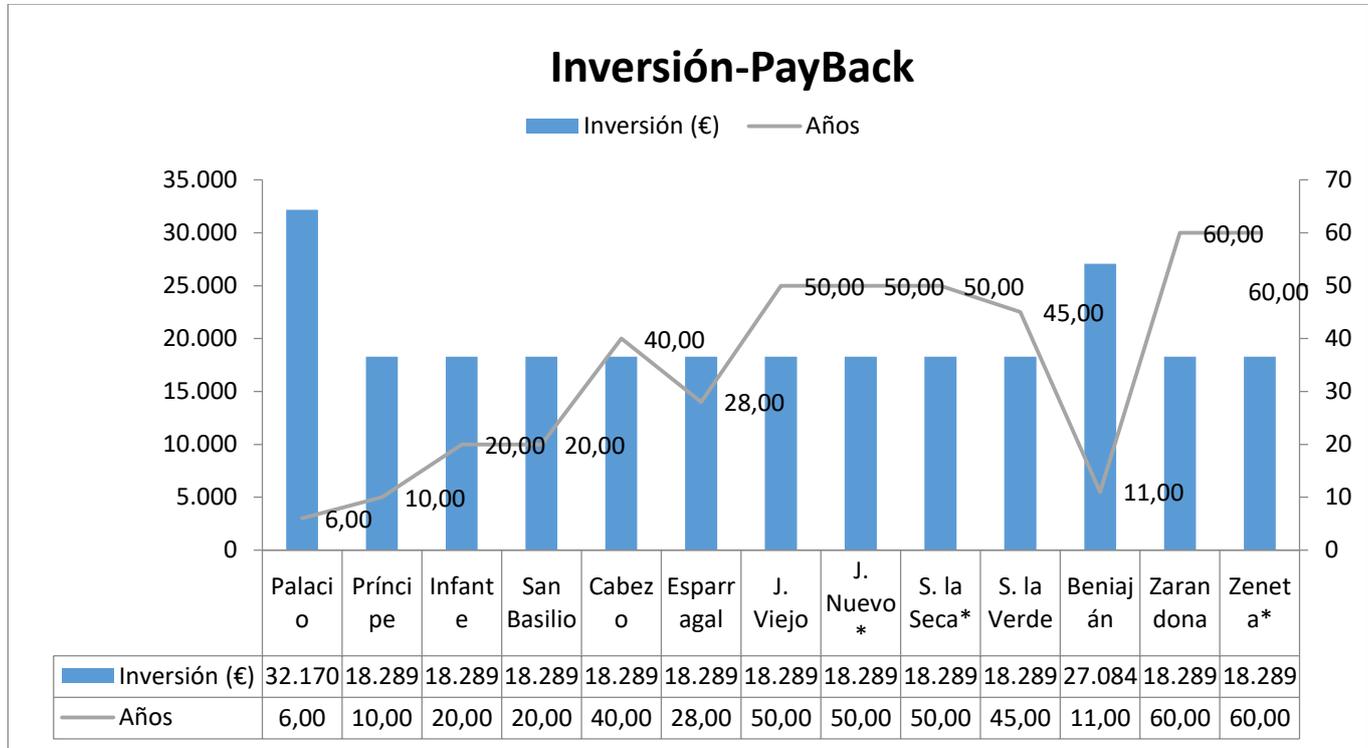
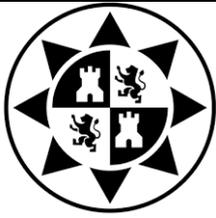


Figura 44. Análisis de rentabilidad.

- Mínimos usuarios.

Tabla 46. Análisis de rentabilidad.

	Biomasa	Inversión	Pay-Back	VAN 25 AÑOS	TIR 25 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	500	32.170,05	6,00	1.155.538,73	27,00
Príncipe	300	18.289,18	10,00	209.273,07	8,00
Infante	100	18.289,18	20,00	-144.817,81	-13,00
San Basilio	100	18.289,18	20,00	-138.743,01	-12,00
Cabezo	50	18.289,18	40,00	-	-
Esparragal	30	18.289,18	28,00	-	-
J. Viejo	30	18.289,18	50,00	-	-
J. Nuevo	30	18.289,18	50,00	-	-
S. la Seca	50	18.289,18	50,00	-	-
S. la Verde	50	18.289,18	45,00	-	-
Beniaján	150	27.084,39	11,00	92.609,64	7,00
Zarandona	25	18.289,18	60,00	-	-
Zeneta	15	18.289,18	60,00	-	-

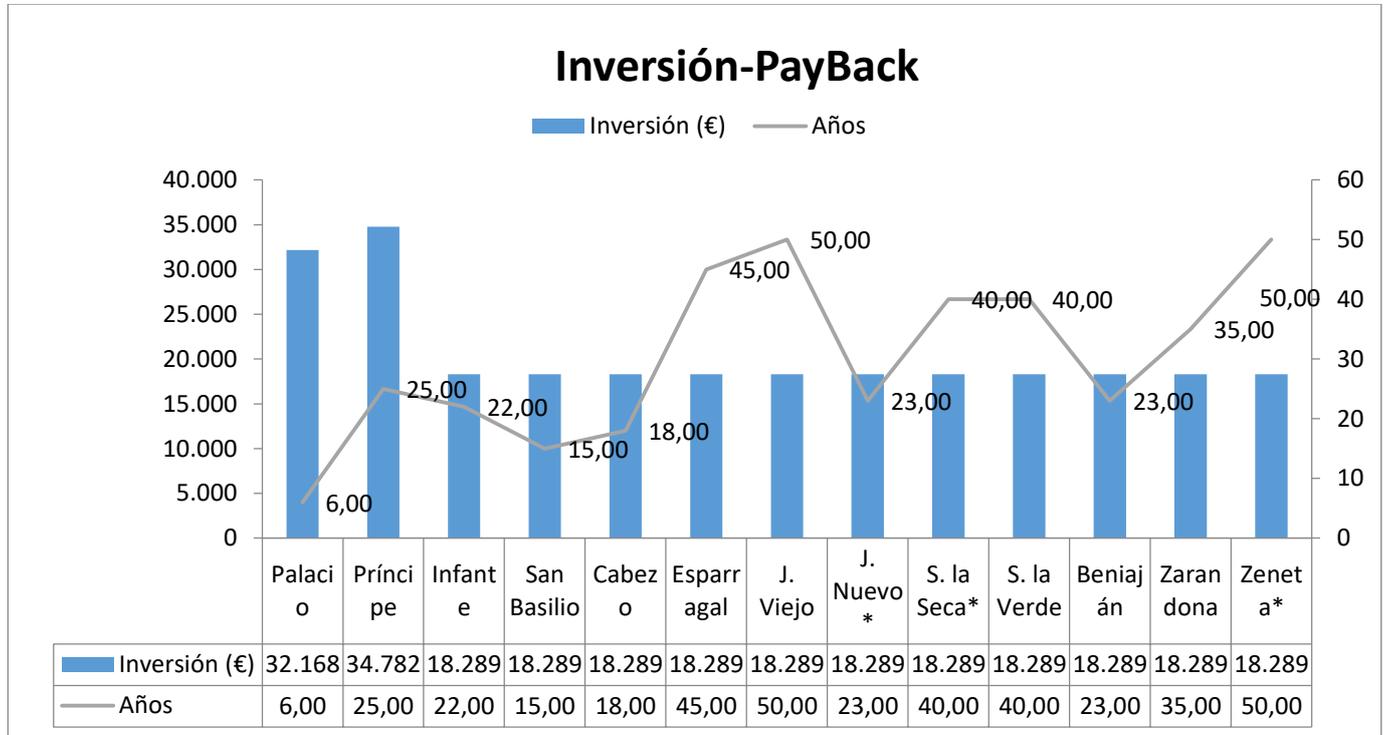
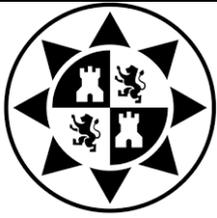


**Figura 45. Análisis de rentabilidad.**

- Datos proporcionados por el Ayuntamiento.

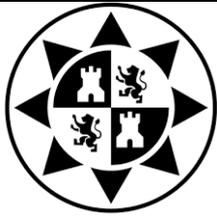
**Tabla 47. Análisis de rentabilidad.**

	Biomasa	Inversión	Pay-Back	VAN 25 AÑOS	TIR 25 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	585	32.168,84	6,00	787.026,30	56,00
Príncipe	145	34.782,22	25,00	-	-
Infante	100	18.289,18	22,00	-	-
San Basilio	115	18.289,18	15,00	-45.422,20	-1,00
Cabezo	100	18.289,18	18,00	-111.581,43	-8,00
Esparragal	70	18.289,18	45,00	-	-
J. Viejo	60	18.289,18	50,00	-	-
J. Nuevo	100	18.289,18	23,00	-	-
S. la Seca	80	18.289,18	40,00	-	-
S. la Verde	80	18.289,18	40,00	-	-
Beniaján	90	18.289,18	23,00	-	-
Zarandona	90	18.289,18	35,00	-	-
Zeneta	50	18.289,18	50,00	-	-



**Figura 46. Análisis de rentabilidad.**

Además de no generar emisiones la caldera de biomasa puede salir muy rentable para las grandes instalaciones como Palacio de los Deportes, Príncipe de Asturias, Infante, San Basilio, incluso algunas pedanías como Cabezo de Torres, Sangonera la Verde o Beniaján donde la alternativa de gas es más cara debido a la conexión con la red. El principal problema de esta instalación es que muchos pabellones no disponen del espacio suficiente para el silo de combustible.



### 13.5 Comparativa gas natural y energía solar térmica

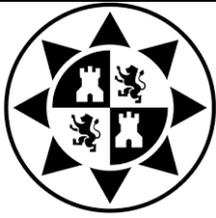
En este apartado se estudiará el supuesto de contar con calderas de gas natural y el cambio ambiental y económico que supone la adición de colectores solares.

Se realizará como en casos anteriores análisis de emisiones y económico.

- Estudio de emisiones.
- Máximos usuarios.

**Tabla 48. Comparación gas natural y energía solar térmica.**

	GN	Consumo	Aporte Solar	Coste GN	Emisiones	Reducción vs GN
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	€	tn/CO2 año	tn/CO2 año
Palacio	1500	541.208,74	253.685,95	15.853,39	58,08	51,24
Príncipe	1500	519.642,20	186.032,89	18.394,50	67,39	37,58
Infante	300	109.885,54	9.780,36	5.519,58	20,22	1,98
San Basilio	300	109.885,54	9.780,36	5.519,58	20,22	1,98
Cabezo	100	41.825,67	21.448,63	1.123,55	4,12	4,33
Esparragal	70	27.865,65	14.210,19	752,93	2,76	2,87
J. Viejo	90	32.349,24	20.552,78	650,43	2,38	4,15
J. Nuevo	90	34.403,98	21.448,63	714,33	2,62	4,33
S. la Seca	80	32.110,40	20.822,86	622,37	2,28	4,21
S. la Verde	100	39.624,32	28.169,29	631,61	2,31	5,69
Beniaján	600	212.838,39	127.986,77	4.678,54	17,14	25,85
Zarandona	50	20.839,53	15.344,85	302,96	1,11	3,10
Zeneta	40	15.347,82	9.780,36	306,98	2,83	1,98
Total		<b>1.737.827,0</b>	<b>739.043,9</b>	<b>55.070,74</b>	<b>203,46</b>	<b>149,29</b>



### Emisiones de CO2 (Tn/año)

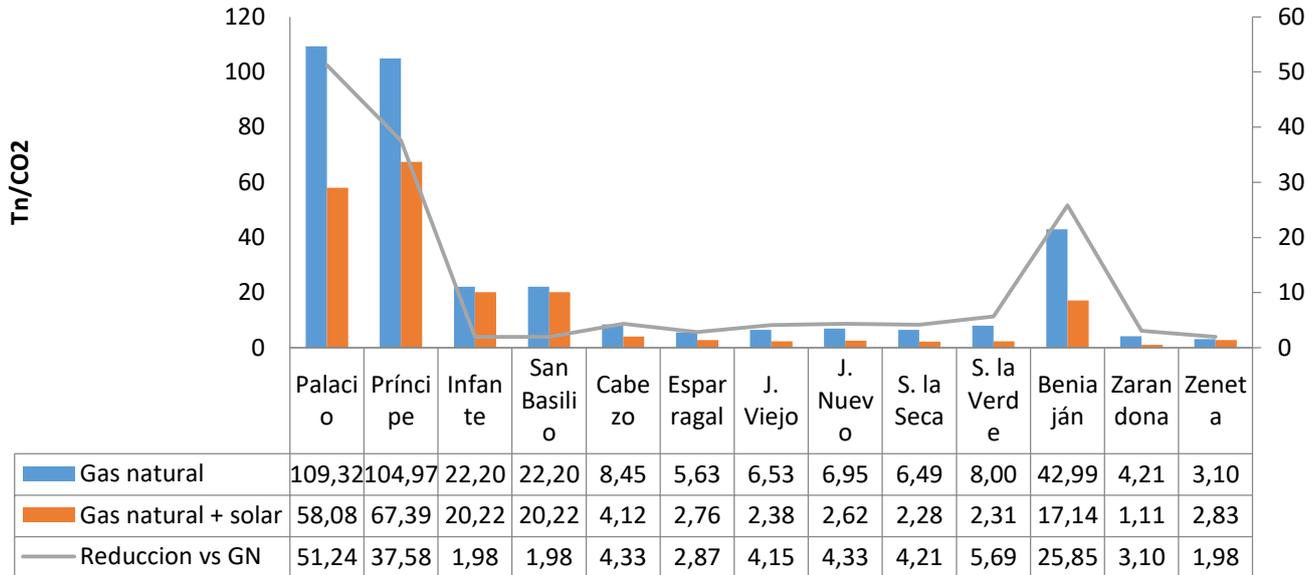
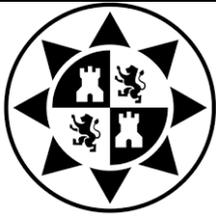


Figura 47. Reducción de emisiones frente al gas natural.

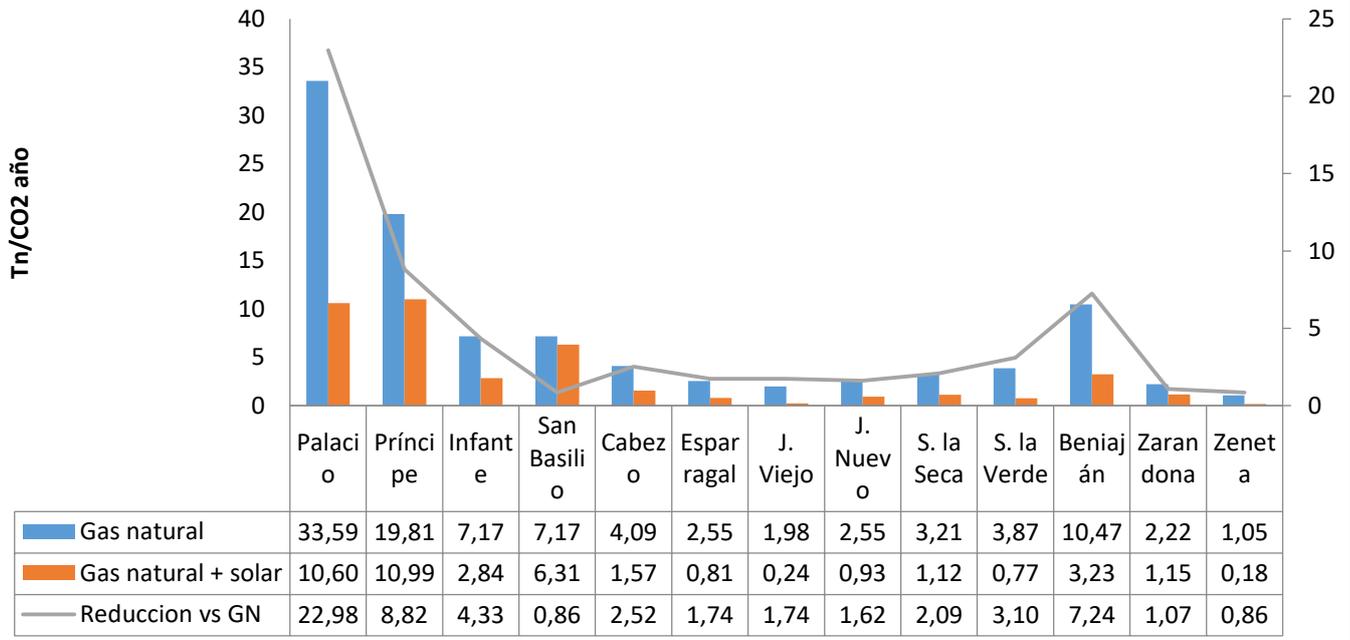
- Mínimos usuarios.

Tabla 49. Comparación gas natural y energía solar térmica.

	GN	Consumo	Aporte Solar	Coste GN	Emisiones	Reducción vs GN
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	€	tn/CO2 año	tn/CO2 año
Palacio	500	166.270,80	113.786,99	2.893,84	10,60	22,98
Príncipe	300	98.074,90	43.676,72	299,40	10,99	8,82
Infante	100	35.504,26	21.448,63	775,00	2,84	4,33
San Basilio	100	35.504,26	4.281,67	1.721,55	6,31	0,86
Cabezo	50	20.222,81	12.457,99	429,14	1,57	2,52
Esparragal	30	12.620,12	8.631,49	219,92	0,81	1,74
J. Viejo	30	9.807,49	8.631,49	64,84	0,24	1,74
J. Nuevo	30	12.620,12	8.002,21	254,62	0,93	1,62
S. la Seca	50	15.889,28	10.330,02	306,53	1,12	2,09
S. la Verde	50	19.158,45	15.344,85	210,27	0,77	3,10
Beniaján	150	51.850,08	35.851,39	882,13	3,23	7,24
Zarandona	25	10.985,54	5.281,43	314,51	1,15	1,07
Zeneta	15	5.176,18	4.281,67	49,32	0,18	0,86
<b>Total</b>		<b>493.684,3</b>	<b>292.006,5</b>	<b>8.421,07</b>	<b>40,74</b>	<b>58,97</b>



### Emisiones de CO2 (Tn/año)

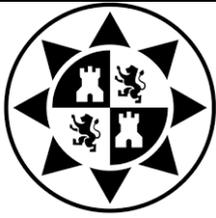


**Figura 48. Reducción de emisiones frente al gas natural.**

- Datos proporcionados por el Ayuntamiento.

**Tabla 50. Comparación gas natural y energía solar térmica.**

	GN	Consumo	Aporte Solar	Coste GN	Emisiones	Reducción vs GO
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	€	tn/CO2 año	tn/CO2 año
Palacio	585	265.865,26	127.986,77	7.602,32	27,85	25,85
Príncipe	145	67.642,11	32.427,25	1.941,67	7,11	6,55
Infante	100	38.470,88	21.448,63	938,57	3,44	4,33
San Basilio	115	47.020,09	21.448,63	1.409,96	5,17	4,33
Cabezo	100	43.499,41	21.448,63	1.215,83	4,45	4,33
Esparragal	70	24.629,30	14.210,19	574,49	2,10	2,87
J. Viejo	60	27.338,68	14.883,61	686,75	2,52	3,01
J. Nuevo	100	39.974,04	21.448,63	1.021,45	3,74	4,33
S. la Seca	80	29.775,53	20.822,86	493,63	1,81	4,21
S. la Verde	80	29.431,05	20.822,86	474,74	1,74	4,21
Beniaján	90	35.934,65	22.761,44	726,34	2,66	4,60
Zarandona	90	36.315,31	28.169,29	449,15	1,65	5,69
Zeneta	50	25.204,46	11.194,25	772,49	2,83	2,26
<b>Total</b>		<b>711.100,7</b>	<b>379.073,0</b>	<b>18.307,39</b>	<b>67,07</b>	<b>76,57</b>



### Emisiones de CO2 (Tn/año)

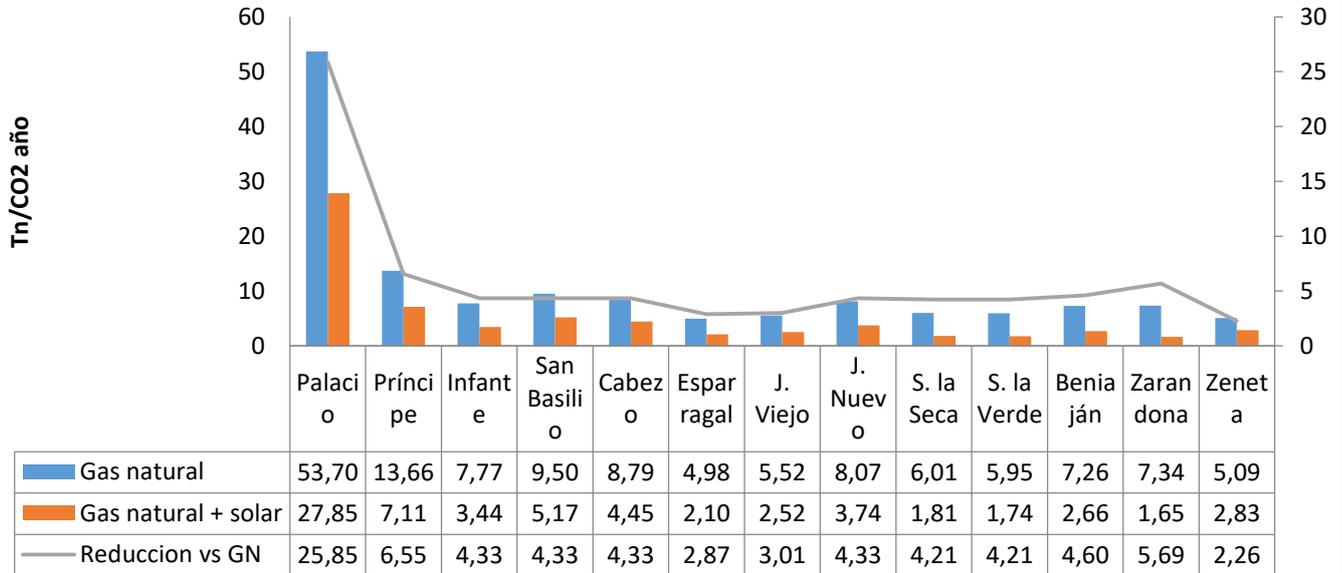


Figura 49. Reducción de emisiones frente al gas natural.

- Estudio económico.
- Máximos usuarios.

Tabla 51. Análisis de rentabilidad.

	GN + solar	Inversión	Pay-Back	VAN 25 AÑOS	TIR 25 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	1500	194.858,40	15,00	-507.673,24	-1,00
Príncipe	1500	194.858,40	20,00	1.529.116,76	-13,00
Infante	300	129.905,60	50,00	-	-
San Basilio	300	129.905,60	50,00	-	-
Cabezo	100	40.595,50	40,00	-	-
Esparragal	70	32.476,40	40,00	-	-
J. Viejo	90	48.714,60	50,00	-	-
J. Nuevo	90	64.952,80	50,00	-	-
S. la Seca	80	32.476,40	30,00	-	-
S. la Verde	100	48.714,60	35,00	-	-
Beniaján	600	129.905,60	19,00	-959.548,09	-11,00
Zarandona	50	32.476,40	40,00	-	-
Zeneta	40	12.990,56	25,00	-	-

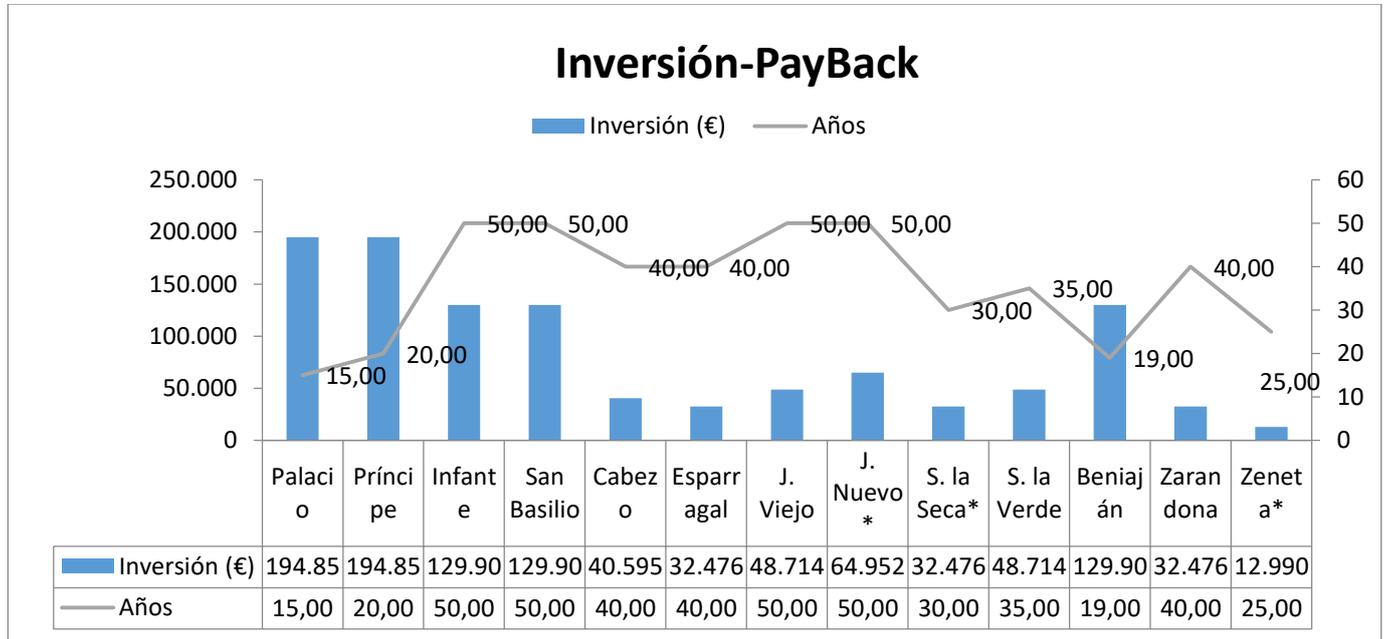
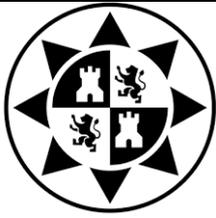
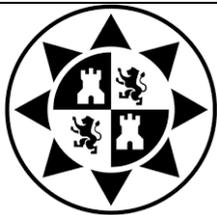


Figura 50. Análisis de rentabilidad.

- Mínimo de usuarios.

Tabla 52. Análisis de rentabilidad.

	GN + solar	Inversión	Pay-Back	VAN 25 AÑOS	TIR 25 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	500	121.786,50	20,00	-993.194,63	-14,00
Príncipe	300	97.429,26	30,00	-	-
Infante	100	64.952,80	50,00	-	-
San Basilio	100	64.952,80	50,00	-	-
Cabezo	50	32.476,40	40,00	-	-
Esparragal	30	16.238,20	35,00	-	-
J. Viejo	30	16.238,20	35,00	-	-
J. Nuevo	30	16.238,20	35,00	-	-
S. la Seca	50	16.238,20	30,00	-	-
S. la Verde	50	24.357,30	30,00	-	-
Beniaján	150	48.714,60	26,00	-415.941,14	-11,00
Zarandona	25	16.238,20	50,00	-	-
Zeneta	15	6.495,28	29,00	-	-



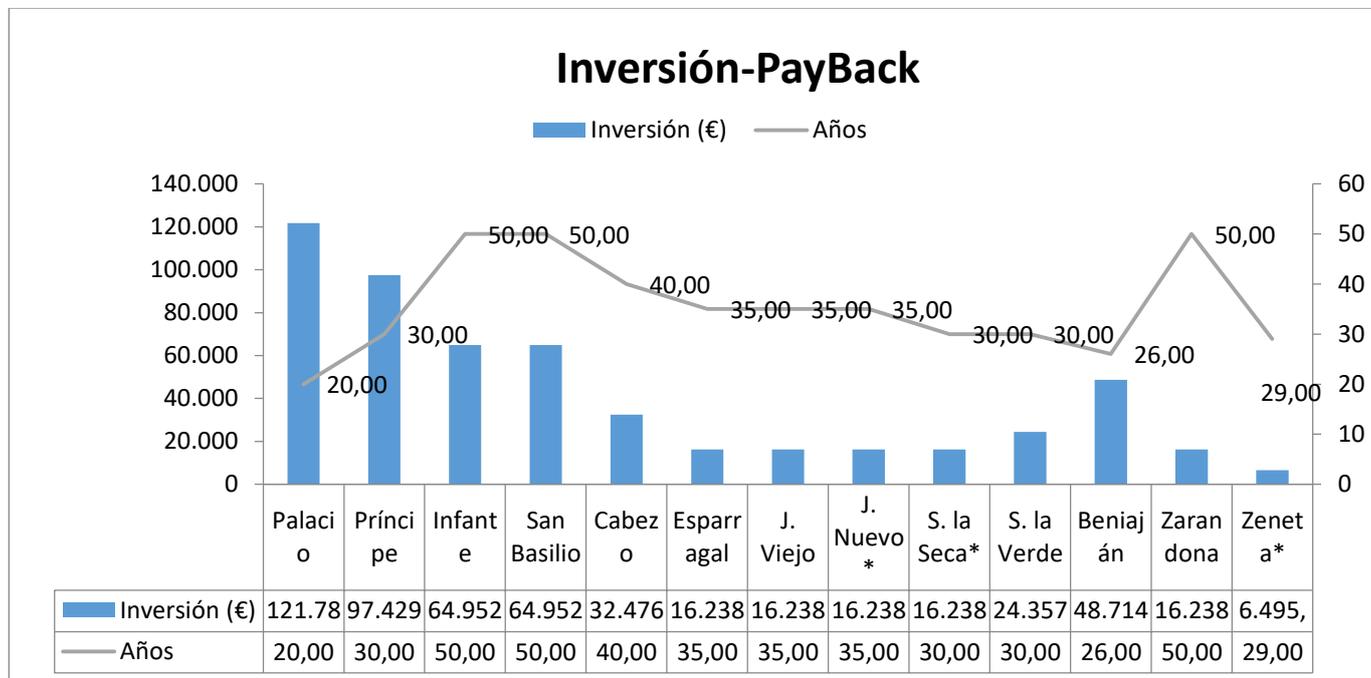
**VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA**



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 97 de 105

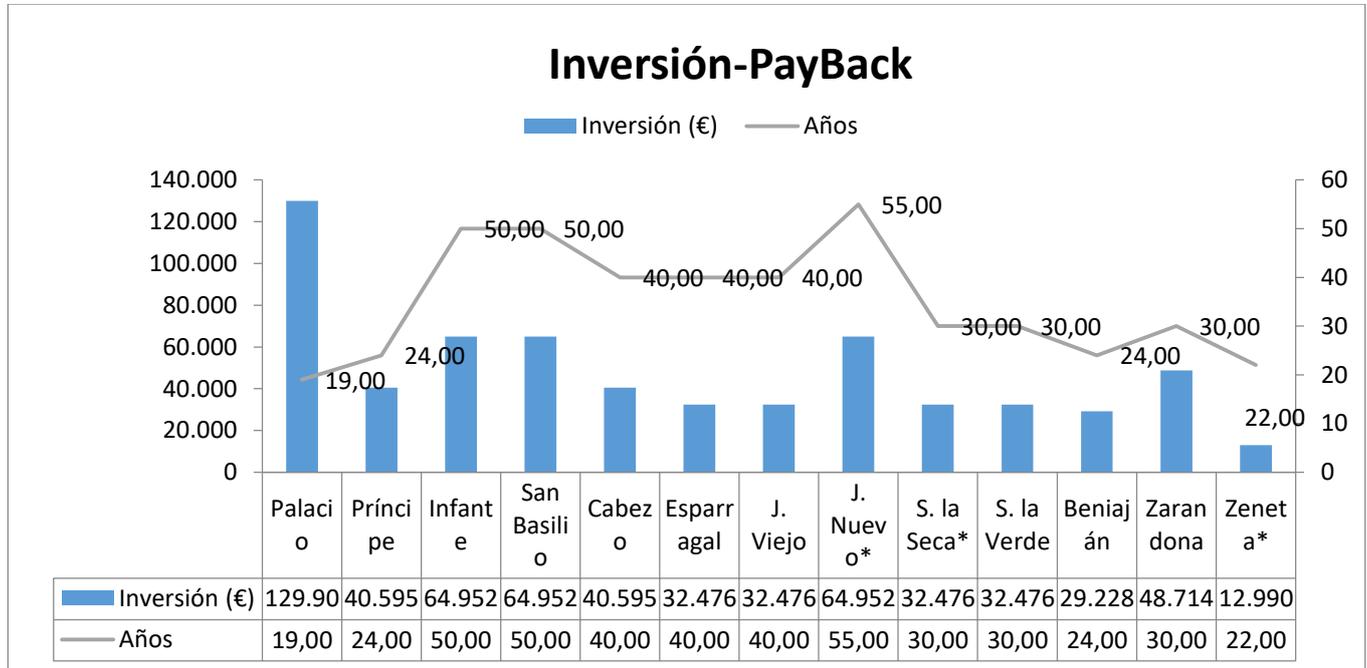
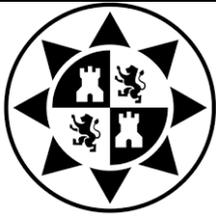


**Figura 51. Análisis de rentabilidad.**

- Datos proporcionados por el Ayuntamiento.

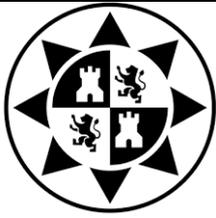
**Tabla 53. Análisis de rentabilidad.**

	GN + solar	Inversión	Pay-Back	VAN 25 AÑOS	TIR 25 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	585	129.905,60	19,00	-959.548,09	-9,00
Príncipe	145	40.595,56	24,00	-	-
Infante	100	64.952,80	50,00	-	-
San Basilio	115	64.952,80	50,00	-	-
Cabezo	100	40.595,50	40,00	-	-
Esparragal	70	32.476,40	40,00	-	-
J. Viejo	60	32.476,40	40,00	-	-
J. Nuevo	100	64.952,80	55,00	-	-
S. la Seca	80	32.476,40	30,00	-	-
S. la Verde	80	32.476,40	30,00	-	-
Beniaján	90	29.228,76	24,00	-	-
Zarandona	90	48.714,60	30,00	-	-
Zeneta	50	12.990,56	22,00	-	-



**Figura 52. Análisis de rentabilidad.**

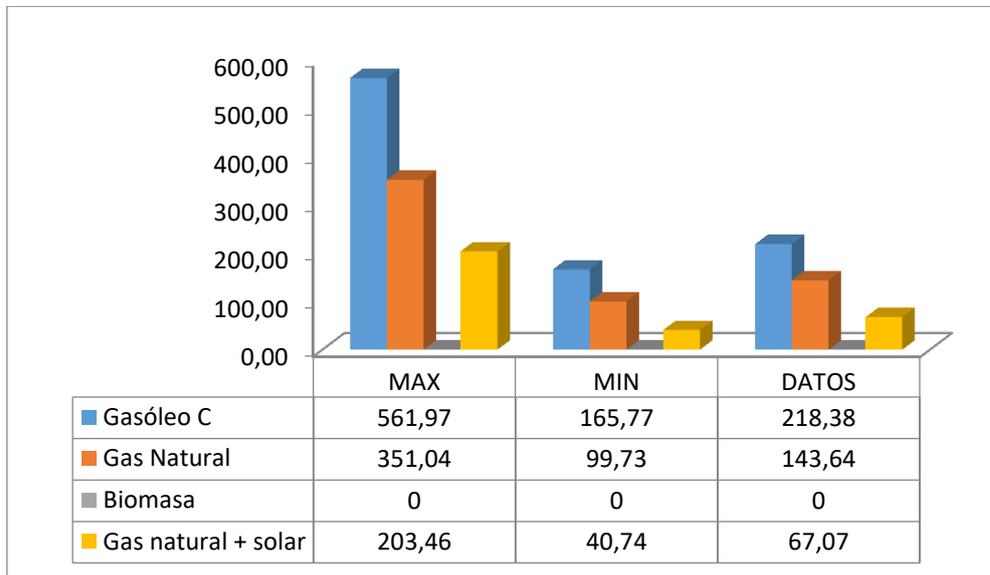
Como se puede apreciar en los datos obtenidos a día de hoy la energía solar térmica no puede competir con el gas natural ya que el coste del combustible fósil es demasiado bajo como para que una energía renovable como los colectores solares pueda hacerle frente, salvo en casos aislados como Palacio de los Deportes o Zeneta (que ya dispone de ocho colectores en la actualidad), sería inviable optar por esta alternativa.



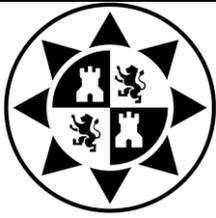
## 14. Resumen Global

Una vez analizadas todas las alternativas se mostrará recogido en tres tablas el nivel de emisiones, inversión y variación del consumo energético de las trece instalaciones para cada alternativa:

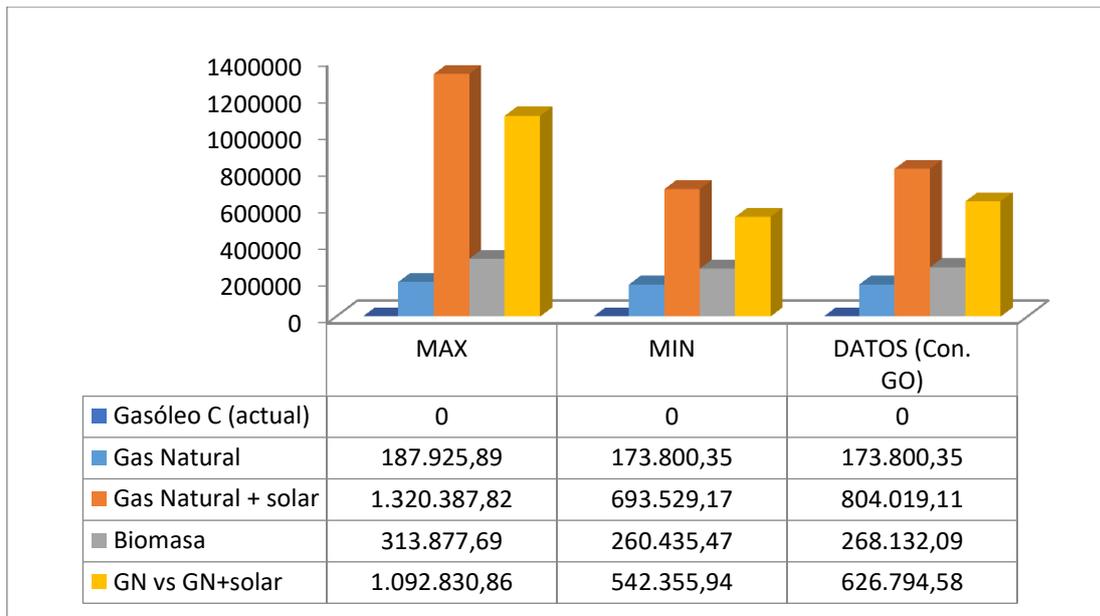
- Emisiones Globales.



**Figura 53.** Emisiones de las cuatro alternativas a estudio.

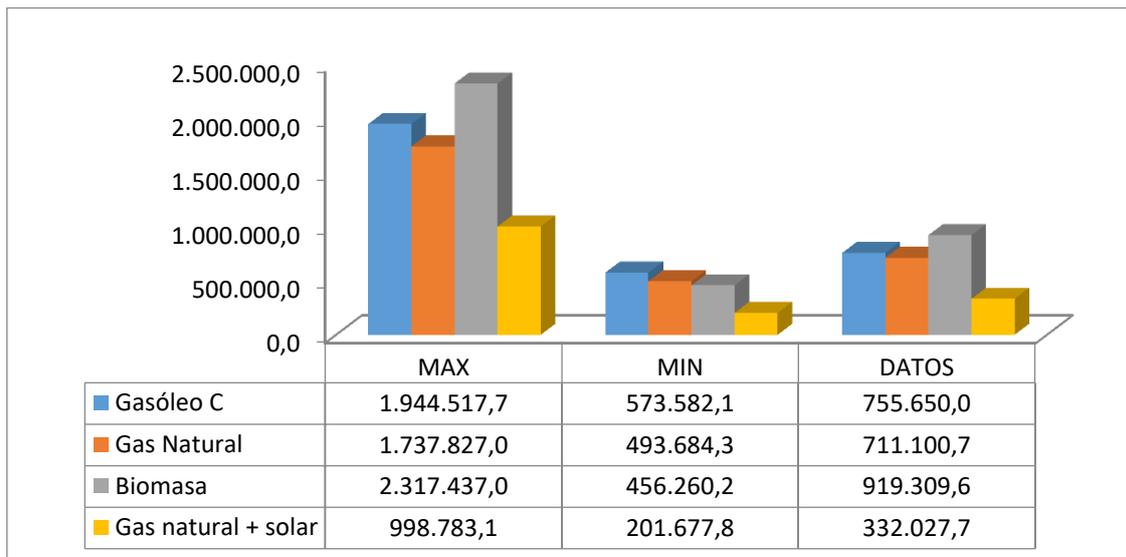


- Inversiones.

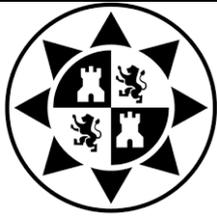


**Figura 54. Inversión inicial por alternativa**

- Variación consumo energético.



**Figura 55. Variación del consumo energético por alternativa.**



VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA Y  
REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO POR LA SUSTITUCIÓN DE  
CALDERAS DE GASÓLEO POR GAS NATURAL Y  
CON EL MÁXIMO APORTE DE ENERGÍA SOLAR  
TÉRMICA DISPONIBLE EN CENTROS DEPORTIVOS  
DE LA CIUDAD DE MURCIA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 101 de 105

En estas tablas puede observarse con claridad que cualquiera de las alternativas da mejores resultados en emisiones que el gasóleo pero las inversiones son demasiado elevadas, dentro de las alternativas que se han estudiado en la presente memoria el gas natural y la biomasa se establecen como mejores alternativas por emisiones, inversión pay-back etc. Para la sustitución por gasóleo aun siendo en la biomasa el consumo energético muy superior al resto de alternativas.

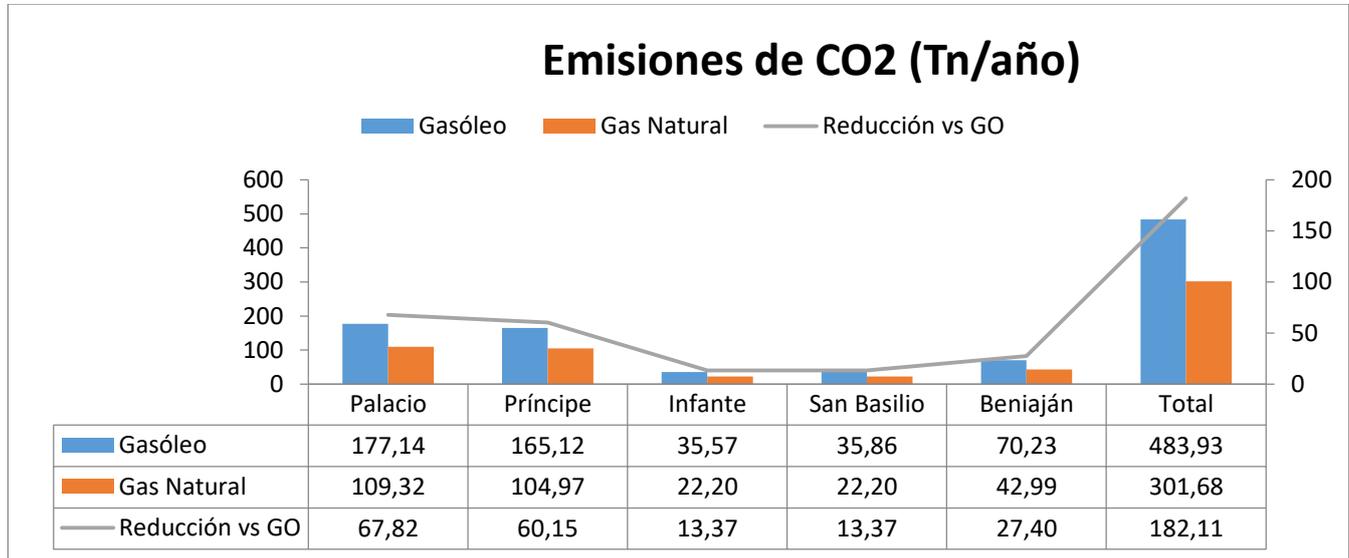
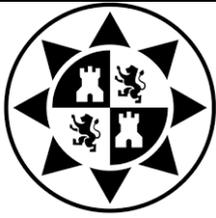
Al contrario pasa con la energía solar térmica que a día de hoy no puede competir con los combustibles fósiles quedando prácticamente descartada en casi todas las instalaciones del presente estudio, solo pudiéndose instalar en los pabellones de Palacio de los Deportes, Príncipe de Asturias y Beniajan pues el resto el pay-back supera los 20 años.

Por tanto se finalizará con una tabla ilustrando las cinco instalaciones que pueden realizar el cambio a caldera de gas para el caso más favorable:

- Emisiones.

**Tabla 54. Emisiones 5 instalaciones favorables.**

	GN	Demanda	Consumo	Coste GN	Emisiones	Reducción vs GO
Instalación	Nº Usuarios	kWh	kWh	€	tn/CO2 año	tn/CO2 año
Palacio	1500	514.868,30	541.208,74	29.841,08	109,32	67,82
Príncipe	1500	493.660,09	519.642,20	28.651,95	104,97	60,15
Infante	300	105.111,26	109.885,54	6.058,85	22,20	13,37
San Basilio	300	105.111,26	109.885,54	6.058,85	22,20	13,37
Beniaján	600	202.196,47	212.838,39	11.735,45	42,99	27,40
Total		1.420.947,38	1.493.460,40	82.346,19	301,68	182,11



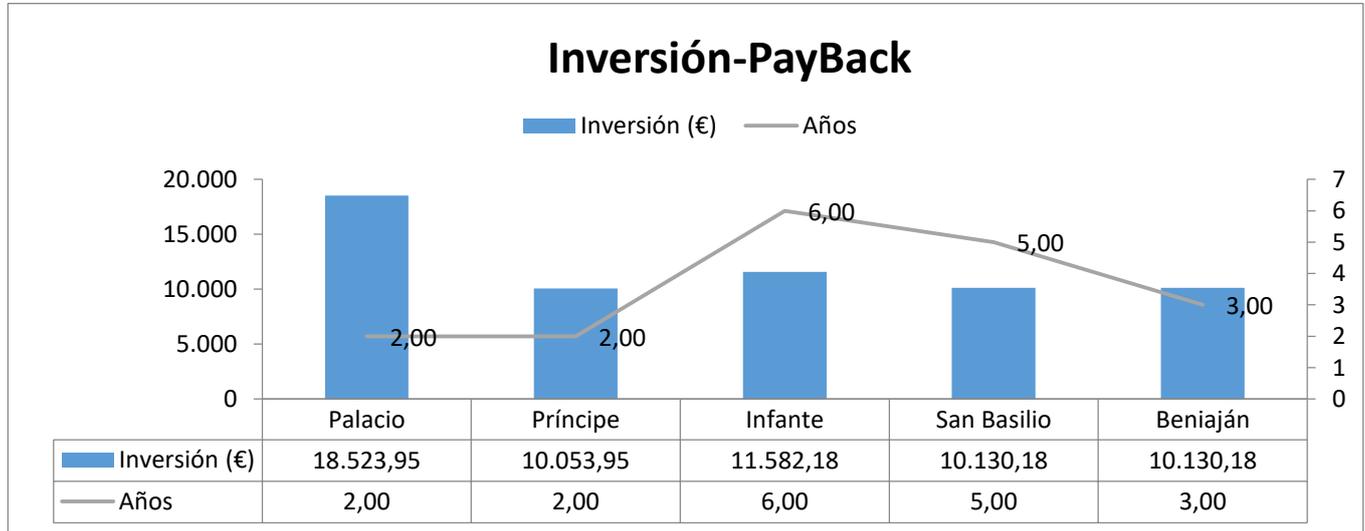
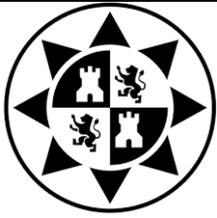
**Figura 56. Comparativa de emisiones frente al gasóleo.**

Se puede observar que realizando la sustitución de las calderas en los cinco pabellones mencionados se reduciría anualmente la cantidad de 182,11 Tn de emisiones de CO<sub>2</sub> lo que supone una rebaja de casi el 40% frente al gasóleo.

- Inversión y pay-back.

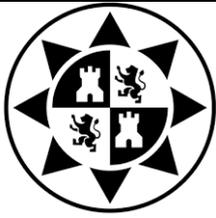
**Tabla 55. Análisis de rentabilidad.**

	GN	Inversión	Pay-Back	VAN 10-15 AÑOS	TIR 10-15 AÑOS
Instalación	Nº Usuarios	€	Años	€	%
Palacio	1500	18.523,95	2,00	406.534,28	160,00
Príncipe	1500	10.053,95	2,00	412.297,76	5.799,00
Infante	300	11.582,18	6,00	61.848,67	16,00
San Basilio	300	10.130,18	5,00	92.624,70	24,00
Beniaján	600	10.130,18	3,00	143.258,77	85,00



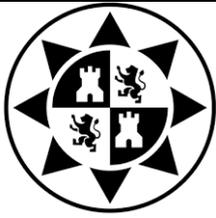
**Figura 57. Análisis de rentabilidad.**

En ninguna de las instalaciones se superan los 10 años de periodo de retorno de la inversión por tanto se puede justificar la sustitución de las calderas de gasóleo por gas natural, mientras que el total de la inversión para acometer las cinco instalaciones asciende a SESENTA MIL CUATROCIENTOS VEINTE EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (60.420,44 €) aproximadamente.



## **15. Bibliografía**

- Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE), Real decreto 1027/2007.
- Boletín oficial del estado N° 9511 Actualización del Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, Madrid 09-2013
- Boletín oficial del estado N° 10580 Criterios técnico - sanitarios de las piscinas, Madrid 10-2013
- Normas N.I.D.E.
- Manual Transol 3.0
- Manual TRNSYS 17
- Sección de biomasa y biocombustibles de la Agencia Internacional de la Energía - [www.binder-gmbh.at](http://www.binder-gmbh.at)
- Página del Ministerio de industria, turismo y comercio - [www.ciemat.es](http://www.ciemat.es)
- Página del Instituto para la diversificación y ahorro de energía - [www.idae.es](http://www.idae.es)
- Apuntes de clase Energía solar térmica, Master en Energías Renovables, UPCT, 2017/2018
- Apuntes de clase Energía de la biomasa y biocombustibles, Master en Energías Renovables, UPCT 2017/2018.
- Repositorio digital UPCT.



## **16. Agradecimientos**

Tuve la oportunidad de agradecer a toda mi familia y amigos el cariño recibido y apoyo durante mi época universitaria en la entrega del TFG, por tanto seguro que me perdonarán que el presente TFM vaya dedicado a la memoria de Andrés Martínez Iniesta que desgraciadamente nos dejó el pasado mes de mayo, Padrino va por ti, espero que nos sigas transmitiendo tu fuerza desde arriba, no te olvidamos, te quiero.

También quiero dar las gracias al director del presente proyecto Don Francisco Vera García por su paciencia, disponibilidad y ayuda que me ha brindado en la reacción del mismo.

Por último agradecer a todo el personal de mantenimiento de los pabellones visitados en el Ayuntamiento de Murcia por su amabilidad y ayuda en las visitas realizadas a cada centro así como al ALEM por toda la información suministrada.

## **17. Conclusión a la memoria**

Estimando que para la redacción del proyecto se han tenido en cuenta las prescripciones de la legislación vigente y que de acuerdo con ellas se han cubierto las condiciones impuestas por la especificación entregada por el Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos, se somete a la aprobación por los órganos oficiales, dándolo por terminado.

Antonio Pérez Pujalte

En Murcia, a 6 de Octubre de 2018

Ingeniero Mecánico Industrial



