

SELECCIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y CLIMATIZACIÓN DEL AGUA DE PISCINA A TRAVÉS DE ANÁLISIS DE VIABILIDAD FINANCIERA

Ángeles Longarela-Ares¹

Universidade da Coruña

angeles.maria.longarela.ares@udc.es

Resumen: El sector de gestión de instalaciones deportivas presenta elevados costes energéticos, siendo el mayor de ellos el derivado del consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y piscina. Uno de los objetivos de las empresas del sector es gestionar y reducir de forma adecuada estos costes. En base a ello, el presente trabajo, se centra en su optimización, proponiendo 4 alternativas de instalación energética (Gas Natural, Biomasa, Solar Térmica combinada con Gas Natural o con Biomasa), para comprobar cuál es más adecuada en términos de viabilidad financiera y seleccionar una de ellas. Se parte de una hipotética empresa-caso diseñada según las características del sector. Se hace una previsión a 20 años de los consumos energéticos y de los costes de inversión o instalación, de consumo energético y de mantenimiento de cada alternativa; se realizan análisis de viabilidad con el Valor Actual Neto (VAN) y se comparan los resultados. Se concluye que la solución más adecuada, desde un punto de vista financiero, para centros deportivos similares a la empresa-caso, es la instalación de Biomasa, una opción que, además, es considerada respetuosa con el medio ambiente.

Palabras clave: agua caliente sanitaria – energía – empresa – finanzas - piscina - viabilidad.

Abstract: The sports facilities management sector presents very high energy consumption costs derived from the consumption of Sanitary Hot Water (DHW) and pool water heating. One of the objectives of companies in the sector is to manage and reduce these energy consumption costs appropriately. Based on this, the present study focuses on its optimization, proposing 4 alternatives of installation (Natural Gas, Biomass, Solar Thermal combined with Natural Gas or with Biomass), to verify which is more suitable in terms of financial viability and select one of them. The study is based on a hypothetical business-case designed according to the characteristics of the sector. A 20-year forecast is made of energy consumption and investment or installation costs, energy costs and maintenance costs of each alternative; some viability analysis are made through the Net Present Value (NPV) methodology and the results are compared. As conclusion, from a financial point of view, the most appropriate solution for similar sport centers to the business-case, is the Biomass installation, considered an environmentally friendly option.

Key Words: sanitary hot water - energy - business – finance – swimming pool – viability.

¹ Máster Universitario en Administración y Dirección de Empresas (MBA), Máster Universitario en Banca y Finanzas, Licenciada en Administración y Dirección de Empresas por la Universidade da Coruña. Doctoranda en Universidade da Coruña. Universidade da Coruña, Grupo de Investigación en Regulación, Economía y Finanzas (GREFIN), Departamento de Empresa, Facultad de Economía y Empresa, Elviña, 15071 A Coruña, España.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, los precios de la energía se han visto sometidos a un incremento paulatino que ha provocado que el consumo energético de las empresas haya pasado de ser una partida marginal en su estructura de costes a una parte considerable (Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, 2005). Esto las ha llevado a replantearse su gestión, sin perder las ventajas que otorga (mayor productividad y calidad) pues tradicionalmente los esfuerzos empresariales se han basado en la eficiencia de los procesos descuidando los consumos globales, algo necesario dada la actual coyuntura económica.

En las instalaciones deportivas el consumo energético es una de las partidas más importante de los gastos de la empresa, representando el Agua Caliente Sanitaria (ACS) y el calentamiento del agua de la piscina (Piscina), el 25% del consumo energético total (Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, 2005). Esto hace que su correcta gestión y la elección de una instalación energética adecuada permita a la empresa reducir sus consumos, haciéndola más competitiva en costes, mejorando su eficiencia y contribuyendo a un modelo de negocio respetuoso con el medioambiente, que repercutirá en una mejor imagen de marca y le otorgará una ventaja competitiva y diferenciadora.

Estas cuestiones hacen interesante el estudio de la selección de una instalación de ACS y climatización del agua de piscina, y por ello se escogió como tema del presente trabajo. Lo que se pretende, es hacer una comparativa de cuatro alternativas de instalaciones de ACS y piscina: una instalación convencional de Gas Natural (energía no renovable), una instalación de Biomasa (energía renovable basada en el consumo de combustible orgánico como pellets de madera) y dos instalaciones Solares Térmicas (combinadas con cada una de las primeras alternativas, dando lugar a dos instalaciones híbridas). El objetivo es seleccionar la más adecuada para un centro deportivo.

El trabajo se estructura como sigue: el apartado 2 presenta el estado del arte y descripción de la empresa-caso, el apartado 3 muestra la metodología, el apartado 4 expone los resultados, el apartado 5 comenta las conclusiones y el apartado 6 recoge la bibliografía utilizada.

2. ESTADO DEL ARTE Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA-CASO

Existen diversos estudios que tienen como objetivo analizar la viabilidad de proyectos desde un punto de vista financiero. Algunos de los proyectos a evaluar por las empresas y que suponen una decisión importante que repercutirá en sus futuros costes son los proyectos de inversión en instalaciones energéticas.

A la hora de evaluar los proyectos, algunos autores se centran en un tipo de energía concreta que, por lo general, suele incluir alguna energía considerada renovable, y analizan la viabilidad de dicho proyecto. Es el caso de autores como Bretaña (2007) que centra en la valoración financiera de una instalación de biomasa o Condori Yucra (2010) y Corral (2011) que

se centra en una instalación solar. O, como Noguera (2011) que se centra en analizar un proyecto, que combina varios tipos de energía, en este caso, solar térmica, geotermia y biomasa.

En cambio, otros autores optan por comparar varias alternativas que permitan seleccionar entre diversos tipos de energía cual es la más adecuada para un determinado caso. Es lo que llevan a cabo Martínez Sánchez (2011) y Moreno (2012) que se centran, respectivamente, en comparar un sistema de microgeneración de energía térmica y electricidad frente a sistemas convencionales y una instalación de gasóleo con una de biomasa para considerar sustituirla.

En cualquier caso, el procedimiento es similar, definiendo en primer lugar las características del edificio o lugar donde se va a implementar la instalación a valorar, realizando cálculos de carácter técnico y, posteriormente, de carácter financiero, como el VAN, para valorar la instalación, y exponiendo las conclusiones oportunas a la vista de los resultados. Existen tanto estudios de caso reales (Corral, 2011), en donde el análisis de viabilidad servirá para determinar si mantener o cambiar la instalación existente, como estudios de empresas-caso surgidas a raíz de proyectos académicos, proyectos empresariales aún no llevados a cabo o estudios que se basan en datos reales de edificios, piscinas o centros deportivos que pueden servir como base (Noguera, 2011), en donde analizar la viabilidad servirá para decidir qué tipo de instalación realizar. Algunos estudios se centran en edificios urbanos (Martínez Sánchez, 2011; Moreno, 2012 y otros en centros deportivos o piscinas (Cloquell, Artacho y Santamarina, 2009; Condori Yucra, 2010; Corral, 2011; Noguera, 2011).

En el presente estudio, se utiliza una empresa-caso hipotética, que presenta las siguientes características: construcción de 3.984 m² (sin contar el silo para combustible, en su caso) situada en Lugo. Consta de varias dependencias, en dos plantas, y se prestará especial atención a aquellas involucradas en la gestión de ACS y agua de piscina, que serán:

- una piscina cubierta de 312,5 m² de lámina de agua, 1,5 m de altura por el frente y 2,5 m de altura por la parte posterior, lo que supondrá una media de 2 m, y por tanto un volumen de piscina de 625 m³, y una superficie del vaso (paredes y suelo) de 462,50 m² (según las normativas NIDE). De aquí en adelante piscina 1.
- una piscina de chapoteo cubierta de 70 m² de lámina de agua, con una altura media de 1,2 m, que supondrá un volumen de 84 m³, y una superficie de vaso (con paredes y suelos) de 104 m² (según las normativas NIDE). De aquí en adelante piscina 2.
- Los vestuarios (318 m² para usuarios y monitores con duchas, inodoros y lavabos) y servicios auxiliares (12 m² con inodoros y lavabos).

El perfil de la empresa-caso está orientado a ser líder en el mercado. El centro deportivo se empieza a construir en el año 0, abre sus puertas a los 21 meses de empezar a construirse, es decir, el 1 de octubre del año 1 y el año 2 es el primer año de funcionamiento completo y considerado como año base.

La afluencia mensual supone un total de 12.467 usos/mes, según las previsiones para el año 2, basadas en orientaciones de profesionales del sector. Se basa en las características de un centro deportivo que cuenta con un amplio abanico de cursos y actividades dirigidas, impartidas en diversos horarios con un tope máximo de personas por sesión, y actividades libres (piscina, fitness, pádel, tenisK). Se consideran usos y no ventas, porque, por ejemplo, una persona apuntada en un curso de 2 días por semana es considerada como una sola venta, pero como 8 usos al mes. Para los cursos y actividades dirigidas, los usos se fijaron en un 40% del máximo de personas por sesión que podría llegar a haber, pues en los primeros años de funcionamiento suele ser la afluencia común y, para las actividades libres se estimaron directamente el número de usos mensuales, de acuerdo a las orientaciones de gestores de centros deportivos (tabla 1 ANEXO 1). En el caso del número de abonados (ventas, no usos), se prevé un máximo de 5.000 clientes como tope, con un crecimiento desde los 2.000 abonados (40% de 5.000) que hay en el año 2 del 50% para el año 3, del 33% para el 4, del 15% para el 5 y del 5% para el 6 llegando a 4.817 abonados.

3. METODOLOGIA

La metodología seguida para llevar a cabo este estudio se divide en 3 fases:

1. Calcular la potencia en kilovatios (kW) que es necesario que tenga la instalación para producción de ACS y calentamiento de agua de piscina y los consumos energéticos anuales en kilovatios por hora (kWh).
2. Costes de instalación o inversión inicial, costes de consumo energético y costes de mantenimiento de cada tipo de instalación.
3. Cálculo del VAN de cada tipo instalación.

Para determinar la potencia y los consumos energéticos se utilizaron las fórmulas de potencia y energía recogidas en Albarracín, Sanabria y Maíllo (2007), la "Guía técnica de Agua Caliente Sanitaria Central" de ATECYR (2011), las normativas específicas y el asesoramiento técnico de expertos. Asimismo, se obtuvo información de trabajos académicos similares y se siguió el procedimiento empleado en éstos, como los de Bretaña (2007), Cloquell, Artacho y Santamarina (2009), Condori Yucra (2010), Corral (2011), Noguera (2011), Martínez Sánchez (2011), Moreno (2012), un manual de eficiencia energética de Escobar (2009) y una auditoría de Creara (2011), estudios que sirvieron también de orientación para el análisis financiero.

Todos los cálculos se hicieron tomando como año base el año 2, por ser el primer año de funcionamiento al completo del centro deportivo, salvo el cálculo del VAN para el cual se aplica una previsión a 20 años. Aunque en el futuro aumente el número de clientes, las instalaciones energéticas deben basarse en los datos más conservadores y de los primeros años, pues si las estimaciones se cumplen siempre pueden aumentarse. Los datos utilizados se obtuvieron de diversas fuentes que se comentarán de forma detallada a continuación, junto con la metodología seguida en cada fase.

3.1. Metodología para calcular la potencia y el consumo energético.

Para determinar la potencia térmica y el consumo energético se halló, por un lado, el consumo de litros de ACS y la demanda de energía térmica que supondrán los vestuarios y, por otro lado, la potencia y demanda de energía de piscinas, dado que en cada caso se obtendrán de forma diferente.

La potencia para ACS, agua caliente consumida para servicios sanitarios (duchas y lavabos, principalmente) se calculó a partir del consumo de agua diario, que vendrá dado por la afluencia diaria de personas al centro y por los litros que cada persona consume. La afluencia diaria se determinó a partir de la afluencia mensual. Puesto que varía todos los meses, sobre todo en verano, debido a la estacionalidad de uso de los centros deportivos, se establecieron porcentajes de afluencia orientativos, tomando 12.467 usos como los de los meses en los que el nivel de afluencia mensual es el 100% del esperado (tabla 2 ANEXO 1). Posteriormente, se sumaron los usos mensuales para conocer los anuales y, a partir de éstos, se obtuvieron los usos medios mensuales y diarios (345 personas/día).

En cuanto a las piscinas, consumen agua caliente debido a 2 causas principales: constituir la primera vez que se llena el vaso de la piscina y las pérdidas de calor del vaso debidas a cinco factores: evaporación, radiación, convección, transmisión y renovación del agua. Esto supondrá tener que usar agua caliente para mantener la temperatura en los niveles adecuados (entre 24 °C y 30 °C, según la Exigencia de Bienestar e Higiene IT 1.1 del RITE). Se escogió una temperatura de 28°C para la piscina 1 y 30°C para la 2, pues según el RITE y orientaciones de centros deportivos reales, la piscina 2 si es usada por bebés, 3ª edad y embarazadas debe tener mayor temperatura.

Los consumos energéticos vendrán dados en kilovatios hora (kWh). Por un lado, tenemos los consumos energéticos de ACS y, por otro lado, los de piscinas. La energía anual consumida (kWh) se calculará con el producto de la potencia instalada (kW) por las horas que se prevé que se use dicha potencia al año.

3.2. Metodología para calcular los costes de instalación, de consumo energético y de mantenimiento.

Una vez calculada la potencia a instalar se determinaron los **costes de instalación** para cada alternativa (Gas Natural, Biomasa y Solar combinada con Gas Natural o con Biomasa), en base a estimaciones de profesionales del sector y catálogos de calderas y paneles solares como el catálogo de tarifas de Vaillant o el generador de precios de Herz. Las instalaciones se adaptan al documento HE4 del Código Técnico de la Edificación (CTE) que, desde el año 2006, establece que, en los edificios de nueva construcción, cuando la fuente de energía principal no sea renovable (Gas Natural), deberá haber una contribución solar mínima a ACS y climatización de piscina. En ACS esta contribución dependerá de la zona solar (Lugo es Zona II) y del consumo

diario de agua caliente (entre 5.000 y 10.000 litros/día) y será del 40% de la energía demandada para ACS, y para climatización de piscinas dependerá de la zona solar y será del 30% de la energía demandada para piscinas.

Para determinar el número de paneles solares necesarios se calculará la contribución requerida según los porcentajes comentados, se tendrá en cuenta el ahorro del intercambiador de calor y se usará el programa AuroPro3.0.1. de Vaillant para calcular el número de paneles solares que se necesitan para ACS y para piscinas.

Además, se tendrán en cuenta en el coste de las instalaciones, las subvenciones para proyectos de energías renovables del INEGA 2018, que para la caldera de Biomasa es de 360 €/kW de potencia instalada, con un 50% de porcentaje máximo de ayuda y para instalaciones de energía Solar Térmica, por la parte no obligatoria del CTE y estando combinadas con energías convencionales, de 1500 €/kW con un 50% de porcentaje máximo de ayuda.

A partir de los datos de consumo energético, con los precios de combustibles de biomasa fijados por el IDAE (Instituto para el Ahorro y Diversificación de la Energía), los precios de Gas Natural de Endesa para consumos de entre 100.000 kWh/año y 3 GWh/año (tarifa 3.4) y el documento HE4 del Código Técnico de Edificación para placas solares, se determinó el **coste de consumo energético** anual de cada tipo de instalación.

Para determinar el coste energético de “Gas Natural” se usó el consumo energético anual con ahorro de intercambiador, descontando la contribución solar mínima obligatoria, dado que este aporte es gratuito. Al instalar una caldera de condensación hay que tener en cuenta que su rendimiento alcanza el 104%, por lo que con cada kWh producido se cubrirán 1,04 kWh y por lo tanto el consumo se cubrirá con menos producción de energía ($\text{Producción} = \text{Consumo}/\text{Rendimiento}$). El resultado de producción obtenido se multiplicó por el precio del Gas Natural más económico del mercado para consumos entre 100.000 kWh/año y 3 GWh/año (tarifa 3.4. de Endesa²), teniendo en cuenta el término fijo mensual.

Para el coste de consumo de “Biomasa”, se determinó el precio de los pellets de madera a granel (uno de los combustibles de este tipo de calderas) en €/kWh según el informe de precios energéticos liberalizados del IDAE³ y profesionales del sector, y se multiplicó por la producción de energía necesaria para cubrir el consumo energético anual con ahorro de intercambiador descontado (la producción será mayor al consumo, al tener una caldera de Biomasa con un rendimiento del 93% que por cada kWh producido cubre 0,93 kWh).

Para las instalaciones con aporte solar voluntario se restó del consumo energético anual con ahorro de intercambiador, la contribución solar correspondiente. En el caso de la instalación “Solar combinada con Gas Natural”, los costes de energía se determinaron como se indicó para la instalación “Gas Natural”, y para la instalación “Solar con Biomasa”, como en el caso de la instalación “Biomasa”.

Y, basándose en estimaciones de profesionales del sector, se calcularon los **costes de mantenimiento**. Existen costes de mantenimiento comunes para cualquiera de las alternativas analizadas. Por un lado, están los costes de mantenimiento mecánicos referentes a operaciones mensuales preventivas de chequeo de los equipos de energía (12h/mes), de operaciones diarias de control de temperatura de los depósitos y piscina (2h/día), y de operaciones correctivas para asistencia o imprevistos (200h anuales) y, por otro lado, los costes de mantenimiento químicos, realizados por un laboratorio homologado, como los análisis de legionela y PH de ACS y piscina (6.000 €). Los primeros vendrán dados por el coste/hora del personal necesario y por las horas que esté en el centro y los segundos tienen un precio fijo. A mayores, en la instalación de biomasa tendrá que haber una persona encargada de retirar las cenizas del combustible semanalmente (52 h anuales) y en la solar térmica se llevará a cabo un plan de vigilancia (limpieza de paneles y control de captadores y circuitos) y de mantenimiento de los sistemas de captación, acumulación e intercambio, circuito hidráulico y sistema eléctrico.

3.3. Metodología para el análisis de viabilidad (VAN)

En función de los resultados obtenidos, se hizo una comparativa de las diferentes alternativas, prestando especial atención a los costes y a la inversión inicial, y se estudió la viabilidad financiera de cada opción mediante un análisis VAN.

Para el cálculo del VAN, se estableció un horizonte temporal igual a la vida útil de las instalaciones, 20 años, fijando como desembolso inicial el coste de la instalación (con subvención) y como flujos de caja los costes de consumo energético anuales sumados a los costes de mantenimiento. Al ser desembolsos, los flujos serán negativos y, por ende, el resultado del VAN también, por lo que se propondrá como instalación más adecuada aquella con un VAN superior, pese a ser todos negativos.

Para hacer las proyecciones temporales de los 20 años se tuvo en cuenta el aumento de afluencia de personas para ACS. En el año 1 la afluencia es la cuarta parte del año 2, al estar abierto el centro sólo durante un trimestre. Desde el año 2 la afluencia aumenta en un 50%, 33%, 15% y 5% en los años 3, 4, 5 y 6, respectivamente, manteniéndose después el mismo consumo de ACS dado que variará en dichas proporciones. La piscina consumirá lo mismo todos los años, salvo por las pérdidas del primer año que, al funcionar sólo durante los 3 meses de apertura desde octubre, serán la cuarta parte del año 2. El primer llenado del vaso se hace en octubre y el siguiente año se rellena en diciembre. Los demás años, se rellenan de forma alterna.

Después del primer llenado de piscinas en octubre del año 1 de apertura y del llenado del año 2 base de cálculo, realmente se vaciarán las piscinas completas sólo cuando se requiera realizar reparaciones, y se suele vaciar sólo una parte para reparaciones menores. Como la empresa-caso es referente de calidad y para prever posibles reparaciones, se consideró una puesta a régimen cada dos años. Los años en los que no se vacíen las piscinas, habrá que tener

en cuenta las pérdidas por evaporación y radiación de las 72 horas excluidas en los años en que sí se vacían.

La fórmula del VAN se recoge en la tabla 8 del ANEXO 1. No se ha considerado el efecto de la inflación, pues al aplicar una tasa g multiplicando el precio de cada año n por $(1+g)^n$, en la fórmula del VAN hay que añadir el factor de actualización $(1+g)^{-n}$ y se obtendría el mismo resultado que sin tasa de inflación (Garrido, 2001). Se como tasa de descuento el WACC⁴, hallado a partir de una estimación del coste total que supondría construir un centro deportivo de las características de la empresa-caso y los costes de deuda según orientaciones de expertos del sector de gestión de instalaciones deportivas y asesores de entidades bancarias. Actualizar a una tasa de descuento WACC del 8,40% ofrece las mismas conclusiones que considerar una inflación del 3% y actualizar a una tasa de 11,65% (que tenga en cuenta el efecto de la inflación, $(1+0,084)^n(1+0,03)^n$). Este valor WACC es apropiado, utilizándose en estudios de naturaleza similar en los que para un proyecto energético a llevar a cabo en la empresa se puede usar como tasa de descuento el WACC de ésta (Noguera, 2011).

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de potencia y consumo energético

En primer lugar, se determinó la potencia térmica necesaria para la producción de ACS, hallando por un lado el consumo de litros de agua y la demanda de energía térmica que supondrán los vestuarios y por otro, la demanda de piscinas, dado que la potencia en kW se obtendrá de forma diferente.

Sabiendo, por lo tanto, que al mes acuden al centro 345 personas/día y cada persona consume 21 litros de agua a 60°C (de acuerdo con el documento HE4 "Ahorro de energía" del CTE) saldría un consumo de ACS de 7.245 litros/día. Se instalará, por lo tanto, 1 depósito de ACS, de 2.500 litros de capacidad y se considerará un tiempo de 2 horas cada vez que se llene el depósito, quedando una potencia necesaria para calentar el agua a 60°C de 71,05 kW (Albarracín, Sanabria y Maíllo, 2007; ATECYR, 2011). Como en el año base se prevé un consumo de 7.245 litros y el depósito es de 2.500 litros, si la caldera trabaja 6 horas/día para ACS producirá 7.500 litros en total y, por lo tanto, para 7.245 litros trabajará 5,8 horas/día. En el caso de que aumentase la afluencia al centro, si se aplican los mismos porcentajes de crecimiento de abonados, comentados en el apartado 2.1, para prever el incremento de afluencia anual, se llegaría a un tope de 831 personas/día al año, que consumirían 17.451 litros y dado que cada 2 horas se producen 2.500 litros, y el centro está abierto 4.888 horas al año (13,39 horas de media al día), se producirían 16.737,5 litros, lo que llegaría para abastecer la demanda de ACS del centro, sin apenas necesidad de aumentar la instalación en un futuro.

En cuanto a las piscinas, consumen agua caliente debido a 2 causas principales: constituir la primera vez que se llena el vaso de la piscina y las pérdidas de calor del vaso de la

piscina. Se calcularon las pérdidas de calor de los vasos de las piscinas (Albarracín, Sanabria y Mallo, 2007; ATECYR, 2011) sumando una potencia necesaria de 113,28 kW y, tras llenarse por primera vez los vasos de las piscinas, la potencia para cubrir la puesta a régimen que se va a consumir cada vez que, por reparaciones, averíasK haya que volver a llenar las piscinas, sumando una potencia total necesaria es de 196,89 kW.

El resumen de potencias necesarias, por lo tanto, sería el presentado en la tabla 3, quedando una potencia total de 381,23 kW. Si se tiene en cuenta el uso puntual de la potencia de puesta a régimen de la piscina y, pensando que cuando ésta se produce ya se cubre la potencia de renovación del agua y prácticamente no hay pérdidas por evaporación ni radiación, se instalaría una caldera que cubra una potencia igual a 281,85 kW. La escogida será una caldera de 300 kW.

Tabla 3: Potencia a instalar

	Potencia a instalar (kW)
<i>Potencia evaporación</i>	63,22
<i>Potencia radiación</i>	6,62
<i>Potencia convección</i>	0,00
<i>Potencia por transmisión</i>	13,91
<i>Potencia renovación del agua</i>	29,53
<i>Potencia ACS</i>	71,05
<i>Potencia puesta a régimen piscina</i>	196,89
TOTAL	381,23
<i>(Potencia evaporación + radiación + renovación)</i>	-99,37
TOTAL A INSTALAR	281,85

En cuanto al consumo energético, por un lado, si tenemos en cuenta que la potencia de ACS es de 71,05 kW y se trabajan 5,8 horas al día en el año 2, base de cálculo, se producirá una demanda diaria de 412 kWh y, como el centro estará abierto 365 días al año, se tendrá una demanda energética de 150.309,12 kWh anuales.

Por otro lado, las piscinas trabajan las siguientes horas:

- Renovación y transmisión (24 horas al día, 365 días al año) y radiación (24 horas al día, 362 días al año, se descuentan 3 días de puesta a régimen del vaso de las piscinas).
- Puesta a régimen: a final del año 2 un llenado de piscinas, por ser la base de cálculo. El año 1 se produce el calentamiento inicial, y los demás años a partir del 2*, se llenarán uno sí y otro no.
- Evaporación: se consideran sólo las horas que está abierto el centro (4.888 horas) menos 72 horas de la puesta a régimen, pues en ese momento el agua no se evaporará, estando cubiertas las piscinas con una manta térmica el resto de las horas que el centro no esté abierto.

De este modo, se consumirían 907.001,17 kWh en el año base (tabla 4 ANEXO 1). Para ahorrar parte de dicho consumo se pueden instalar intercambiadores de calor que permitan recuperar energía del agua de renovación de las piscinas, ahorrando 136.586,72 kWh, quedando un consumo anual de 770.414,45 kWh. Estos consumos se verán afectados por el rendimiento de las calderas, necesitando producir más o menos kWh de los que se van a consumir, en función de si el rendimiento es inferior o superior al 100% (Producción de energía = Consumo / Rendimiento Caldera).

En base a los datos obtenidos hasta ahora se dimensionará y estimará el coste de cada tipo de instalación, el coste de los consumos de cada una de ellas y el coste de mantenimiento, para hacer la valoración financiera.

4.2. Resultados de los costes de instalación, energéticos y de mantenimiento.

Costes de instalación

Los costes de instalación se estimaron según la metodología comentada. Para determinar el número de paneles solares necesarios se calculó la contribución mínima requerida según los porcentajes especificados: 40% de la demanda energética anual de ACS por Solar Térmica que son 60.123,65 kWh y 30% de la demanda energética anual de Piscinas por Solar Térmica que son 227.007,61 kWh, pero que con el ahorro del intercambiador de calor se reducen a 90.420,89 kWh. Con el programa AuroPro3.0.1. de Vaillant se calculó que se necesitan 32 paneles para ACS y 97 para piscinas. Dado que se instalaron intercambiadores de calor en las piscinas, el documento HE4 considera que puede reducirse el mínimo solar obligatorio de éstas, pasando del 30% a un 12,37%, y de 97 paneles a 40, lo que supone un total de 72 paneles solares, con los de ACS.

Además, se tuvieron en cuenta en el coste de las instalaciones, las subvenciones para proyectos de energías renovables del INEGA (tabla 5 del ANEXO 1), que para calderas de Biomasa son de 310 €/kW de potencia instalada, con un 50% del coste del proyecto como máximo de la ayuda (56.818 € máximo) y para instalaciones de energía Solar Térmica, por la parte no obligatoria del CTE y estando combinadas con energías convencionales, de 1500 €/kW, con un 50% del coste del proyecto y 60.000 € por proyecto como máximo de la ayuda (105.647 € y 102.016 € es el 50% en el caso de las instalaciones Solares Térmicas con más del mínimo de paneles solares requerido y como máximo se subvencionan 60.000 €).

Las alternativas de instalación contempladas son por lo tanto:

- una instalación de Gas Natural, que cumplirá con el mínimo solar obligatorio incluyendo 71 paneles y no tendrá subvención alguna.
- una instalación exclusivamente de Biomasa, con subvención de 56.818 €.

- una instalación Solar combinada con Gas Natural, con aporte solar superior al obligatorio (51% a ACS y 31% a piscina), 142 paneles, 71 voluntarios, con subvención de 60.000 €.
- Y una instalación Solar combinada con Biomasa en la que se tomará como aporte solar voluntario el mínimo exigido a energías convencionales, con subvención de 60.000 €.

Según los costes de instalación resultantes (tabla 6 ANEXO 1) sin tener en cuenta las subvenciones, la instalación que requiere una menor inversión es la instalación “Biomasa” (113.635 €) seguida por “Gas Natural” (124.867€), “Solar combinada con Biomasa” (204.031 €) y “Solar combinada con Gas Natural” (211.293 €). Si no existiese la obligación del CTE de instalar un mínimo de paneles solares cuando se usan energías convencionales, la instalación “Gas Natural” sería la que presentaría menores costes de inversión (30.971 €), pero esta opción no es realizable desde 2006. Teniendo en cuenta las subvenciones, la instalación “Biomasa” seguiría siendo la de menor precio (56.818 €) y las “Solar combinada conK ” podrían ser interesantes, dado que se reduce su coste en casi un tercio del valor sin subvención y son las alternativas con mayor aporte solar. En principio, si sólo basásemos el análisis en el coste de la inversión (CAPEX⁵), la más económica sería la instalación “Biomasa”. Sin embargo, se debe ver si compensa una inversión mayor en función de si a largo plazo permite reducir los costes de los consumos energéticos e incluso otros gastos de operación (OPEX⁶), como, por ejemplo, el mantenimiento anual de las instalaciones, antes de decidirse por una de ellas considerando sólo la inversión.

Costes de consumo energético

Para determinar los costes de consumo energético se siguió la metodología indicada. Estos costes, para el año base de cálculo, se recogen en la tabla 7 del ANEXO 1. Según ellos, la instalación que menos consumiría sería “Solar con Gas Natural”, con un coste de 22.327,87 € en el año base, muy próxima a los costes de consumo de la instalación “Solar con Biomasa”. Esto se debe a que el aporte solar es elevado, superando el mínimo obligatorio, y a que las calderas de condensación de Gas Natural suponen un rendimiento mayor que las de Biomasa. La instalación que más costes de consumo registra es “Gas Natural” (29.966,30 €) pues el aporte solar obligatorio no supone un ahorro considerable, seguida de la instalación de Biomasa (29.739,65 €), que pese a ser la que más energía debe producir tiene un combustible más económico que el Gas Natural, por lo que podría ser interesante, sabiendo que con los años va aumentar la afluencia de personas y, por ende, la energía a producir. Por lo tanto, aunque en términos de costes de instalación, “Biomasa” sería la opción con menor inversión, a nivel de costes de consumo la más adecuada sería la instalación “Solar con Gas Natural”, siempre y cuando se logren amortizar sus elevados costes de instalación. Esto se verá en el análisis VAN.

Costes de mantenimiento

Se calcularon según la metodología comentada. Existen, por un lado, costes comunes para cualquiera de las alternativas analizadas, algunos de los cuales como los costes de mantenimiento mecánicos, de operaciones diarias de control de temperatura de los depósitos y piscina y de operaciones correctivas para asistencia o imprevistos vendrán dados por el coste/hora del personal necesario y por las horas que esté en el centro, y por otro lado, los costes de mantenimiento químicos, tienen un precio fijo. A mayores, en la instalación de biomasa tendrá que haber una persona encargada de retirar las cenizas del combustible semanalmente y en la solar térmica se llevará a cabo un plan de vigilancia (limpieza de paneles y control de captadores y circuitos) y de mantenimiento de los sistemas de captación, acumulación e intercambio, circuito hidráulico y sistema eléctrico, que se estimaron en 1.400 €/año para la instalación “Gas Natural” y 2.775 €/año para “Solar con Gas Natural”, basándose en que el coste de mantenimiento de los paneles solares es de 8,3 €/m² de instalación (a 25 €/h supondrían 56 y 111 horas anuales, respectivamente). Los costes de mantenimiento se muestran en la tabla 8 del ANEXO 1, y según ellos la instalación “Solar con Gas Natural” es la que mayor mantenimiento supone, frente a “Biomasa”, la más económica. Habrá que ver si mayor inversión y mantenimiento de la instalación “Solar con Gas Natural” son asumibles al compensarlos con un menor coste de consumo.

4. Análisis VAN

Para estimar el VAN se usó la metodología comentada y la fórmula recogida en la tabla 9 ANEXO 1. En primer lugar, antes de aplicar el VAN, se estimó el consumo energético (kWh) durante un horizonte temporal de 20 años como vida útil media de las instalaciones (tabla 10 ANEXO 1), aplicando los porcentajes de crecimiento para ACS comentados en la metodología (50% año 3, 33% año 4, 15 % año 5 y 5% año 6). A partir del año 6, los consumos de ACS serán los mismos, al haber la misma afluencia de usuarios, y para hacer más visuales las tablas, se quitaron las columnas de la 12 a la 20, y se puso “10 y siguientes (ss) pares” y “11 y siguientes (ss) impares”, entendiéndose que habría el mismo consumo de forma alterna.

Después del primer llenado de piscinas en octubre del año 1, apertura, y del llenado del año 2, base de cálculo, solo se vaciarán las piscinas completas cuando se requiera realizar reparaciones, y se suele vaciar sólo una parte para reparaciones menores. Como la empresa caso es referente de calidad y para prever posibles reparaciones, se consideró una puesta a régimen cada dos años. Los años en los que no se vacíen las piscinas, habrá que tener en cuenta las pérdidas por evaporación y radiación de las 72 horas excluidas en los años en que sí se vacían. Los resultados de consumo energético anuales son los que figuran en la tabla 10 ANEXO 1 y suponen un consumo creciente hasta el año 6, desde el cual sólo habrá pequeñas bajadas en los años en que no se vacían las piscinas.

En función de los datos anteriores, y teniendo en cuenta el rendimiento de cada tipo de caldera, se calculó la energía a producir y los costes de consumo energético para cada tipo de

instalación. Al sumarle los costes de mantenimiento (iguales para todos los años), se obtuvieron los costes totales anuales de cada instalación. Los costes totales y desglosados se recogen en las Tablas 10.1 (Gas Natural), 10.2 (Biomasa), 10.3 (Solar con Gas natural) y 10.4 (Solar con Biomasa) del ANEXO 1). A partir de la inversión inicial y los costes totales, todos negativos al ser desembolsos, se obtuvieron los flujos de caja actualizados al 8,40% (tasa de descuento según la fórmula WACC). Y al sumar los flujos de caja descontados de cada instalación se obtuvieron los VAN de cada una de ellas. En las tablas 10.1, 10.2, 10.3 y 10.4 ANEXO 1 se recogen todos los datos de flujos de caja que sirven como base de los cálculos del VAN y en la tabla 11, a continuación, los resultados obtenidos.

Tabla 11: Valores del VAN

	Valor (€)
<i>VAN Gas Natural</i>	-755.418,55
<i>VAN Biomasa</i>	-672.403,49
<i>VAN Solar con Gas Natural</i>	-726.471,05
<i>VAN Solar con Biomasa</i>	-719.968,79

Como se puede observar en la tabla anterior, el VAN de mayor valor es el de la instalación “Biomasa” (-672.403,49 €). Por lo tanto, este tipo de instalación será el más conveniente y rentable para la empresa. Se debe a que, a pesar de que “Biomasa” tiene unos costes de consumo energético inferiores, aunque similares, a “Gas Natural” pero mayores que las instalaciones con aporte solar voluntario (“Solar con Gas Natural” y “Solar con Biomasa”), estos costes de consumo energético son compensados con una inversión inicial y con unos costes de mantenimiento menores que los demás tipos de instalación menor, debido en gran parte a las subvenciones que reducen considerablemente sus costes de instalación (Tabla 10.2 ANEXO 1). Incluso si se hubiese usado un coste de pellets mayor (0,0366 €/kWh de la categoría certificada A1 en vez de los 0,0359 €/kWh utilizados como precio medio) y que diese un mayor coste energético en el año base (30.319,54 € frente a los 29.737,2 €), el VAN seguiría siendo el mayor (-678.623,1 €), compensando gastar un poco más en el coste de producir la energía que invertir una cantidad muy elevada en instalaciones solares híbridas, ya que supondrán un menor consumo y unos flujos de caja menores (tablas 10.3 y 10.4 ANEXO 1) pero no el suficiente como para rentabilizar mejor que “Biomasa” el desembolso inicial.

El VAN más aproximado al de “Biomasa” es el de “Solar con Biomasa”. Hay que tener en cuenta que esta instalación tiene unos flujos de caja mayores y por tanto menos costes, diferencia que se va a ir reduciendo con el paso del tiempo, ya que aumentará el consumo de ACS con la afluencia de personas, y el mayor precio del Gas, irá reduciendo la diferencia (tabla 10.4 ANEXO 1). No se tuvo en cuenta en el análisis VAN la forma de financiar la instalación, salvo por las subvenciones, para poder ver el VAN del proyecto en sí mismo.

5. CONCLUSIONES

En base a todo lo expuesto, se puede concluir que la instalación "Biomasa" es la más adecuada, porque:

- Presenta el mayor VAN de las opciones analizadas.
- A pesar de que los costes de consumo energético de las instalaciones híbridas "Solar con Gas Natural" y "Solar con Biomasa" son menores que los de "Biomasa", las elevadas inversiones que requieren dichas instalaciones no se ven compensadas con sus costes de consumo energético ni mantenimiento.

Para futuros estudios sería interesante observar, si ante circunstancias diferentes, aplicando otro tipo de análisis o considerando otras alternativas de instalación de ACS y climatización de piscina, la opción de "Biomasa" seguiría siendo la más adecuada o la óptima.

- Entre "Biomasa" exclusivamente o "Solar con Biomasa", la primera es la mejor opción, pues, aunque hubiese mayores consumos compensarían la reducida inversión que requiere frente a una instalación híbrida.

Por lo tanto, la instalación "Biomasa" sería la elegida, pues sus costes de consumo son los más reducidos, requiere menos desembolso inicial que las demás instalaciones y tiene unos costes de mantenimiento reducidos.

6. BIBLIOGRAFÍA

Albarracín, E.; Sanabria, J.; Maíllo, A. (2007). Ahorro de energía en piscinas cubiertas. Ciatesa. Disponible en <http://www.marioloureiro.net/tecnica/eficienciaEnerg/19-B.EvaMAlbarracin-CIATESA.pdf> Consultado en 08/06/2018 a 12:34 h.

ATECYR. Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (2011). Guía técnica de agua caliente sanitaria central. Madrid, España. ATECYR para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Disponible en <http://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-agua-caliente-sanitaria-central> Consultado en 08/06/2018 a 12:40 h

Breña, E. (2007). Estudio técnico-económico de la instalación de una planta de biomasa para generación eléctrica. PFC. Universidad Pontificia Comillas. Madrid, España. Disponible en <https://es.scribd.com/document/207150775/Planta-Biomasa-pdf> Consultado en 08/06/2018 a 12:45 h

Cloquell, V.; Artacho, M.; Santamarina, C. (2009). Mejora de la eficiencia energética de un complejo deportivo a través de la gestión de sus consumos eléctricos. XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos en Badajoz. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en http://www.aepro.com/files/congresos/2009badajoz/ciip09_1100_1109.2552.pdf Consultado en 08/06/2018 a 12:55 h.

Condori Yucra, R. (2010). Estudio para la climatización de la piscina y la producción de agua caliente sanitaria (ACS) con energía solar de la UNAP. IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII - SPES), Cusco, Perú. Disponible en <https://es.slideshare.net/robvaler/exposicin-iv-claexviispes2010> Consultado en 08/06/2018 a 13:15 h.

Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Dirección General de industria, Energía y minas (2005): Medidas para la eficiencia energética en Guía de ahorro energético en gimnasios (Capítulo 02). Madrid. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Disponible en <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005515.pdf> Consultado en 06/06/2018 a 17:03 h.

Corral, D. (2011) Proyecto de una instalación de energía solar térmica en el polideportivo Can Xarau de Cerdanyola del Vallès. PFC. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona. Disponible en <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/11530?locale-attribute=es> Consultado en 08/06/2018 a 13:27 h.

Creara. Especialistas en ahorro y eficiencia energética (2011) Auditoría Energética de dependencias municipales. Plan de optimización energética municipal. Ayuntamiento de Jerez de la Frontera. Disponible en <http://www.jerez.es/fileadmin/contratacion/POEM%20Jerez%202011/4%20Dependencias%20municipales/Presidencia/Resumen PRESIDENCIA.pdf> Consultado en 08/06/2018 a 13:34 h.

Escobar, G. J. (2009): Manual de eficiencia energética para pymes. 04. Centros deportivos. CNAE 93.1. En Manual de eficiencia energética para pymes (pp.91-118). Gas Natural Fenosa y EOI Escuela de Negocios. Disponible en <https://docplayer.es/5926169-Manual-de-eficiencia-energetica-para-pymes-centros-deportivos-cnae-93-1.html> Consultado en 06/06/2018 a 16:07 h.

Noguera, J. (2011): Climatización de una piscina cubierta mediante la combinación de energía solar térmica, geotermia y caldera de apoyo de biomasa. Màster Interuniversitari UB-UPC d'Enginyeria en Energia. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. Disponible en <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12795/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Consultado en 07/06/2018 a 12:32 h.

Martínez Sánchez, D (2011). Estudio comparativo en la eficiencia energética en edificio de viviendas con un sistema de microgeneración de energía térmica y electricidad frente a sistemas convencionales. Proyecto Fin de Carrera. Escuela politécnica superior d'edificació de Barcelona. EPSEB. UPC. Barcelona, España. Disponible en

<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/10909> Consultado en 08/06/2018 a 13:52 h.

Moreno, F. (2012). Estudio técnico y económico para la sustitución del gasóleo por biomasa térmica en edificios urbanos. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía de la Universidad de Madrid. Madrid, España. Disponible en <http://oa.upm.es/14999/> Consultado en 08/06/2018 a 17:11 h

Normativas

Documento HE4 del Código Técnico de la Edificación (CTE). Ahorro de Energía. <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DccHE.pdf>

Exigencia de Bienestar e Higiene IT 1.1 del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

NIDE 3: Piscinas.

Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, Código Técnico de la Edificación (CTE).

UNE 94.002:2005 Instalaciones solares térmicas para producción de ACS. AENOR.

ANEXO 1

Tabla 1: Afluencia mensual en el año 2 con el 40% de cobertura del máximo de personas y el 100% de la afluencia al centro.

Cursos de Natación	Sesiones/semana	Usuarios /sesión	Usuarios /mes
<i>Tipo 1</i>	29	5	580
<i>Tipo 2</i>	18	10	720
<i>Tipo 3</i>	12	240	960
<i>Tipo 4</i>	40	8	1280
Total	107		3.540
40% Año 2			1.416
Cursos de Raqueta	Cursos 1 h/semana	Usuarios /curso	Usuarios /mes
<i>Tenis</i>	8	2	64
<i>Padel</i>	12	4	192
Total	20	6	256
40% Año 2			102
Cursos de Artes Marciales	Sesiones/semana	Usuarios /sesión	Usuarios /mes
Total	21	20	1680
40% Año 2			672
Pistas		Usuarios /mes	158
Entrada libre		Usuarios/mes	10
Piscina		Usuarios/mes	1.200
Fitness		Usuarios/mes	5.300
Actividades Dirigidas	Sesiones semanales de 1 h	Usuarios /sesión	Usuarios / Mes
<i>Sala 1</i>	16	17	1.088
<i>Sala 2</i>	37	17	2.516
<i>Sala 3</i>	40	17	2.720
<i>Sala 4</i>	40	17	2.720
Total			9.044
40% Año 3			3.617,6
Total Usos Mensuales			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Afluencia mensual del año 2 según los porcentajes de afluencia al centro

Año 2	Usos/mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Afluencia al Centro Deportivo	100%	80%	90%	90%	100%	100%	90%
Cursos	2.190	1.752	1.971	1.971	2.190	2.190	1.971
Pistas	158	126	142	142	158	158	142
Entrada libre	10	8	9	9	10	10	9
Piscina	1.200	960	1.080	1.080	1.200	1.200	1.080
Fitness	5.300	4.240	4.770	4.770	5.300	5.300	4.770
Salas	3.618	2.894	3.256	3.256	3.618	3.618	3.256
TOTAL (Usuarios)	12.476	9.981	11.228	11.228	12.476	12.476	11.228

Año 2	Usos/mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Afluencia al Centro Deportivo	100%	70%	40%	80%	90%	100%	80%
Cursos	2.190	1.533	876	1.752	1.971	2.190	1.752
Pistas	158	111	63	126	142	158	126
Entrada libre	10	7	4	8	9	10	8
Piscina	1.200	840	480	960	1.080	1.200	960
Fitness	5.300	3.710	2.120	4.240	4.770	5.300	4.240
Salas	3.618	2.533	1.447	2.894	3.256	3.618	2.894
TOTAL (Usuarios)	12.476	8.733	4.990	9.981	11.228	12.476	9.981

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Potencia, horas de funcionamiento al día, días por año y energía consumida en el año base de cálculo.

	<i>Potencia a instalar (kW)</i>	<i>Horas funcionamiento por día</i>	<i>Días al año</i>	<i>Horas totales /año</i>	<i>Energía consumida (kWh) anualmente</i>
Potencia de Evaporación Total	63,22			4816	304.486,95
<i>Piscina 1</i>	44,66	-	-	4816	215.060,72
<i>Piscina 2</i>	18,57			4816	89.426,23
Potencia de Radiación Total	6,62	24	362	8.688	57.476,09
<i>Piscina 1</i>	5,38	24	362	8.688	46.751,63
<i>Piscina 2</i>	1,23	24	362	8.688	10.724,46
Potencia de Convección	0	-	-		
Potencia por transmisión Total	13,91	24	365	8.760	121.834,08
<i>Piscina 1</i>	11,10	24	365	8.760	97.236,00
<i>Piscina 2</i>	2,81	24	365	8.760	24.598,08
Potencia renovación del agua Total	29,53	24	365	8.760	258.718,57
<i>Piscina 1</i>	25,68	24	365	8.760	224.931,25
<i>Piscina 2</i>	3,86	24	365	8.760	33.787,32
Potencia ACS	71,05	5,80	365	2115,54	150.309,12
Potencia puesta a régimen Total	196,89			72	14.176,36
<i>Piscina 1</i>	171,18			72	12.325,00
<i>Piscina 2</i>	25,71			72	1.851,36
TOTAL					907.001,17
Ahorro intercambiador de calor (tabla 46.1)					136.586,72
TOTAL con ahorro de intercambiador					770.414,45

(*) Nota: Para los cálculos se usaron los valores sin redondear de las potencias.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Subvenciones INEGA para energías renovables.

Subvención Biomasa

Ayuda máxima por potencia	Ayuda máxima por proyecto
<p><i>310 €/kW – (P/4) para potencias P de 40 kW < P ≤ 440 kW con sistema de alimentación automático y volumen de acumulación de combustible V ≥ 250 litros y V < 1.000 litros y 50 €/kW adicionales si hay sistema de limpieza automática de intercambiador</i></p>	<p>La intensidad de la ayuda será del 50 %.</p> <p>La cuantía máxima de la ayuda por proyecto será de 60.000 €.</p>
<p>Subvención Solar Térmica</p> <p>Ayuda máxima por potencia</p> <p><i>1500 €/kW sólo por la parte voluntaria de aporte solar</i></p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Coste de instalación de cada tipo de instalación.

Gas natural (con Aporte Solar Obligatorio según CTE)

Uds	Concepto	€/ud.	Total
1	Caldera de 300 kw	17.000	17.000
32	Paneles solar mínimos para ACS	778	24.896
39	Paneles solar mínimos para Piscina	778	30.342
36	Soporte para 2 paneles	109	3.924
2	Acumulador 2.500 litros	5.772	11.544
1	Acumulador 1500 litros	4.362	4.362
1	Intercambiadores de calor agua-agua	2.049	2.049
1	Material hidráulico	6.000	6.000
1	Material eléctrico	4.500	4.500
1	Material aislante	4.000	4.000
1	Mano de obra y puesta en marcha	12.000	12.000
1	Transporte a obra	4.250	4.250
		Gas Natural	30.971
		Solar	93.896
		Total	124.867

Biomasa			
Uds	Concepto	€/ud.	Total
1	Caldera de 300 kw	55.510	55.510
1	Acumulador 2.500 litros	5.772	5.772
1	Silo para almacenamiento de combustible	17.500	17.500
1	Intercambiadores de calor agua-agua	2.049	2.049
1	Material hidráulico	4.628	4.628
1	Material eléctrico	2500	2.500
1	Sistema de depuración de gases con aislamiento	7153	7.153

1	Sistema de alimentación	5563	5.563
1	Dispositivo de descarga de cenizas automático y depósito cenizas	5160	5.160
1	Obra y puesta en marcha	6000	6.000
1	Transporte a obra	1800	1.800
	Total Biomasa		113.635
	Subvención Inega		56.818
	Total		56.818

Gas Natural con Aporte Solar Voluntario (además del Obligatorio)

Uds	Concepto	€/ud.	Total
40	Paneles solares para ACS	778	31.120
102	Paneles solares para Piscina	778	79.356
71	Soporte para 2 paneles	109	7.739
1	Caldera 300 kw Gas natural	17.000	17.000
3	Acumulador 2.500 litros	5.772	17.316
1	Acumulador 300 litros	1.363	1.363
1	Intercambiadores de calor agua-agua	2.049	2.049
1	Material hidráulico	10.800	10.800
1	Material eléctrico	8.100	8.100
1	Material aislante	7.200	7.200
1	Mano de obra y puesta en marcha	21.600	21.600
1	Transporte a obra	7.650	7.650
	Total Gas Natural		30.971
	Total Solar		180.322
	Total		211.293
	Subvención Inega		60.000
	Total		151.293

Biomasa con Aporte Solar voluntario (igual al obligatorio de GN)

Uds	Concepto	€/ud.	Total
71	Paneles solares para ACS	778	55.238
36	Soporte para dos paneles	109	3.924
1	Caldera 300 kw Biomasa Policombustible	55.510	55.510
2	Acumulador 2.500 litros	5.772	11.544
1	Acumulador 1500 litros	4.362	4.362
1	Silo para almacenamiento de combustible	14.000	14.000
1	Intercambiadores de calor agua-agua	2.049	2.049
1	Sistema de depuración de gases con aislamiento	7.153	7.153
1	Sistema de alimentación	5.563	5.563
1	Dispositivo de descarga de cenizas automático y depósito cenizas	5.160	5.160
1	Material hidráulico	9.428	9.428
1	Material eléctrico	6.100	6.100

1	Material aislante	3.200	3.200
1	Obra y puesta en marcha	15.600	15.600
1	Transporte a obra	5.200	5.200
	Biomasa		110.135
	Solar		93.896
	TOTAL Solar con Biomasa		204.031
	Subvención Inega		60.000
	TOTAL con Subvención Inega		144.031

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Costes de consumo energético de cada tipo de instalación (€)

	<i>Gas natural</i>
Consumo energético anual con ahorro de intercambiador (kWh)	770.414,45
Contribución Solar Mínima obligatoria a ACS (40%) y Piscinas (12%) (kWh)	152.444,87
Consumo caldera de Gas Natural (kWh)	617.969,58
Energía real a producir con rendimiento de caldera 104% (kWh)	594.201,52
Precio Gas Natural (€/kWh)	0,048796
Coste fijo mensual	80,97
Coste anual Gas Natural	29.966,30 €
	Biomasa
Consumo energético anual con ahorro de intercambiador (kWh)	770.414,45
Energía a producir con rendimiento de caldera 93% (kWh)	828.402,63
Precio Pellets a granel (€/kWh)	0,035900
Coste anual Biomasa	29.739,65 €
	Solar combinada
Consumo energético anual con ahorro de intercambiador (kWh)	770.414,45
	Solar con Gas Natural
Contribución Solar Obligatoria a ACS (40%) y Piscina (12%) (kWh)	152.444,87
Contribución Solar Voluntaria a ACS (10%) y Piscina (20%) (kWh)	162799,49
Consumo caldera de Gas Natural (kWh)	455170,09
Energía real a producir con rendimiento de caldera 104%	437663,55
Precio Gas Natural (€/kWh)	0,048796
Coste fijo mensual	80,97
Coste anual Solar + Gas Natural (€)	22.327,87 €
	Solar con Biomasa
Contribución Solar Voluntaria a ACS (40%) y Piscina (30%) (kWh)	152444,87
Consumo caldera de Biomasa (kWh)	617.969,58
Energía real a producir con rendimiento de caldera 93%	664.483,42
Precio Pellets a granel (€/kWh)	0,0359
Coste anual Solar + Biomasa (€)	23.854,95 €

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Costes de mantenimiento de cada tipo de instalación año base

	<i>Gas</i>	<i>Biomasa</i>	<i>Solar</i>	
	<i>Natural</i>		<i>S + GN</i>	<i>Solar + BM</i>
Mantenimiento anual	33.650,00 €	33.550 €	35.025 €	34.950 €
Concepto	h de trabajo/año	€/h	€ por año	
<i>Operaciones Mensuales Preventivas</i>	120	25	3.000	
<i>Operaciones Diarias</i>	730	25	18.250	
<i>Operaciones Correctivas</i>	200	25	5.000	
Mantenimiento Mecánico Común (1)	1050	25	26.250	
Mantenimiento Químico (2)			6.000	
Biomasa: Retirada de Cenizas semanal (3)	52	25	1.300	
Solar Térmica: Mantenimiento Paneles (4)	56	25	1.400	
Solar Térmica: Mantenimiento Paneles (5)	111	25	2.775	

Fuente: Elaboración propia.

Coste de mantenimiento de Gas Natural: (1) + (2) + (4)

Coste de mantenimiento de Biomasa: (1) + (2) + (3)

Coste de Mantenimiento de Solar con Gas Natural: (1) + (2) + (5)

Coste de mantenimiento de Solar con Biomasa: (1) + (2) + (3) + (4)

Tabla 9: Fórmula del VAN y WACC

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Dónde

V_t : representa el Cash Flow en cada periodo t.

I_0 : es el valor del desembolso inicial de la inversión (año 0)

N : es el número de períodos considerado.

K : es el tipo de descuento = **8,40% = WACC (Promedio Ponderado del Costo de Capital)**

$$WACC(cpp) = K_e \frac{CAA}{CAA + D} + K_d(1 - T) \frac{D}{CAA + D}$$

Donde:

WACC: 8,40%

K_e : Tasa de costo de oportunidad de los accionistas (debe ser mayor a K_d)

CAA: Capital aportado por los accionistas para la constitución del centro deportivo

D: Deuda financiera contraída

K_d : Costo de la deuda financiera (al haber varios tipos se hizo una media ponderada)

T: Tasa de Impuesto

CAA	2.340.000 €	0,5526	CAA/ (CAA+D)
D	1.894.635 €	0,4474	D/(CAA+D)
T	0,25	0,0604 (1)	$K_e \cdot CAA / (CAA+D)$
K_e	10,93%	0,0236 (2)	$K_d \cdot (D / CAA+D) \cdot (1-T)$
K_d	7,03%	8,40%	(1) + (2)=WACC

Tabla 10: Resumen de consumos energéticos (kWh) para cada tipo de instalación y flujos de caja para calcular el VAN

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10 y ss. Pares	Año 11 y ss. Impares
Consumo de energía/año (1)	0,0	203.127,0	770.414,5	836.421,1	919.972,0	955.804,1	982.194,4	973.046,5	982.194,4	973.046,5	982.194,4	973.046,5
Producción de energía "Biomasa" (Rendimiento 93%) = (1) /0,93	0,0	218.416,1	828.402,6	899.377,5	989.217,2	1.027.746,4	1.056.123,0	1.046.286,5	1.056.123,0	1.046.286,5	1.056.123,0	1.046.286,5
Consumo de energía/año con aporte solar del CTE (2)	0,0	165.015,7	617.969,6	683.976,2	767.527,2	803.359,2	829.749,5	820.601,6	829.749,5	820.601,6	829.749,5	820.601,6
Producción de energía "Gas Natural" (Rendimiento 104%) = (2) /1,04	0,0	158.669,0	594.201,5	657.669,5	738.006,9	772.460,8	797.836,0	789.040,0	797.836,0	789.040,0	797.836,0	789.040,0
Producción de energía "Solar con Biomasa" (rendimiento 0,93%) = (2) /0,93	0,0	177.436,3	664.483,4	735.458,3	825.298,0	863.827,1	892.203,8	882.367,3	892.203,8	882.367,3	892.203,8	882.367,3
Consumo de energía/año con aporte solar mayor que CTE	0,0	124.315,9	455.170,1	521.176,7	604.727,7	640.559,8	666.950,0	657.802,1	666.950,0	657.802,1	666.950,0	657.802,1
Producción de energía "Solar con Gas Natural" (Rendimiento 104%) = (3) /1,04	0,0	119.534,5	437.663,6	501.131,5	581.468,9	615.922,8	641.298,1	632.502,0	641.298,1	632.502,0	641.298,1	632.502,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.1.: Resumen de costes totales (€) desglosados para instalación de Gas Natural y flujos de caja para calcular el VAN

	GAS NATURAL											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Consumo de energía por año (kwh) (1)		158.669,0	594.201,5	657.669,5	738.006,9	772.460,8	797.836,0	789.040,0	797.836,0	789.040,0	797.836,0	789.040,0
Coste del Gas Natural (€/kwh) (2)		0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796
Coste Fijo mensual (€) (3)		80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97
Meses		3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Coste de consumo energético (€) = (4) = (1)*(2)+(3)*meses al año		7.985,3	29.966,3	33.063,3	36.983,4	38.664,6	39.902,8	39.473,6	39.902,8	39.473,6	39.902,8	39.473,6
Costes de Mantenimiento (€) (5)		8.412,5	33.650,0	33.650,0	33.650,0	33.650,0	33.650,0	33.650,0	33.650,0	33.650,0	33.650,0	33.650,0
Desembolso inicial (6)	124.867											
Flujos de Caja GN = (7) = (4)+(5)+(6)	-124.867	-16.397,8	-63.616,3	-66.713,3	-70.633,4	-72.314,6	-73.552,8	-73.123,6	-73.552,8	-73.123,6	-73.552,8	-73.123,6
Flujos de Caja Descontados = (7) * (1+WACC)^-(año)	-124.867	-15.127,1	-54.138,9	-52.375,0	-51.155,6	-48.314,8	-45.334,0	-41.577,0	-38.580,3	-35.383,0	-32.832,7	-30.111,7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.2.: Resumen de costes totales (€) desglosados para instalación de Biomasa y flujos de caja para calcular el VAN

BIOMASA												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Consumo de energía por año (kwh) (1)	0	218.416	828.402	899.377,5	989.217,2	1.027.746	1.056.123,0	1.046.286	1.056.123	1.046.286	1.056.123	1.046.286
Coste pellets (€/kwh) (2)		0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590
Coste de consumo energético (€) = (3) = (1)*(2)		7.841,1	29.739,7	32.287,7	35.512,9	36.896,1	37.914,8	37.561,7	37.914,8	37.561,7	37.914,8	37.561,7
Coste de Mantenimiento (€) (4)		8.387,5	33.550,0	33.550,0	33.550,0	33.550,0	33.550,0	33.550,0	33.550,0	33.550,0	33.550,0	33.550,0
Desembolso inicial (5)	56.818											
Flujos de Caja BM = (6) = (3)+(4)+(5)	-56.818	-16.228,6	-63.289,7	-65.837,7	-69.062,9	-70.446,1	-71.464,8	-71.111,7	-71.464,8	-71.111,7	-71.464,8	-71.111,7
Flujos de Caja Descontados = (6) * (1+WACC)^-(año)	-56.818	-14.971,1	-53.861,0	-51.687,6	-50.018,2	-47.066,3	-44.047,0	-40.433,0	-37.485,0	-34.409,4	-31.900,6	-29.283,2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.3.: Resumen de costes totales (€) desglosados para instalación de Solar con Gas Natural y flujos de caja para calcular el VAN.

S + GN												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Consumo de energía por año (kwh) (1)	0	119.534,5	437.663,6	501.131,5	581.468,9	615.922,8	641.298,1	632.502,0	641.298,1	632.502,0	641.298,1	632.502,0
Coste del Gas Natural (€/kwh) (2)		0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796	0,048796
Coste Fijo mensual (€) (3)		80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97	80,97
Meses		3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Coste de consumo energético (€) = (4) = (1)*(2)+(3)*meses al año		6.075,7	22.327,9	25.424,9	29.345,0	31.026,2	32.264,4	31.835,2	32.264,4	31.835,2	32.264,4	31.835,2
Costes de Mantenimiento (€) (5)	0	8.756,3	35.025,0	35.025,0	35.025,0	35.025,0	35.025,0	35.025,0	35.025,0	35.025,0	35.025,0	35.025,0
Desembolso inicial (6)	151.293											
Flujos de Caja S+ GN = (7) = (4)+(5)+(6)	-151.293	-14.832,0	-57.352,9	-60.449,9	-64.370,0	-66.051,2	-67.289,4	-66.860,2	-67.289,4	-66.860,2	-67.289,4	-66.860,2
Flujos de Caja Descontados = (7)*(1+WACC)^-(año)	-151.293	-13.682,6	-48.808,6	-47.457,8	-46.619,4	-44.130,0	-41.473,5	-38.015,7	-35.294,9	-32.352,2	-30.036,8	-27.532,5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.4.: Resumen de costes totales (€) desglosados para instalación de Solar con Biomasa y flujos de caja para calcular el VAN

	S + BM											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Consumo de energía por año (kwh) (1)		177.436,3	664.483,4	735.458,3	825.298,0	863.827,1	892.203,8	882.367	892.203,8	882.367,3	892.203,8	882.367
Coste pellets (€/kwh) (2)	0,0366	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590	0,03590
Coste de consumo energético (€) = (3) = (1)*(2)		6.370,0	23.855,0	26.403,0	29.628,2	31.011,4	32.030,1	31.677	32.030,1	31.677	32.030,1	31.677
Coste de Mantenimiento (€) (4)		8.737,5	34.950,0	34.950,0	34.950,0	34.950,0	34.950,0	34.950	34.950	34.950	34.950,0	34.950
Desembolso inicial (5)	144.031											
Flujos de Caja S + BM = (6) = (3)+(4)+(5)	-144.031	-15.107,5	-58.805,0	-61.353,0	-64.578,2	-65.961,4	-66.980,1	-66.627	-66.980,1	-66.627	-66.980,1	-66.627
Flujos de Caja Descontados = (6)*(1+WACC)^-(año)	-144.031	-13.936,8	-50.044,4	-48.166,8	-46.770,2	-44.070,0	-41.282,9	-37.883	-35.132,7	-32.239,4	-29.898,8	-27.436,5

Fuente: Elaboración propia.

² Tarifa Gas Empresas 3.4: 0,048796 €/kWh y término fijo de 80,97 €/mes hasta 15/04/2018. La tarifa 3.4 fue la recomendada por profesionales de Endesa. Recuperado de <https://www.endesaclientes.com/empresas/tarifa-gas-empresas.html>

³ Según el Informe de precios energéticos liberalizados del IDAE, 4º trimestre 2017, el precio del pellet certificado A1 a granel es de 0,0366 €/kWh y el del pellet no certificado a granel 0,0352 €/kWh. Se usará una media de ambos, es decir, 0,0359 €/kWh

http://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/informe_precios_biomasa_usos_termicos_4t_2017_3.pdf

⁴ WACC: Weighted Average Cost of Capital. Coste Medio Ponderado de Capital.

⁵ CAPEX: Capital Expenditure. En este caso se consideran los desembolsos derivados del proceso de inversión. Por simplicidad del modelo se considera que los pagos se realizan al contado.

⁶ OPEX: Operational Expenditure. En este caso se consideran los desembolsos derivados de los gastos de operación. Por simplicidad del modelo se considera que los pagos se realizan al contado