



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE  
MINAS Y ENERGÍA



Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO ENERGÉTICO DE UN  
ESTABLECIMIENTO HOTELERO CON  
BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS  
ENERGÉTICAS**

**Energetic study in a hotel establishment with spa and  
energetics alternatives installations**

Para acceder al título de:

**Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos**

**Autor:** Álvaro Pérez Sobrino

**Director:** Juan Carcedo Haya

**Convocatoria:** Julio 2022





UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y  
ENERGÍA



---

ÁLVARO PÉREZ SOBRINO

*“Always look on the bright side of life”*

-Monty Python-



## AGRADECIMIENTOS

*Pues se acabó la carrera, han sido unos años maravillosos que han pasado fugazmente por el sendero de mi vida, en las que he tenido experiencias extraordinarias tanto para bien como para mal, de las que he aprendido y escarmentado haciéndome más sabio respecto el chico que entró hace 6 años. Este tramo vital he conocido personas excepcionales a la que me gustaría agradecer en estas líneas.*

*En primer lugar, me gustaría agradecer profundamente a Juan Carcedo que haya sido el tutor de este trabajo y que me haya soportado durante estos meses para que este trabajo saliese adelante.*

*En segundo lugar, dar las gracias al hotel por darme la oportunidad de hacer este trabajo, concretamente a Mauri, gracias.*

*En tercer lugar, dar las gracias a todo el personal de la Escuela que me ha acompañado en esta travesía como estudiante y como representante de alumnos, especialmente a Felisa, Yolanda y Ana, por darme la oportunidad de descubrir un oficio diferente al que se me ha preparado estos años y poder trabajar con el fondo de la mina de Reocín, esa que indirectamente me ha traído hasta aquí.*

*En cuarto lugar, agradecer a todos y cada uno de los compañeros, los cuales no voy a nombrar porque los agradecimientos serían infinitos, y de los cuales he aprendido muchísimo y me lo he pasado genial al compartir esta experiencia con ellos y formar una segunda familia. De corazón, muchas gracias, el Álvaro actual no sería igual sin vosotros.*

*En quinto lugar, dar las gracias a Fina, Fran, Elo, Elena, María, Mayte, Fran, Arantxa y José Alberto ya que parte de culpa de que me encuentre redactando estas líneas es vuestra.*

*En sexto lugar, agradecer a mis colegas, Marcano, Eche, Óscar, Antonio y Néstor, el apoyo mostrado las convulsas últimas semanas de redacción de este trabajo, dándome el apoyo necesario para ver que no era para tanto, además de los increíbles momentos y conversaciones interminables que no tienen precio, os quiero.*

*En séptimo lugar y el más importante, dar las gracias a mi padre y a mi madre, además de por soportarme todos los días, por enseñarme el valor del trabajo duro para conseguir los objetivos y lo que cuesta alcanzarlo, y poder ser un ejemplo de sacrificio para mi hermana. También me gustaría dedicárselo a mis abuelos por cuidarme durante tantos años, especialmente a mi abuelo José Luis por dejar que por mis venas corra sangre de minero y lo que representa, y la tristeza de no poder compartir este logro con vosotros en persona.*

*Os estaré eternamente agradecido y en deuda con vosotros,*

*Álvaro*

## **RESUMEN**

En el presente Trabajo Fin de Grado se desarrolla el estudio energético en un complejo hotelero y la exposición de diversas propuestas de mejora para mitigar tanto las pérdidas energéticas como económicas.

El principal objetivo de este documento es visibilizar las áreas y equipos sujetos al consumo de energía del hotel y balneario y consecuentemente susceptibles de la aplicación de una serie de mejoras para potenciar un ahorro energético en el hotel. Estas medidas se basan en la introducción de equipos de carácter renovable y alternativos para la generación eléctrica, como son la energía solar fotovoltaica y la cogeneración para lograr un hotel independiente de agentes externos eléctricamente, asimismo se muestran propuestas de carácter correctivo como la instalación luminarias LED con sistemas de control de presencia, mitigación de armónicos para aumentar el rendimiento de la electricidad entrante de la red y evitar daños en equipos eléctricos, equipar el sistema de bombeo con variadores de frecuencia para la regulación del consumo en función de la demanda y la implementación de un sistema de gestión energética para el control de los consumos, además de añadir la propuesta de generación de ACS y calefacción mediante energías renovables como la combustión de biomasa densificada, siendo combinable con la cogeneración.

Las alternativas con la mejor puntuación son objeto de un estudio de viabilidad para observar si son viables o no económicamente, así como el tiempo de retorno de la inversión, siendo el resultado favorable para las propuestas realizadas.

## **PALARAS CLAVE**

*Eficiencia energética, emisiones contaminantes, energías renovables, ahorro energético, energía solar, cogeneración, climatización.*



## **ABSTRACT**

This Final Degree Project consists of an energy study of a hotel complex, as well as various proposals to improve both its energy and economic deficiencies.

The main goal with this project is to highlight the areas and equipment from the hotel and health resort that are susceptible to be greatly improved in its energy consumption and efficiency. By highlighting these characteristics, measures will be introduced in order to introduce equipment for renewable and alternative electricity generation, such as photovoltaic energy and cogeneration. This will provide a way to make the hotel self-sufficient and independent from external agents when it comes to electricity. Accompanying these measures will come proposals of a more corrective nature: the installation of LED lights with presence detection, harmonic mitigation to increase energy performance from the grid and avoid damage in electrical equipment, equipping the pump system with frequency inverters for adjusting energy requirements to its demand as well as an energy management system to control consumption, beyond that, I'll also suggest adding the ACS generation proposal, as well as heating through renewable energy by combustion of densified biomass, which is a measure that ties in with cogeneration.

The alternatives with the best score are subjected to a viability study in order to find out if they are economically viable or not. The return on investment will also be evaluated, with the results showing a positive result with this paper's proposals.

## **KEYWORDS**

*Energy efficiency, polluting emissions, renewables energies, energetic economy, solar energy, cogeneration, conditioning.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 16 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN.....   | 16 |
| 1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE.....  | 19 |
| 1.3. MOTIVACIONES DEL TRABAJO .....  | 19 |
| 1.4. PROCESO DE TRABAJO.....   | 20 |
| 1.5. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO .....  | 20 |
| 2. ESTADO DEL ARTE .....   | 22 |
| 2.1. INTRODUCCIÓN A LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA NACIONAL<br>ACTUAL .....          | 22 |
| 2.2. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DE TÉRMICA Y<br>ELÉCTRICA ..... | 24 |
| 2.2.1. Producción calor .....  | 25 |
| 2.2.2. Producción de frío .....  | 29 |
| 2.2.3. Producción electricidad .....   | 30 |
| 2.3. DESARROLLO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....                               | 34 |
| 2.4. MARCO LEGAL DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA .....                             | 36 |
| 2.5. SOFTWARE EMPLEADO.....  | 38 |
| 2.5.1. CE3X.....   | 39 |
| 2.5.2. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).....               | 39 |
| 3. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL ESTABLECIMIENTO<br>HOTELERO .....     | 40 |
| 3.1. UBICACIÓN DEL HOTEL.....  | 40 |
| 3.1.1. Localización .....  | 40 |



|  |    |
|--|----|
| 3.1.2. Zona climática.....                                     | 40 |
| 3.1.3. Humedad.....  | 42 |
| 3.1.4. Temperatura .....                                       | 43 |
| 3.1.5. Radiación solar .....                                   | 44 |
| 3.1.6. Geología.....   | 47 |
| 3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....                     | 48 |
| 3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA .... | 51 |
| 3.3.1. Calderas .....  | 51 |
| 3.3.2. Depósitos de ACS y recuperación de calor.....           | 52 |
| 3.3.3. Producción de frío y calor para climatización .....     | 53 |
| 3.3.4. Sistemas de bombeo y sopladore.....                     | 54 |
| 3.4. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.....           | 55 |
| 3.4.1. Tipo y consumo de las luminarias.....                   | 55 |
| 3.4.2. Sistemas de control actuales .....                      | 57 |
| 3.5. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS.....                   | 57 |
| 3.5.1. Centros de transformación .....                         | 57 |
| 3.5.2. Sistema de compensación de energía reactiva.....        | 57 |
| 3.5.3. Grupo electrógeno .....                                 | 57 |
| 3.5.4. Sistemas eléctricos de lavandería .....                 | 57 |
| 3.5.5. Sistemas eléctricos de cocina.....                      | 58 |
| 3.5.6. Sistemas de elevación .....                             | 58 |
| 3.6. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS CON FUNCIONAMIENTO A GAS.....     | 58 |
| 3.7. ESTUDIO DE LOS CONSUMOS ANUALES .....                     | 59 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.7.1. Consumo de gas .....   | 59  |
| 3.7.2. Consumo de electricidad .....  | 60  |
| 3.7.3. Consumos energéticos totales .....   | 63  |
| 3.8. MEDICIONES EFECTUADAS.....   | 64  |
| 3.8.1. Mediciones de iluminación .....  | 65  |
| 3.8.2. Mediciones eléctricas .....  | 65  |
| 3.8.3. Mediciones térmicas.....   | 65  |
| 3.9. ANÁLISIS ENERGÉTICO.....   | 65  |
| 3.9.1. Análisis eléctrico .....   | 65  |
| 3.9.2. Análisis térmico .....   | 67  |
| 3.9.3. Análisis energético global .....   | 68  |
| 3.10.CERTIFICADO ENERGÉTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL MEDIANTE<br>CE3X .....                                   | 70  |
| 4. ANÁLISIS DE PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA.....   | 91  |
| 4.1. METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....  | 91  |
| 4.2. ILUMINACIÓN .....  | 91  |
| 4.2.1. Luminarias.....  | 91  |
| 4.2.2. Sistema de control de iluminación .....  | 94  |
| 4.3. GENERACIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN .....  | 96  |
| 4.3.1. Alternativa 0: Situación actual.....   | 97  |
| 4.3.2.Alternativa 1: Sustitución de calderas de propano por calderas de condensación<br>de gas natural..... | 98  |
| 4.3.3. Alternativa 2: Sustitución de gas propano por biomasa densificada .....                              | 101 |
| 4.3.4. Alternativa 3: Instalación de energía solar térmica.....   | 105 |



|   |     |
|---|-----|
| 4.3.5. Resumen de las calificaciones de las alternativas .....                    | 108 |
| 4.4. SISTEMAS DE BOMBEO .....   | 109 |
| 4.5. SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA .....   | 111 |
| 4.6. MITIGACIÓN DE ARMÓNICOS .....  | 112 |
| 4.7. PRODUCCIÓN ELÉCTRICA.....  | 112 |
| 4.7.1. Alternativa 0: Situación actual.....                                       | 113 |
| 4.7.2. Alternativa 1: Instalación de cogeneración para generar electricidad ..... | 115 |
| 4.7.3. Alternativa 2: Instalación de energía solar fotovoltaica .....             | 120 |
| 4.7.4. Resumen de las calificaciones de las alternativas .....                    | 124 |
| 5. VIABILIDAD ECONÓMICA .....   | 124 |
| 5.1. PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RENTABILIDAD ECONÓMICA .....                       | 125 |
| 5.1.1. Valor Actual Neto .....  | 125 |
| 5.1.2. Tasa Interna de Retorno.....   | 125 |
| 5.1.3. Periodo de retorno .....   | 126 |
| 5.2. VIABILIDAD ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA .....                       | 126 |
| 5.2.1. Iluminación.....   | 126 |
| 5.2.2. Sistemas de control de iluminación.....                                    | 129 |
| 5.2.3. Generación ACS y climatización .....                                       | 133 |
| 5.2.4. Sistema de bombeo.....   | 137 |
| 5.2.5. Sistema de gestión energética .....  | 141 |
| 5.2.6. Mitigación de armónicos .....  | 144 |
| 5.2.7. Producción eléctrica .....   | 145 |
| 6. CONCLUSIONES .....   | 150 |



7. BIBLIOGRAFÍA..... 151



## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 2.1 Poderes caloríficos de los combustibles (Fuente: Elaboración propia).....                        | 25  |
| Tabla 2.2 Eficiencia de los sistemas de cogeneración (Fuente: Antonio Madrid Vicente)                      |     |
| .....  | 32  |
| Tabla 3.1 Humedad promedio mensual (Fuente: Elaboración propia).....                                       | 42  |
| Tabla 3.2 Resumen de horas mensuales de insolación (Fuente: Climate-Data).....                             | 46  |
| Tabla 3.3 Resumen de la irradiación solar mensual en el año 2.019 (Fuente: Elaboración propia) .....       | 47  |
| Tabla 3.4 Distribución de las superficies por plantas (Fuente: Elaboración propia).....                    | 51  |
| Tabla 3.5 Características técnicas compresor circuito termal Thermocold (Fuente: Thermocold) .....         | 53  |
| Tabla 3.6 Inventario del sistema de bombeo (Fuente: Elaboración propia).....                               | 55  |
| Tabla 3.7 Inventario de luminarias (Fuente: Elaboración propia).....                                       | 56  |
| Tabla 3.8 Inventario de equipos de lavandería (Fuente: Elaboración propia).....                            | 58  |
| Tabla 3.9 Características técnicas de equipo de lavandería Electrolux (Fuente: Elaboración propia) .....   | 59  |
| Tabla 3.10 Consumos térmicos anuales (Fuente: Elaboración propia) .....                                    | 60  |
| Tabla 3.11 Potencia contratada anualmente (Fuente: Elaboración propia) .....                               | 61  |
| Tabla 3.12 Consumos eléctricos anuales (Fuente: Elaboración propia).....                                   | 62  |
| Tabla 3.13 Consumos energéticos totales en el año 2.021 (Fuente: Elaboración propia) .....                 | 63  |
| Tabla 3.14 Distribución de los consumos eléctricos en el hotel en 2.021 (Fuente: Elaboración propia) ..... | 66  |
| Tabla 3.15 Distribución de consumos térmicos en el hotel en 2.021 (Fuente: Elaboración propia) .....       | 68  |
| Tabla 3.16 Consumos energéticos para cada instalación en 2.021 (Fuente: Elaboración propia) .....          | 69  |
| Tabla 3.17 Características técnicas del hotel (Fuente: Elaboración propia).....                            | 71  |
| Tabla 3.18 Características técnicas de las cubiertas (Fuente: Elaboración propia).....                     | 72  |
| Tabla 3.19 Características técnicas de las fachadas (Fuente: Elaboración propia) .....                     | 77  |
| Tabla 3.20 Características de las ventanas del hotel (Fuente: Elaboración propia) .....                    | 87  |
| Tabla 3.21 Características de los equipos en CE3X (Fuente: Elaboración propia).....                        | 89  |
| Tabla 4.1 Eficiencia luminosa de las luminarias (Fuente: Elaboración propia).....                          | 92  |
| Tabla 4.2 Características de las luminarias y potencial ahorro (Fuente: Elaboración propia) .....          | 93  |
| Tabla 4.3 Coste estimado de la mejora en iluminación (Fuente: Elaboración propia)...                       | 94  |
| Tabla 4.4 Coste de implantación del sistema de control de iluminación .....                                | 96  |
| Tabla 4.5 Calificación de la Alternativa 0 (Fuente: Elaboración propia).....                               | 98  |
| Tabla 4.6 Calificación de la Alternativa 1 (Fuente: Elaboración propia).....                               | 101 |
| Tabla 4.7 Calificación de la Alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia).....                               | 105 |
| Tabla 4.8 Calificación de la Alternativa 4 (Fuente: Elaboración propia).....                               | 108 |
| Tabla 4.9 Resumen de las calificaciones de las alternativas (Fuente: Elaboración propia) .....             | 108 |
| Tabla 4.10 Rango de precios de los variadores de frecuencia (Fuente: Elaboración propia) .....             | 110 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 4.11 Coste total de la instalación de variadores de frecuencia (Fuente:<br>Elaboración propia) .....              | 111 |
| Tabla 4.12 Calificaciones de la alternativa 0 (Fuente: Elaboración propia) .....  | 115 |
| Tabla 4.13 Calificaciones criterio 1 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)                                    | 115 |
| Tabla 4.14 Calificaciones criterio 2 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)                                    | 116 |
| Tabla 4.15 Calificaciones criterio 3 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)                                    | 116 |
| Tabla 4.16 Calificaciones criterio 4 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)                                    | 117 |
| Tabla 4.17 Calificaciones criterio 5 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)                                    | 117 |
| Tabla 4.18 Calificaciones criterio 6 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)                                    | 118 |
| Tabla 4.19 Calificaciones criterio 7 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)                                    | 118 |
| Tabla 4.20 Calificaciones criterio 8 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)                                    | 119 |
| Tabla 4.21 Calificaciones sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia) .....   | 120 |
| Tabla 4.22 Costes de instalación solar fotovoltaica para la demanda completa (Fuente:<br>Elaboración propia) .....      | 122 |
| Tabla 4.23 Costes de instalación solar fotovoltaica por disponibilidad (Fuente:<br>Elaboración propia) .....            | 122 |
| Tabla 4.24 Calificaciones para la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia) .....                                      | 124 |
| Tabla 4.25 Resumen de las evaluaciones de alternativas en la producción eléctrica<br>(Fuente: Elaboración propia) ..... | 124 |
| Tabla 5.1 Coste antes y después de las mejores (Fuente: Elaboración propia) .....                                       | 126 |
| Tabla 5.2 Beneficios anuales de la iluminación (Fuente: Elaboración propia) .....                                       | 127 |
| Tabla 5.3 Beneficios acumulado en la inversión (Fuente: Elaboración propia) .....                                       | 128 |
| Tabla 5.4 Resumen de los indicadores de viabilidad en la mejora de iluminación<br>(Fuente: Elaboración propia) .....    | 129 |
| Tabla 5.5 Ahorro anual tras la medida (Fuente: Elaboración propia) .....  | 130 |
| Tabla 5.6 Beneficio anual (Fuente: Elaboración propia) .....  | 130 |
| Tabla 5.7 Beneficio acumulado a lo largo de la vida útil (Fuente: Elaboración propia)<br>.....                          | 132 |
| Tabla 5.8 Resumen de los indicadores de viabilidad (Fuente: Elaboración propia) ....                                    | 133 |
| Tabla 5.9 Coste anual en consumo de energía térmica (Fuente: Elaboración propia) .                                      | 133 |
| Tabla 5.10 Beneficio anual con el sistema de biomasa (Fuente: Elaboración propia) .                                     | 133 |
| Tabla 5.11 Beneficio acumulado de la inversión en la vida útil (Fuente: Elaboración<br>propia) .....                    | 136 |
| Tabla 5.12 Resumen de la inversión en generación de ACS y climatización (Fuente:<br>Elaboración propia) .....           | 137 |
| Tabla 5.13 Ahorro económico con la medida (Fuente: Elaboración propia) .....  | 137 |
| Tabla 5.14 Beneficio anual con variadores de frecuencia (Fuente: Elaboración propia)<br>.....                           | 138 |
| Tabla 5.15 Beneficio acumulado de la inversión en variadores (Fuente: Elaboración<br>propia) .....                      | 140 |
| Tabla 5.16 Resumen de los indicadores de la inversión en variadores de frecuencia<br>(Fuente: Elaboración propia) ..... | 141 |
| Tabla 5.17 Ahorro tras implantar SGEN (Fuente: Elaboración propia) .....  | 141 |
| Tabla 5.18 Beneficio anual con SGEN (Fuente: Elaboración propia) .....  | 142 |
| Tabla 5.19 Beneficio acumulado con SGEN en el periodo de 10 años (Fuente:<br>Elaboración propia) .....                  | 143 |



|   |     |
|---|-----|
| Tabla 5.20 Resumen de los indicadores de viabilidad (Fuente: Elaboración propia) ..                           | 144 |
| Tabla 5.21 Ahorro energético y económico en función de valores de 2.021 (Fuente:<br>Elaboración propia).....  | 145 |
| Tabla 5.22 Ahorro tras implantar cogeneración (Fuente: Elaboración propia).....                               | 145 |
| Tabla 5.23 Beneficio anual con cogeneración (Fuente: Elaboración propia).....                                 | 146 |
| Tabla 5.24 Beneficio acumulado con cogeneración en el periodo de 25 años (Fuente:<br>Elaboración propia)..... | 148 |
| Tabla 5.25 Resumen de los indicadores de viabilidad (Fuente: Elaboración propia) ..                           | 149 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Imagen 1.1 Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores en 2018 (Fuente: IPCC).....                | 16  |
| Imagen 1.2 Proporción de emisiones de efecto invernadero (Fuente: EPA).....                                 | 17  |
| Imagen 1.3 Variación de temperaturas anuales (Fuente: NOAA).....  | 17  |
| Imagen 1.4 Evolución de las emisiones de CO <sub>2</sub> .....  | 18  |
| Imagen 2.1 Evolución a futuros de la generación eléctrica en España (Fuente: PNIIEC) .....                  | 23  |
| Imagen 2.2 Distribución de las materias primas para generación (Fuente: BP).....                            | 23  |
| Imagen 2.3 Diagrama de caldera de condensación (Fuente: Intergas) .....                                     | 26  |
| Imagen 2.4 Esquema de un depósito eléctrico de ACS (Fuente: Openclima).....                                 | 26  |
| Imagen 2.5 Sistema de generación eléctrica mediante geotermia (Fuente. Revista Ingeniería Industrial) ..... | 27  |
| Imagen 2.6 Esquema de funcionamiento de la aerotermia (Fuente: Lasser).....                                 | 28  |
| Imagen 2.7 Esquema de funcionamiento de la energía térmica solar (Fuente: Remica) .....                     | 29  |
| Imagen 2.8 Esquema de funcionamiento de la cogeneración (Fuente: efENERGIA) ...                             | 31  |
| Imagen 2.9 Esquema de funcionamiento de la trigeneración (Fuente: UPV/EHU) .....                            | 33  |
| Imagen 2.10 Esquema de funcionamiento de la energía solar fotovoltaica (Fuente: Novasol) .....              | 34  |
| Imagen 2.11 Procesos de una auditoría energética (Fuente: AENOR) .....                                      | 35  |
| Imagen 2.12 Etiqueta de certificación energética (Fuente: DGICC).....                                       | 36  |
| Imagen 3.1 Establecimiento hotelero objeto de estudio .....   | 40  |
| Imagen 3.2 Zonas climáticas de España (Fuente: CTE).....  | 42  |
| Imagen 3.3 Mapa regional de la distribución de temperaturas entre 1.981-2.010 (Fuente: AEMET).....          | 44  |
| Imagen 3.4 Distribución de las temperaturas en Cantabria entre 1.991 y 2.021 (Fuente: Climate-Data) .....   | 44  |
| Imagen 3.5 Horas de sol mensuales (Fuente: Climate-Data) .....  | 44  |
| Imagen 3.6 Promedio de horas de sol (Fuente: Climate-Data).....   | 45  |
| Imagen 3.7 Distribución de las alturas solares (Fuente: PVGIS) .....  | 46  |
| Imagen 3.8 Radiación solar mensual en el año 2.019 (Fuente: PVGIS) .....                                    | 46  |
| Imagen 3.9 Columna estratigráfica de Puente Viesgo (Fuente: Mapas Cantabria).....                           | 48  |
| Imagen 3.10 Superficies y usos por plantas (Fuente: Catastro) .....   | 49  |
| Imagen 3.11 Características técnicas de la caldera Remeha P 420-14 (Fuente: Remeha) .....                   | 52  |
| Imagen 3.12 Ángulos de orientación de fachadas (Fuente: CTE).....   | 78  |
| Imagen 3.13 Calificación energética del hotel (Fuente: CE3X).....   | 90  |
| Imagen 3.14 Valores de emisiones y calificación en CE3X (Fuente: CE3X).....                                 | 90  |
| Imagen 4.1 Calificación energética para la Alternativa 1 (Fuente: CE3X).....                                | 100 |
| Imagen 4.2 Calificación energética para ACS de la Alternativa 3 (Fuente: CE3X) ....                         | 104 |
| Imagen 4.3 Calificación energética para calefacción de la Alternativa 3 (Fuente: CE3X) .....                | 104 |
| Imagen 4.4 Calificación energética para calefacción de la Alternativa 4 (Fuente: CE3X) .....                | 107 |



Imagen 4.5 Calificación energética para calefacción de la Alternativa 4 (Fuente: CE3X)

..... 107

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|   |     |
|---|-----|
| Gráfico 2.1 Evolución del consumo energético final (Fuente: Elaboración propia).....                    | 24  |
| Gráfico 3.1 Humedad-periodo (Fuente: Elaboración propia).....   | 43  |
| Gráfico 3.2 Distribución de usos por superficie construida (Fuente: Elaboración propia)                 |     |
| .....   | 50  |
| Gráfico 3.3 Distribución de las luminarias por tipología (Fuente: Elaboración propia)                   | 56  |
| Gráfico 3.4 Distribución de los consumos térmicos mensuales (Fuente: Elaboración propia)                | 60  |
| Gráfico 3.5 Potencia máxima registrada en el año 2.021 (Fuente: Elaboración propia)                     | 62  |
| Gráfico 3.6 Distribución de los consumos térmicos mensuales (Fuente: Elaboración propia)                | 63  |
| Gráfico 3.7 Distribución de consumos globales (Fuente: Elaboración propia).....                         | 64  |
| Gráfico 3.8 Distribución de costes energéticos (Fuente: Elaboración propia).....                        | 64  |
| Gráfico 3.9 Distribución de los consumos eléctricos en 2.021 (Fuente: Elaboración propia)               | 66  |
| Gráfico 3.10 Distribución de los consumos térmicos en 2.021 (Fuente: Elaboración propia)                | 68  |
| Gráfico 3.11 Distribución de los consumos totales por instalación en 2.021 (Fuente: Elaboración propia) | 70  |
| Gráfico 5.1 Periodo de retorno de la mejora de iluminación (Fuente: Elaboración propia)                 | 129 |
| Gráfico 5.2 Periodo de retorno del control de iluminación (Fuente: Elaboración propia)                  | 132 |
| Gráfico 5.3 Periodo de retorno de la inversión (Fuente: Elaboración propia).....                        | 136 |
| Gráfico 5.4 Periodo de retorno de la inversión en variadores (Fuente: Elaboración propia)               | 140 |
| Gráfico 5.5 Periodo de retorno de la inversión en SGEEn (Fuente: Elaboración propia)                    | 144 |
| Gráfico 5.6 Periodo de retorno de la inversión en cogeneración (Fuente: Elaboración propia)             | 149 |

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. INTRODUCCIÓN

La acción del ser humano a lo largo de la historia siempre ha conllevado una evolución, palabra ligada intrínsecamente con la especie. Dicha evolución, llegada a los días actuales, hace que el futuro de la humanidad se replantee muchos aspectos, concretamente el que acontece a la creación de este documento, el cambio climático.

El cambio climático en el que está inmersa tanto la humanidad como el entorno de fauna y flora es una alteración natural de la climatología terrestre pudiendo darse un enfriamiento (glaciación) o un calentamiento (desertificación) por diferentes motivos. En la actualidad, este proceso de calentamiento global se está acentuando agudamente como consecuencia de la elevada emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera (en lo sucesivo, GEI) por procesos industriales de sectores primarios (agricultura, pesca, ganadería y silvicultura), el cual emitió en el año 2010 un 26% del total de gases emitidos, secundarios (artesanía, industria, construcción y energía), sector emisor de un 53% del total y el sector terciario (comercio, sector servicios, transporte y comunicación) productor de un 21% del total emitido. [1]

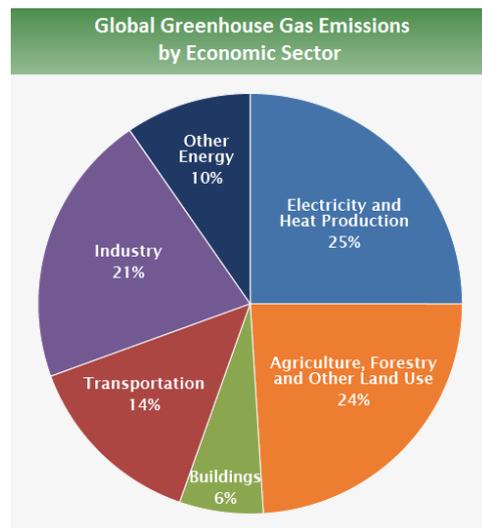
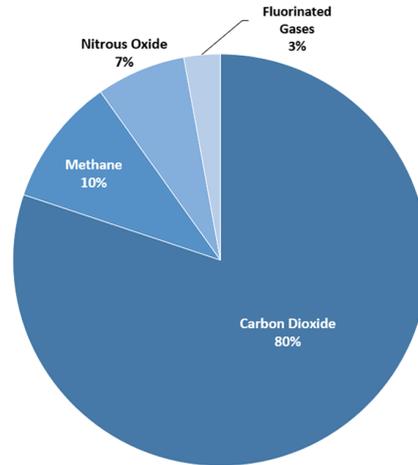


Imagen 1.1 Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores en 2018 (Fuente: IPCC)

Los GEI emitidos a la atmósfera por estos sectores, además de las emanaciones por la actividad vital de seres vivos, constan principalmente de anhídrido carbónico o dióxido de carbono (en lo sucesivo,  $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ), vapor de agua ( $H_2O$ ), ozono ( $O_3$ ), compuestos halogenados y en menor medida gases derivados de oxidaciones del nitrógeno ( $NO_x$ ), monóxido de carbono ( $CO$ ) y óxidos de azufre ( $SO_x$ ), como bien se ilustra en la ilustración 1.2, en 2019 hubo una concentración de 80 puntos porcentuales de  $CO_2$  en la atmósfera, provocando un aumento de la temperatura global de 0,95 °C e históricamente dándose el segundo año más caluroso, imagen 1.3. [2]

Overview of U.S. Greenhouse Gas Emissions in 2019



U.S. Environmental Protection Agency (2021). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2019

Imagen 1.2 Proporción de emisiones de efecto invernadero (Fuente: EPA)

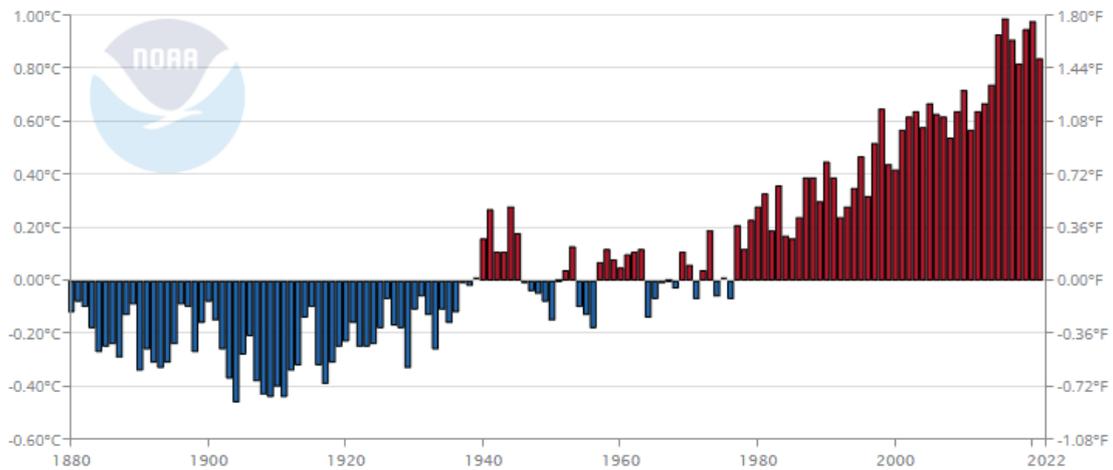


Imagen 1.3 Variación de temperaturas anuales (Fuente: NOAA)

Durante los últimos años, la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera ha ido incrementándose, a excepción de 2020, año en el que se paró el mundo por la pandemia de SARS-CoV-2 que asoló y asola el planeta, pero aun así es de los registros más altos contabilizados respecto a la entrada en el nuevo milenio, véase ilustración 1.4.

Por esta misma razón, a lo largo de los años, los países desarrollados han realizado y ratificado un marco legislativo para paliar la emergencia climática planteada. Dichos países, emisores de un 55% del CO<sub>2</sub> global, procedieron a la redacción en 1997 del protocolo de Kioto, cuyo organismo regulador es la Convención Marco de las Naciones

Unidas sobre el Cambio Climático (CMNCC), en el cual se comprometen a reducir las emisiones de GEI en un 5-8% respecto a los niveles evaluados en 1990 para el periodo comprendido entre 2008 y 2012, estableciéndose a su vez el fomento del desarrollo sostenible, como el uso de energías alternativas. [3]

El mencionado protocolo fue extendido a través de la Conferencia de las Partes (COP) número 18 celebrada en Doha en 2012, a la cual se la conoce como la Enmienda de Doha y cuyo contenido explicita la reducción de un 18% la emisión de GEI a la atmósfera para 2020 respecto a 1990, cuyas emisiones fueron de 7533,54 Mt CO<sub>2</sub>eq. [4]

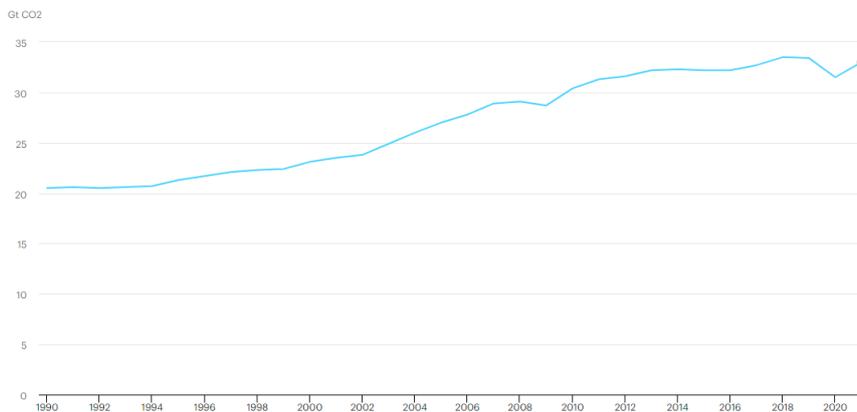


Imagen 1.4 Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>

El Acuerdo de París, ratificado en 2016 y entrada en vigor noviembre de 2016, promueve de manera flexible la toma de medidas para mitigar las emisiones de efecto invernadero, en función del desarrollo socioeconómico de cada país vinculado. Adicionalmente, se incluye como objetivo la estabilidad térmica de la Tierra por debajo del rango de aumento de 2 °C para el presente siglo, el cual se logra con la mencionada reducción de emisiones. [5]

A nivel europeo, se ha optado por unos objetivos más limitantes en materia energética respecto a Kioto y París, siendo el Pacto Verde Europeo el estandarte de la política climática de los 27 desde 2019.

El Pacto Verde Europeo engloba diferentes áreas en las que promulgar las medidas para alcanzar en 2050 las cero emisiones netas de GEI y disgregar la economía del uso de los recursos. En materia energética, la producción y uso de energía constituye un 75% de la emisión total, es por esta razón por la que se fija para 2030 un objetivo de una emisión de 55 puntos porcentuales englobados todos los sectores. [6]

En el ámbito nacional, mediante lo establecido en la Comisión Europea y de acuerdo a los anteriores acuerdos y protocolos, se crea el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (en lo sucesivo, PNIEC) cuyos principales objetivos vinculantes con la Unión Europea para 2030 son los expuestos a continuación [7]:

- ❖ 23% de reducción mínima de GEI respecto a 1990.



- ❖ 42% de renovables para consumo final de energía.
- ❖ 39,5% de mejora de la eficiencia energética.
- ❖ 74% de generación eléctrica de carácter renovable.

Asimismo, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (en lo sucesivo, MITECO), redacta el documento sobre la Estrategia de Descarbonización a largo plazo (2050), en el cual se detallan los ámbitos implicados para la reducción de hasta un 90% de GEI para el 2050 y obtener de esta manera la neutralidad climática propuesta por la Unión. [8]

## 1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE

El principal objetivo de este documento es la resolución de una serie de casuísticas relacionadas con el ámbito energético derivadas del nuevo paradigma suscitado por el incremento de los precios de los combustibles, ergo de la producción directa de recursos de confort de las instalaciones objeto de estudio, como la demanda eléctrica o de agua caliente sanitaria, en un establecimiento hotelero ubicado en la localidad de Puente Viesgo, Cantabria.

De esta manera se propondrán una serie de soluciones en materia energética a implantar para promover un consumo más eficiente de la energía demanda y que dicha energía provenga lo mínimo posible de combustibles fósiles, además de fomentar el uso de instalaciones de autoconsumo, reduciéndose drásticamente los gastos energéticos y las emisiones de gases contaminantes directa o indirectamente. Además de las soluciones a exponer, se incluirán la tanto la viabilidad económica de dichas medidas como los periodos de retorno de las mismas.

El alcance de este estudio se define por la inclusión de proyectos energéticos en el sector hostelero, el cual posee grandes consumos anuales y mucho margen de mejora para la obtención de edificios autosuficientes.

## 1.3. MOTIVACIONES DEL TRABAJO

La redacción de este estudio viene motivada en parte por el vínculo creado durante tantos años con el sector hostelero el cual tiene todavía mucho camino por recorrer en materia de eficiencia energética, para de esta manera contribuir ampliamente con la senda marcada por las entidades gubernamentales de una transición ecológica justa y una descarbonización completa de la sociedad para el año 2050, asimismo cumplir los objetivos referenciados en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC).

Además de la motivación emocional hacia el sector hostelero y hacia mis estudios, existe la motivación profesional de este Trabajo Fin de Grado por la contribución en la mencionada transición, así como la posibilidad de trabajar de manera real con datos reales, instrumentación real y software aplicado actualmente para la obtención de certificados energéticos, incluyéndose la capacidad de que se implementen las soluciones



propuestas. Dentro de esta motivación se suscita una motivación más profunda, que es la capacidad de aprender y adquirir conocimientos en el sector energético.

#### **1.4. PROCESO DE TRABAJO**

La idea original de este trabajo ha sido desde un principio enfocada al estudio sobre eficiencia energética en el sector hostelero y la inclusión de alternativas para paliar las posibles deficiencias energéticas a surgir, asimismo de poder introducir energías renovables en la producción de agua caliente sanitaria (ACS) y climatización.

En primer lugar, se contactó con un establecimiento hostelero de Santander para obtener la pertinente información sobre él del cuál hubo contactos de manera somera.

Dada esta situación, se procedió a contactar con un establecimiento enclavado en la población de Puente Viesgo, el cual se prestó a ceder información como es el caso de unas auditorías energéticas realizadas en 2019 o facturas de consumos de luz, gas y agua de red.

La primera estancia de recogida de datos fue en el periodo del 9 de noviembre del año 2021, donde se estudiaron las facturas y auditorías anteriormente mencionadas. Un dato que no está disponible en su red interna fue la superficie de ambas edificaciones, es por ello por lo que se decidió a la consulta en la Sede Electrónica del Catastro para de esta manera obtener un valor aproximado de dichas superficies.

Después de la mencionada recogida de datos, no hubo posibilidad de volver para recoger más información acerca del hotel y del balneario, imposibilitando la obtención de información específica en algunos aspectos como la configuración de la fachada o las horas de uso de ciertos equipos principales por lo que se han estimado los valores pertinentes para certificar energéticamente el edificio.

#### **1.5. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO**

El trabajo está organizado de tal manera que se vayan ampliando los conocimientos a lo largo del mismo hasta su conclusión, constando su desarrollo en seis apartados.

El primer apartado, en el cual se incluye esta sección, versa sobre los objetivos, el alcance del proyecto, el proceso seguido durante la obtención de información relacionada con el trabajo y las motivaciones para realizarlo.

El segundo apartado trata una descripción de la política energética y climática actual y a futuros, así como los distintos tipos de energías aplicables en los distintos campos intervinientes en un hotel como el agua caliente sanitaria (ACS) o la electricidad, por ejemplo.

En este mismo apartado se referencian las diferentes normativas regulatorias, conjuntamente con los softwares utilizados para realizar un dimensionamiento más preciso de las medidas tomadas, asimismo de una correcta certificación energética.

En el tercer apartado se muestran todas las estructuras analizadas durante el estudio susceptibles de mejorar su rendimiento para conseguir la eficiencia energética, al igual



que la tipología de los elementos constituyentes de dichas estructuras y su consumo energético, induciendo a una certificación energética actual de la instalación.

El cuarto apartado expone todas las alternativas para mejorar la eficiencia de las estructuras que componen tanto el hotel como el balneario, inclusive la alternativa 0. Dentro de cada estructura estudiada se indicará la metodología para seleccionar las distintas alternativas, junto con una matriz de comparación de alternativas y sus diferentes variantes.

El quinto apartado compone el tercer vértice del triángulo formado por el análisis actual, las alternativas existentes y la viabilidad económica de las mismas. Es por ello que se indican las diferentes ecuaciones aplicadas para el cálculo económico y el periodo de retorno de las alternativas mejor valoradas.

El sexto y último apartado versa sobre la elección más idónea escogida para implementarse como medida para reducción de consumo energético.



## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1. INTRODUCCIÓN A LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA NACIONAL ACTUAL

En la actualidad, el sistema productivo tanto español como mundial viene definido en gran medida por las políticas verdes acordadas en los mencionados Acuerdo de París y Pacto Verde Europeo, a nivel internacional y por el PNIEC a nivel nacional, como consecuencia de la crisis climática.

El sistema energético español es un sector dependiente de las importaciones de materias primas, como el gas y el petróleo, cuyos precios y demanda han ido ascendiendo por efecto rebote desde el año 2020 (inicio de la pandemia). Esta situación, conllevó una importación de gas natural en 2021 de 379.917 GWh, es decir, un 8% más respecto a 2020. Hay que añadir a la escalada de precios de materias primas, la crisis de la guerra ruso-ucraniana, la cual está provocando una reducción de las exportaciones debido a la incertidumbre de los mercados. [9]

Estas dos situaciones, realzan la urgencia de implementar un sistema energético con más energías renovables y menos dependencia de las importaciones de materias para generación eléctrica, dado que está repercutiendo sobre el Producto Interior Bruto (en lo sucesivo, PIB) estatal, el cual ha sido menguado en 2021 en 1,3% respecto del total como consecuencia del alza de los precios de los hidrocarburos [10]. A pesar de este dato, las energías renovables desde 2019 han sufrido un crecimiento real del 15,6 % por la instalación de 7 GW de potencia instalada respecto al periodo anterior, aportando al PIB, un 1% del total, siendo equivalente a 12.540 millones de euros. [11]

El PNIEC estimó en el año 2019, un aumento significativo de las energías renovables para paliar el coste de las importaciones y evitar una escalada de precios del mercado mayorista de la electricidad, el cual depende directamente del coste del precio del gas debido a los ciclos combinados y los derechos de emisiones de dióxido de carbono, cuyo precio medio actual es de 82,57 €/tCO<sub>2</sub> [12]. Las energías renovables más beneficiadas de estas circunstancias son la energía eólica tanto marítima como terrestre con un incremento de la potencia instalada hasta alcanzar los 27.446 MW [13], ligeramente inferior para el objetivo fijado por el PNIEC. La otra energía se trata de la solar fotovoltaica, cuya potencia instalada en 2021 fue de 3.300 MW, dejando la marca total en 15.048 MW instalados para generar electricidad, mejorando las expectativas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (en lo sucesivo, MITECO). [14]

| Parque de generación del Escenario Objetivo (MW) |                |                |                |                |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Año  | 2015           | 2020*          | 2025*          | 2030*          |
| Eólica (terrestre y marítima)                    | 22.925         | 28.033         | 40.633         | 50.333         |
| Solar fotovoltaica                               | 4.854          | 9.071          | 21.713         | 39.181         |
| Solar termoeléctrica                             | 2.300          | 2.303          | 4.803          | 7.303          |
| Hidráulica                                       | 14.104         | 14.109         | 14.359         | 14.609         |
| Bombeo Mixto                                     | 2.687          | 2.687          | 2.687          | 2.687          |
| Bombeo Puro                                      | 3.337          | 3.337          | 4.212          | 6.837          |
| Biogás   | 223            | 211            | 241            | 241            |
| Otras renovables                                 | 0              | 0              | 40             | 80             |
| Biomasa  | 677            | 613            | 815            | 1.408          |
| Carbón   | 11.311         | 7.897          | 2.165          | 0              |
| Ciclo combinado                                  | 26.612         | 26.612         | 26.612         | 26.612         |
| Cogeneración                                     | 6.143          | 5.239          | 4.373          | 3.670          |
| Fuel y Fuel/Gas (Territorios No Peninsulares)    | 3.708          | 3.708          | 2.781          | 1.854          |
| Residuos y otros                                 | 893            | 610            | 470            | 341            |
| Nuclear  | 7.399          | 7.399          | 7.399          | 3.181          |
| Almacenamiento                                   | 0              | 0              | 500            | 2.500          |
| <b>Total</b>                                     | <b>107.173</b> | <b>111.829</b> | <b>133.802</b> | <b>160.837</b> |

Imagen 2.1 Evolución a futuros de la generación eléctrica en España (Fuente: PNI EC)

A pesar del incremento de la aportación de las energías renovables en el mix eléctrico, aún siguen dominando las energías con materias primas de origen fósil, concretamente en un 67,9%, para producción de electricidad, como muestra la imagen 2.2.

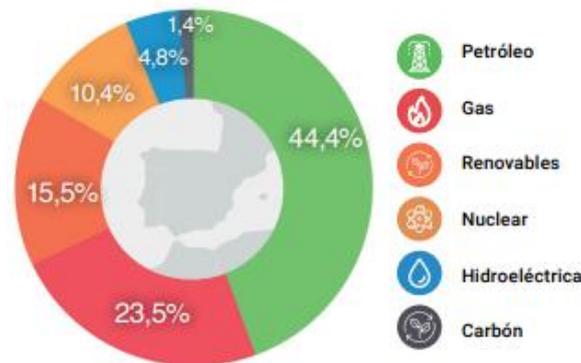


Imagen 2.2 Distribución de las materias primas para generación (Fuente: BP)

En el gráfico 2.1, se observa el gasto energético de los distintos sectores económicos, los cuales han continuado consumiendo energías de fuentes, sin embargo, se aprecia una tendencia al alza de las energías de carácter renovable. (1 ktep= 0,086 MWh).

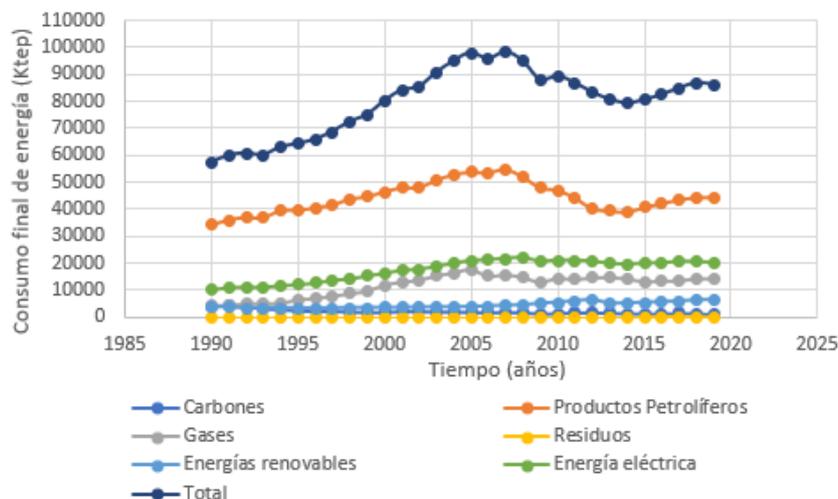


Gráfico 2.1 Evolución del consumo energético final (Fuente: Elaboración propia)

El consumo final de la energía supuso en el año 2019 a 86.158 Ktep, equivalente a 7,41 GWh, de los cuales el 44% provino del sector transporte, el cual tradicionalmente ha sido el mayoritario en consumos energéticos seguido de la industria, 24%. A pesar de la evolución de las energías renovables y la eficiencia energética, estos dos sectores de alto consumo energético continúan usando estas energías por lo que la evolución y el cumplimiento de la descarbonización se hace más complicada.

Dentro del sector servicios, el consumo de energía final para el mismo periodo fue de 10.177 Ktep, suponiendo la aportación al total del sector hostelero de 607 Ktep, es decir un 5,96%. Por esta misma razón, la eficiencia energética en la edificación y el uso de energías sostenibles emplean un papel importante pero no crucial en la reducción de consumos y emisiones. [15]

## 2.2. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DE TÉRMICA Y ELÉCTRICA

En el sector terciario, es de rigor cubrir las necesidades energéticas demandadas por los usuarios. Por esta misma razón, es básico obtener la energía suficiente de la manera más sostenible posible, para solventar la demanda pico de un edificio tanto de calor para producir ACS y calefacción, frío para climatización y refrigeración y electricidad para el sistema de iluminación y funcionamiento de maquinaria.

A continuación, se presenta un desglose de sistemas de generación energética para cada tipo de energía demandada, las cuales son implantables en un edificio del sector terciario y de esta manera reducir su dependencia.

2.2.1. *Producción calor*

2.2.1.1. *Calderas y calentadores eléctricos*

Este sistema de obtención de energía térmica para consumo principal de ACS y climatización, concretamente calefacción, consiste en la combustión de un combustible con un alto poder calorífico como el propano, gas natural, carbón o la biomasa.

El poder calorífico mide la cantidad de calor por unidad de masa o volumen que desprende el combustible al combustionarse, fraccionándose a su vez en dos:

- ❖ Poder calorífico superior (PCS): calor total desprendido de la combustión completa de un combustible y el calor latente generado por el cambio de fase del vapor de agua en la condensación.
- ❖ Poder calorífico inferior (PCI): calor desprendido de la combustión completa de un combustible excluyendo el calor latente del vapor de agua generado, debido a la inexistencia del cambio de fase.

| Combustible | Poder calorífico inferior (kWh/kg) | Poder calorífico superior (kWh/kg) |
|-------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Propano     | 12,86                              | 13,97                              |
| Butano      | 12,73                              | 13,79                              |
| Gas natural | 13,33                              | 14,69                              |
| Gasóleo     | 10,28                              | 10,89                              |
| Biomasa     | 3,93                               | 4,76                               |
| Carbón      | 9,08                               | 9,43                               |

Tabla 2.1 Poderes caloríficos de los combustibles (Fuente: Elaboración propia)

Su principio de funcionamiento se basa en quemar el combustible en un quemador, el cual producirá humos de la combustión a alta temperatura (circuito primario) que atraviesa un intercambiador de calor con agua en su interior (circuito secundario). El agua circulante por el circuito secundario se calienta por acción de la diferencia de temperatura de los fluidos, produciéndose ACS o agua caliente para calefactar mediante radiadores de pared o suelo radiante.

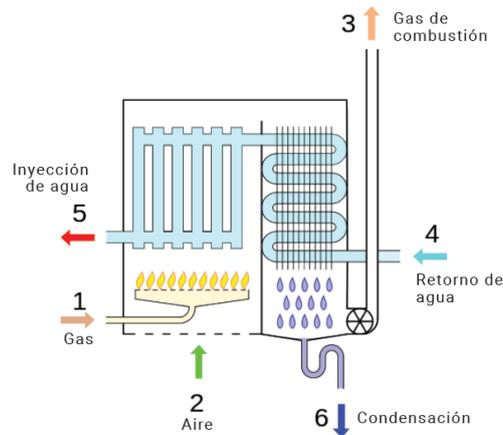


Imagen 2.3 Diagrama de caldera de condensación (Fuente: Intergas)

En el caso de los calentadores eléctricos, su funcionamiento consiste en el paso de una intensidad por una o varias resistencias metálicas, las cuales se calentarán por la acción del efecto Joule, calentándose el agua por contacto directo con las resistencias mencionadas.

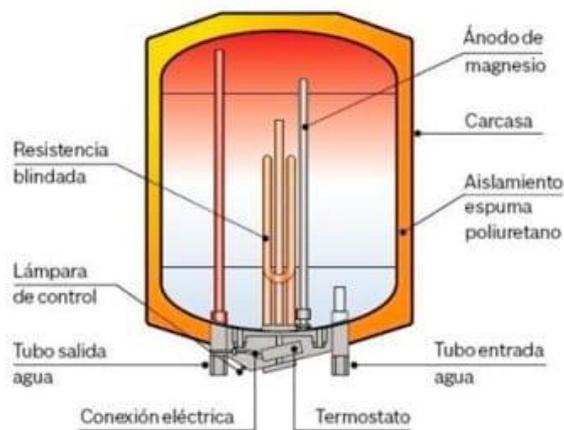


Imagen 2.4 Esquema de un depósito eléctrico de ACS (Fuente: Openclima)

### 2.2.1.2. Geotermia

Se conoce como geotermia a la energía extraída mediante el calor almacenado bajo la superficie terrestre en las rocas, aguas subterráneas y suelos para producir calor y/o electricidad. Esta tecnología generadora es dependiente de la profundidad como consecuencia del incremento de 3 °C del gradiente térmico cada 100 metros, una vez superada la barrera de 10 metros y siendo estable en 15 °C entre la superficie y 10 metro, dando lugar al recurso geotérmico explotable. [16]

El funcionamiento de esta tecnología es dependiente de la aplicación que se le dé al calor terrestre.

- ❖ La generación eléctrica mediante geotermia reside en la extracción de vapor seco o húmedo a temperaturas superiores a 150 °C, a través de canalizaciones conectadas a turbinas de vapor de ciclo Rankine, para de esta manera producir energía mecánica y posteriormente energía eléctrica en un generador. En el supuesto de encontrarse el vapor húmedo, es obligatorio separar la fracción saturada en agua de la fracción vaporizada para evitar problemas en los sistemas de turbinado y bombeo.
- ❖ Los recursos geotérmicos de media temperatura son aplicados para la misma finalidad que los recursos geotérmicos de alta temperatura, debido a que su temperatura continúa siendo elevada (100-150 °C). Este recurso es explotado en plantas de ciclo binario, las cuales intercambian el vapor o líquido termal con un fluido secundario con un punto de ebullición menor, el cual será procesado en una turbina de alta presión.
- ❖ El uso de la geotermia de baja temperatura, entre 30 °C y 100 °C, suele ser para generación de ACS y calefacción/refrigeración tanto a nivel doméstico como zonal, conocido como calefacción de barrio o *District Heating* en su nomenclatura anglosajona. La obtención del calor es mediante la utilización de una mezcla de agua y glicol, el cual interviene como anticongelante en invierno, a través de canalizaciones, para de esta manera absorber el calor presente en el terreno y cederlo en una bomba de calor o depósito con un fluido más frío. Actualmente existen varios sistemas de captación bien de manera vertical, bien horizontal o bien de captación abierta pero su funcionamiento es el mismo en las tres casuísticas, exceptuando la utilización de una mezcla de agua y glicol en sistemas abierto por razones medioambientales.
- ❖ Los recursos geotérmicos de muy baja temperatura son aquellos cuya temperatura es inferior a 30°C proveniente de la geotermia superficial y aguas subterráneas poco profundas. La aplicación fundamental es de uso térmico a través de bombas de calor productoras de calefacción y refrigeración. [17]

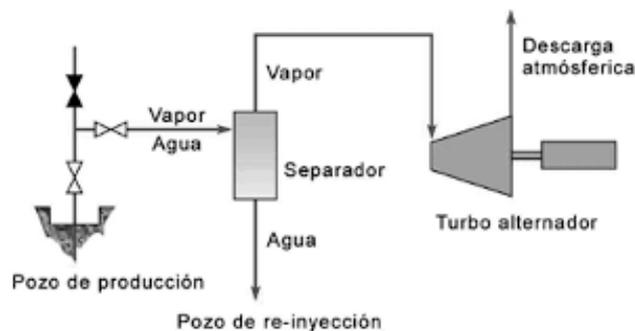


Imagen 2.5 Sistema de generación eléctrica mediante geotermia (Fuente. Revista Ingeniería Industrial)

### 2.2.1.3. Aerotermia

Esta tecnología está basada en la captación de la energía calorífica presente en el aire exterior para la producción de ACS y/o climatización. Este aprovechamiento energético (Figura 2.6) consiste en el intercambio de calor entre dos fluidos a diferentes temperaturas, el aire exterior actúa como foco caliente, incluso si su temperatura es negativa y un líquido refrigerante a baja temperatura, generalmente R410a o R32 [18], captador de dicho calor, ergo el foco frío. Dicho líquido refrigerante es evaporado a bajas temperaturas debido a su estructura molecular, por lo que al pasar a estado gas es necesaria su compresión mediante un compresor eléctrico, el cual supone entre un 20-30% de la energía consumida para generar ACS y/o climatización, siendo entre un 70-80% energía calorífica del exterior. El fluido gaseoso a alta presión disipará calor en un condensador, bien a un fluido líquido (bombas de calor aire-agua) o bien a un fluido gaseoso (bombas de calor aire-aire), produciéndose el producto demandado, siendo la temperatura de 65 °C en caso de agua el fluido a calentar y 40 °C si se trata de aire, siendo en ambos casos el fluido refrigerante R32. Una vez transmitido el calor a otro medio, se libera la presión existente en el refrigerante a través de la válvula de expansión, iniciándose de nuevo el ciclo termodinámico. [19]

En la actualidad, estos sistemas están en auge como consecuencia de la escalada de precios de los hidrocarburos y la electricidad, ya que no necesitan demasiada electricidad para funcionar y calentar agua como sistemas tradicionales como calderas tanto de gas como de resistencia eléctrica, es de carácter renovable y se produce un ahorro económico-energético a medio plazo tras la inversión. También posee inconvenientes como su alto coste de inversión inicial, modificación estética del edificio y rendimiento menor en zonas climáticas muy frías por la reducción del incremento de temperaturas entre los focos caliente y frío.

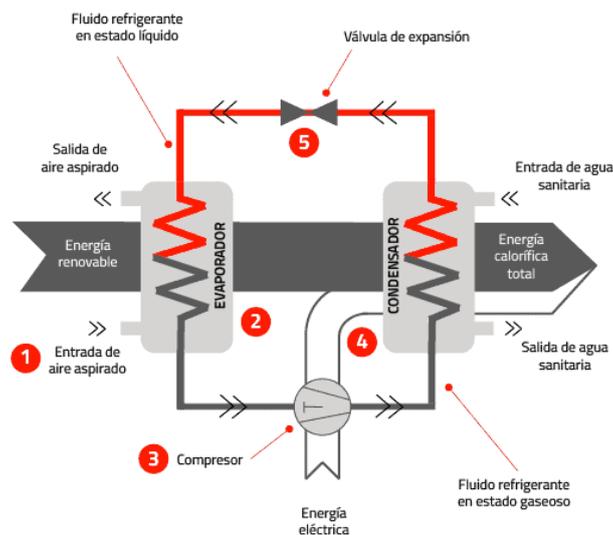


Imagen 2.6 Esquema de funcionamiento de la aerotermia (Fuente: Lasser)

#### 2.2.1.4. Solar térmica

Otra alternativa para la generar calor útil para aplicaciones como ACS y calefacción, es la implantación de sistemas de solares térmicos, en vez de las tradicionales calderas de combustión.

Los sistemas de energía solar térmica aplican el principio de captación de radiación solar al igual que los sistemas fotovoltaicos, pero en vez de generarse el efecto fotoeléctrico, se absorbe dicha radiación. Al absorberse la radiación solar, ésta cede el calor generado a un fluido presente en los paneles (agua, aire o solución anticongelante), el cual es bombeado al depósito contenedor donde es acumulado para su uso en el punto demandante de calor de la instalación, en el caso de tratarse de agua, para posteriormente ser devuelto al panel para continuar el ciclo.

Si se tratase de aire o solución anticongelante, éstas realizan un intercambio de calor en el depósito acumulador de agua, para a continuación volver al panel y ser calentados de nuevo en el colector solar. [20]

Una desventaja desde esta tecnología es la variabilidad de la generación de calor, debido a la climatología, impidiendo la llegada de toda la radiación solar. Es por ello, que es necesario un equipo auxiliar para cubrir la demanda.

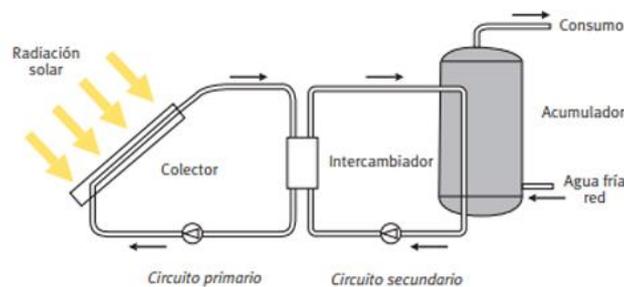


Imagen 2.7 Esquema de funcionamiento de la energía térmica solar (Fuente: Remica)

#### 2.2.2. Producción de frío

##### 2.2.2.1. Sistemas de absorción

Los sistemas de refrigeración por la metodología de absorción difieren de los sistemas de refrigeración por compresión, principalmente por su accionamiento, siendo el accionamiento de los sistemas de compresión por acción mecánica, especificándose de manera más detallada en el siguiente apartado; mientras que los sistemas de absorción se accionan mediante acción térmica por la capacidad absorbente de refrigerante por parte de ciertas sales y líquidos.



Estos sistemas aplican una solución de disoluciones concentradas en un absorbedor, en el cual existe la mezcla de refrigerante y absorbente en estado líquido, para su posterior bombeo a alta presión hacia un generador donde es sometida a calor. Este calor provoca la evaporación del fluido refrigerante por la diferencia de estados de vaporización de ambos fluidos, retornando al absorbedor el absorbente en estado líquido. El vapor de refrigerante continua hacia el condensador donde se licúa como consecuencia de la cesión de calor, siendo necesaria la refrigeración auxiliar para conseguir el efecto deseado. A continuación, el líquido refrigerante a alta presión se expande en la válvula de expansión, provocando un descenso de su temperatura hasta alcanzar el evaporador donde el refrigerante se evaporará a baja temperatura produciendo frío.

La mezcla más habitual, menos contaminante y más eficiente ( $COP= 0,7$ ) es bromuro de litio ( $BrLi$ ) como disolvente y agua ( $H_2O$ ) como soluto debido a la falta de corrosión en sus equipos por ataque químico, no es necesaria la utilización de rectificadores en el generador y condensador, como así ocurre en los sistemas amoniaco-agua ( $NH_3-H_2O$ ). Otro aspecto interesante es la temperatura del generador, siendo de  $100\text{ }^\circ C$  en los sistemas  $BrLi-H_2O$  y de entre  $125-150\text{ }^\circ C$  en los sistemas  $NH_3-H_2O$ .

#### 2.2.2.2. *Sistemas de compresión*

El otro mecanismo para la obtención de frío industrial es mediante la tecnología de los sistemas de compresión, cuyo accionamiento es puramente mecánico, diferenciándose de los anteriormente mencionados sistemas de absorción.

En los sistemas de compresión se utiliza un fluido refrigerante comprimido a alta presión y temperatura para alcanzar la región de adecuado funcionamiento, para su posterior paso por el condensador, en el cual se cede el calor a un fluido externo, siendo importante la diferencia de temperaturas del refrigerante y la temperatura de los fluidos. Una vez cedido el calor, el refrigerante accede a una válvula de expansión para liberar presión y de esta manera obtener las condiciones ideales para absorber calor del exterior en el evaporador, produciéndose el frío en ese foco y generándose de nuevo vapor refrigerante.

A diferencia de los sistemas de absorción, los sistemas de compresión poseen un gran gasto energético, concretamente electricidad, para la obtención de frío como consecuencia del compresor, además de una mayor limitación de líquidos refrigerantes por las administraciones debido a su contaminación, como son los gases fluorados.

#### 2.2.3. *Producción electricidad*

##### 2.2.3.1. *Cogeneración*

La cogeneración es un sistema para la producción simultánea de electricidad y energía térmica, pudiéndose aprovechar para calefactar, refrigerar, generación de ACS o aire acondicionado, mediante el uso de una sustancia combustible como son el gas natural, la biomasa, los gases licuados de petróleo (GLP), el carbón, el gasoil o la gasolina. Como consecuencia de la producción en paralelo de electricidad y calor útil, los rendimientos de la cogeneración son más elevados en comparación con la producción eléctrica convencional como detallan el Factor de Utilización de la Energía (FUE) y el rendimiento

calor/electricidad (RCE), ambos parámetros se relacionan con el trabajo eléctrico y el calor útil, en caso del FUE también se ha de tener en cuenta la materia prima utilizada como combustible.

Esta tecnología presenta dos modalidades de obtención energética en función del suministro que demande la infraestructura:

❖ Turbina de gas con recuperador de calor

Esta configuración se dispone con una turbina o motor de combustión donde se produce la oxidación del combustible para de esta manera generar energía mecánica que posteriormente se convertirá en energía eléctrica mediante un generador. El calor residual de los humos de combustión es aprovechado para calentar agua o aire, en función del proceso que le acontezca, a través de un recuperador de calor.

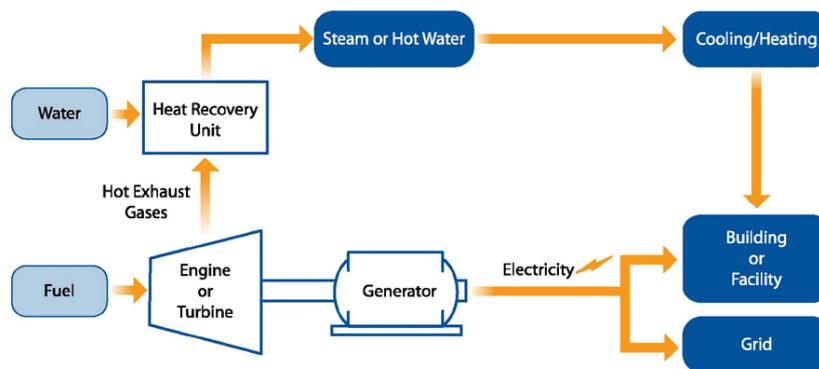


Imagen 2.8 Esquema de funcionamiento de la cogeneración (Fuente: efENERGIA)

❖ Caldera de vapor con turbina de vapor

Esta modalidad de cogeneración produce en primer lugar vapor de agua para así expandirse en una turbina de vapor y provocar electricidad gracias a la energía mecánica y un generador. El vapor de agua saliente de la turbina se aplica en el abastecimiento de la demanda de agua caliente de la superficie o de aire caliente.

Esta tecnología está generalizada para infraestructuras de grandes dimensiones, pero aún está proceso de incluirse en dimensiones menores tales como el nivel doméstico.

La cogeneración posee ciertas bondades respecto a la generación eléctrica convencional:

- ❖ Mayor eficiencia energética respecto a los sistemas tradicionales por el aumento del rendimiento. En la tabla 2.2, se aprecia la gran diferencia de eficiencias en función de la tecnología productora de energía.

| Tecnología       | Eficiencia energética del sistema tradicional (%) | Eficiencia energética de la cogeneración (%) |
|------------------|---|--|
| Turbina de vapor | 10-20   | 70-85  |



|                                       |       |       |
|---------------------------------------|-------|-------|
| Turbina de gas                        | 25-40 | 70-90 |
| Ciclo combinado                       | 35-55 | 73-90 |
| Motores Diesel y Gasolina             | 25-35 | 65-92 |
| Microturbinas                         | 15-30 | 60-85 |
| Pilas de combustible                  | 37-50 | 85-90 |
| Motores Stirling (combustión interna) | 35-40 | 65-85 |

Tabla 2.2 Eficiencia de los sistemas de cogeneración (Fuente: Antonio Madrid Vicente)

- ❖ Utilización de diferentes combustibles sean sólidos, líquidos o gaseosos.
- ❖ Diferentes aplicaciones del calor útil.
- ❖ Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- ❖ Reducción de pérdidas por efecto Joule en líneas eléctricas en el caso de cogeneración en régimen de autoconsumo.

#### 2.2.3.2. Trigeneración

La trigeneración consiste en la producción simultánea de electricidad, calor y frío a partir de una única fuente de energía, pudiendo ser ésta de origen no renovable o renovable. El funcionamiento de este sistema es similar a la cogeneración, exceptuando la aplicación del calor residual además de la producción de calor para calefacción y/o ACS, concretamente la producción de frío industrial, el cuál es generado mediante la absorción de dicho calor remanente.

Esta metodología de producción energética obtiene mejores rendimientos en comparación con los tres procesos medidos individualmente, maximizando así la energía que genera la fuente, asimismo los rendimientos respecto a la cogeneración son mayores como consecuencia del mencionado aprovechamiento térmico. Hay que añadir también los beneficios medioambientales como la reducción de emisiones de GEI y las bondades económicas resultantes de la implantación de esta tecnología.

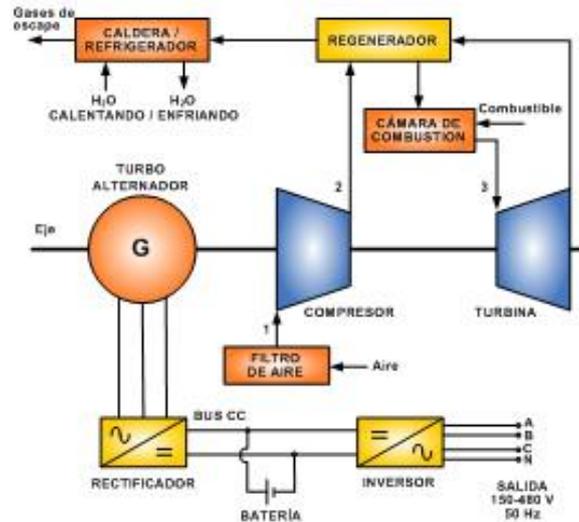


Imagen 2.9 Esquema de funcionamiento de la trigeneración (Fuente: UPV/EHU)

### 2.2.3.3. Solar fotovoltaica

Otra alternativa para generar electricidad de manera autosuficiente es la instalación de un sistema solar fotovoltaico.

Los sistemas fotovoltaicos están conformados por los paneles o colectores solares, los cuales a su vez están constituidos por las células solares fotovoltaicas, cuya constitución está basada en un sistema de capas con una aleación de silicio-fósforo y otra de silicio-boro, para de esta manera, crear un desajuste de electrones y protones en las capas silicio-fósforo “tipo N” y silicio-boro “tipo P”, respectivamente, al incidir la radiación solar, provocándose la atracción de estas partículas y una posterior corriente eléctrica, denominándose a este efecto, el efecto fotoeléctrico. [20]

Además de los mencionados paneles solares fotovoltaicos, el sistema solar fotovoltaico necesita de reguladores de carga para la protección contra sobrecargas o sobredescargas, entre otras funciones de control, de los acumuladores de energía e inversores para adaptar la baja tensión (24-48 V) y la corriente continua generada por el panel solar al sistema de conexión, el cual demanda en caso de autoconsumo una tensión de 220 V, una frecuencia de 50 Hz y corriente alterna. [21]

Una desventaja de estos sistemas es la dependencia de la climatología de la zona, teniendo que instalarse un sistema auxiliar o la permanencia de la conexión con la red como respaldo.

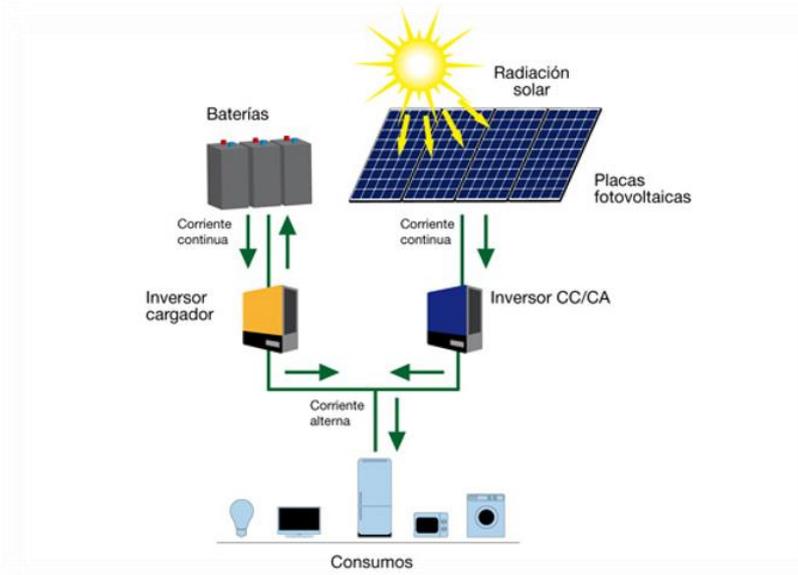


Imagen 2.10 Esquema de funcionamiento de la energía solar fotovoltaica (Fuente: Novasol)

### 2.3. DESARROLLO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

En primer lugar, es obligatorio conocer el concepto de la eficiencia energética para poder comprender la importancia que le ha sido otorgada en los últimos años, ergo en que se basa el presente documento.

La eficiencia energética es la capacidad de optimizar los consumos energéticos en función de las necesidades demandadas por los usuarios sin reducir los niveles de confort mediante la implementación de mecanismos de ahorro energético. [22]

En segundo lugar, se disciernen dos metodologías para la obtención de la valoración energética del edificio objeto de estudio, la auditoría y la certificación energéticas.

En el primer proceso denominado auditoría energética, la cual es de carácter obligatorio cada cierto tiempo (4 años) en los casos que cumplan los requisitos estipulados en el Real Decreto 56/2016, se estudian los consumos energéticos por parte de un técnico auditor cualificado para poder realizar una evaluación y estipular las posibles alternativas para el consecuente ahorro energético.

La evaluación de una auditoría energética contiene un proceso normalizado por la Norma UNE-EN 16247-2:2014, unificando los criterios y los procedimientos de medida a aplicar como se muestra en la siguiente imagen 2.11.



Imagen 2.11 Procesos de una auditoría energética (Fuente: AENOR)

En relación al edificio objeto del presente estudio energético, se definen de forma más detallada cada fase del proceso:

- a) Contacto preliminar para la identificación de todas las partes intervinientes y sus funciones dentro del hotel.
- b) Reunión inicial entre el hotel demandante de la auditoría y los técnicos auditores para definir la línea de actuación en el proceso de auditar, así como cualquier comentario específico y relevante sobre el edificio.
- c) Recopilación de datos tanto administrativos como energéticos adecuada para las características de la auditoría, deduciéndose la solicitud de los mismos al personal de administración del hotel, la revisión de la información para validarla y un análisis preliminar para listar las oportunidades de mejora de manera somera.
- d) Trabajo de campo inspeccionando todo aquel elemento consumidor de energía como sistemas de producción calor y frío, igualmente a los sistemas consumidores de energía eléctrica previamente proporcionado por el hotel para así observar los horarios de funcionamiento y realización de medidas.
- e) Análisis riguroso sobre las potenciales alternativas productoras de un ahorro energético en las instalaciones tras detallar el balance energético del hotel, el cual se estudia la distribución de los consumos.

- f) Informe detallado de la auditoría realizada donde se exponen los resultados energéticos arrojados en el trabajo de campo, así como las alternativas de ahorro.
- g) Reunión final con el hotel para explicar el informe y los procedimientos a seguir para implementar las medidas.

El otro proceso, conocido como certificación energética, a su vez regulado por el Real Decreto 390/2021 donde se especifican los criterios de los edificios obligados, consiste en la expedición de un certificado reconocido por el MITECO, por el cual se elabora un estudio energético de un edificio a través de las instalaciones térmicas y su envolvente.

La calificación energética se divide en dos clasificaciones, una clasificación alfabética desde la A hasta la G, siendo la calificación A la mejor en materia energética y la calificación G la peor, y otra calificación numérica indicativa de las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por el edificio anualmente, para de esta manera obtenerse la etiqueta de eficiencia energética.



Imagen 2.12 Etiqueta de certificación energética (Fuente: DGICC)

La etiqueta de eficiencia energética, según conviene el Real Decreto 390/2021, está obligada a exhibirla por parte de la empresa si se trata de superficies superiores a 500 m<sup>2</sup> o edificios pertenecientes a la administración superiores a 250 m<sup>2</sup>, careciendo el hotel objeto de estudio de esta etiqueta.

Hoy en día, existen distintos softwares para elaborar las etiquetas energéticas, siendo CE3X la proporcionado por el IDAE y el cual se expone su funcionamiento en apartados sucesivos.

## 2.4. MARCO LEGAL DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para poder implementar las soluciones convenientes para cumplir con los criterios marcados por los pertinentes acuerdos climáticos, es necesaria la transcripción de un

marco legislativo donde se recojan todos los puntos necesarios para desarrollar adecuadamente la actividad en el espacio energético.

En la actualidad, existe una amplia legislación tanto europea como española donde se abarcan todas las normativas redactadas y aprobadas, reuniendo también las normativas expuestas por la Organización Internacional de Normalización (en lo sucesivo, ISO) y su homóloga en España, la Asociación Española de Normalización (en lo sucesivo, UNE), aprobadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación (en lo sucesivo, AENOR) en los diferentes reglamentos y códigos, los cuales serán descritos en próximas líneas.

En el ámbito europeo, se promulgaron una serie de directivas a raíz del Pacto Verde Europeo, en el cual está enmarcado el Marco Legislativo 2030 o coloquialmente conocido como Paquete de Invierno, a nivel estatal. En este marco legislativo se estipula la legislación a cumplir para alcanzar los objetivos propuestos por Europa en los diferentes ámbitos energéticos, principalmente eficiencia energética en la edificación y uso de energías de fuentes renovables.

A continuación, se describe brevemente las principales directivas regulatorias de dicho marco:

- ❖ Directiva Europea 2018/844, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética, se encuentra actualmente vigente y supone la base legal para la regulación de la eficiencia energética en el entorno comunitario, siendo ésta más limitante en ciertos artículos para ya no solo cumplir el horizonte 2030 sino el horizonte 2050.
- ❖ Directiva Europea 2018/2002, modifica la Directiva 2012/2/UE relativa a la eficiencia energética, para la cual se regula y refuerzan las normas sobre los contadores individuales y la facturación de la energía térmica consumida, sobre todo para las edificaciones con sistemas de calefacción central, igualmente regula la normativa sobre la seguridad de suministro de los usuarios.
- ❖ Directiva Europea 2018/2001, relativa al fomento de uso de energía procedente de fuentes renovables, promulga una normativa sobre el régimen de autoconsumo, asimismo como la reducción y facilitación de procedimientos administrativos en los permisos de instalación. [23]

En adición a la normativa europea, existe una normativa nacional complementaria para la consecución de los objetivos climáticos previstos en las distintas estrategias, la cual se muestra a continuación:

- ❖ Código Técnico de la Edificación (en lo sucesivo, CTE), cuya función es el establecimiento de las exigencias básicas que han de cumplir los edificios en materia de calidad y confort, así como los requisitos de seguridad, salubridad y habitabilidad. Dichas exigencias se encuentran recogidas en seis documentos básicos conformadores del CTE: seguridad estructural, seguridad en caso de incendio, seguridad de utilización y accesibilidad, ahorro de energía, protección frente al ruido y salubridad.



Este código fue aprobado mediante el Real Decreto 314/2006, estando actualmente en proceso de modificación para su adaptación a la dispuesto en la Directiva Europea 2018/844.

- ❖ Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (en los sucesivo, RITE), siendo aprobado en el Real Decreto 1027/2007 y modificado por el Real Decreto 178/2021 para transponer así la Directiva Europea 2018/844, para de esta manera, instaurar las condiciones que se han de cumplir en las distintas instalaciones recurrentes de las demandas térmicas tanto para el bienestar térmico como higiénico mediante climatización, ACS y calefacción, conllevando una utilización razonada de la energía; siendo ordenadas mediante Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).
- ❖ Real Decreto 390/2021, vinculado al procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios a nivel técnico-administrativo, el contenido del mismo certificado e igualmente la clasificación de los edificios sujetos a mencionada certificación.
- ❖ Real Decreto 56/2016, relativo a auditorías energéticas, en el cual se estipulan los requisitos a cumplir, sujetos objeto de la auditoría, la información a incluir en el documento por parte del auditor, el procedimiento de la misma, además del régimen sancionador de este Real Decreto mediante el Real Decreto Ley 8/2014.

Asimismo, existe una normativa recogida a través de las normas UNE e ISO complementaria a la legislación, incluyéndose en los distintos decretos y directivas, como consecuencia de su profundidad y detalle.

Relativo al tema que se trata en el presente estudio, se mencionan las normas más representativas y de interés para el usuario.

- ❖ Norma UNE-EN 16247, relativa a las auditorías energéticas y constituida por cinco partes, cada en función del subyugado objeto de ser auditado, incluyéndose también los requisitos y la competencia del auditor. En el caso de este estudio, se cumplen las normas UNE-EN 16247-2:2014 y UNE-EN 16247-1:2012, las cuales tratan la edificación y los requisitos generales, respectivamente.
- ❖ Norma UNE-EN ISO 50001:2018 versa sobre los requisitos para la implementación de sistemas de gestión energéticos en caso de no existir y de reglar las mejoras en éstos.

Aun, se halla más normativa especializada por Comités Técnicos de Normalización que ahonda en los distintos campos, centrándose este documento en la climatización y aislamiento térmico específicamente.

## 2.5. SOFTWARE EMPLEADO

En la elaboración de este estudio se ha necesitado el uso de software especializado para poder crear tanto el certificado energético del inmueble como la estimación de las medidas a adoptar para generar un edificio autosostenible.

### 2.5.1. CE3X

Este software propiedad la Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (en lo sucesivo, IDAE) y desarrollado por la empresa Efinovatic y el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), permite de forma gratuita certificar cualquier tipo de edificio construido ya sea residencial, pequeño terciario o gran terciario. [24]

La certificación energética se realiza mediante la introducción de parámetros previamente estudiados, así como la envolvente térmica (cubierta, muro, suelo, particiones interiores, huecos, lucernarios y puentes térmicos) y las instalaciones de aporte térmico por parte de los equipos correspondientes (calefacción, ACS, refrigeración), asimismo se ha de rellenar los campos pertenecientes al patrón de sombras. Dichos parámetros pueden haber sido estudiados o estimados por el técnico autorizado como se ha comentado anteriormente, o bien definidos por defecto por el programa, el cual posee una amplia base de datos sobre materiales de construcción.

CE3X permite la inclusión de mejoras una vez obtenidos los valores resultantes de la certificación, dando cabida al coste estimado de las mismas, siendo muy útil a la hora de la presentación de los resultados al cliente.

### 2.5.2. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

Software especializado en información global de la radiación solar y energía solar fotovoltaica creado por la Unión Europea.

Este sistema se basa en la recopilación de datos de carácter solar vía satélite para de esta manera interpolar los resultados con la ubicación seleccionada para dar como resultado la energía aportada por los paneles solares y su periodo de retorno económico.

Para obtener dichos resultados es obligatorio rellenar los siguientes campos básicos: ubicación, la base de datos de la radiación solar, la tecnología fotovoltaica y la potencia pico a instalar, las pérdidas por uso, la pendiente y el acimut de los paneles solares para captar la máxima radiación posible.

PVGIS posee otras aplicaciones, además del cálculo de una planta solar fotovoltaica o una instalación de autoconsumo conectada a la red, como:

- ❖ Simulación de una instalación con paneles solares con más de un eje para optimizar el aprovechamiento de radiación solar mediante seguimiento.
- ❖ Estimación de la capacidad de baterías para sistemas fuera de red.
- ❖ Datos mensuales, promedios diarios y horarios sobre irradiancia.
- ❖ Datos horarios anuales sobre climatología en una ubicación previamente seleccionada. [25]

### 3. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL ESTABLECIMIENTO HOTELERO

#### 3.1. UBICACIÓN DEL HOTEL

##### 3.1.1. Localización

El edificio en el que se basa el presente estudio está ubicado en la localidad de Puente Viesgo, Cantabria, colindante al cauce del río Pas.

Las coordenadas del hotel corresponden con los edificios que albergan las distintas instalaciones que se definirán más detalladamente en el apartado 3.2.

- ❖ Coordenadas hotel, balneario y restaurante: 43,29906° N; -3,96571° O [26]

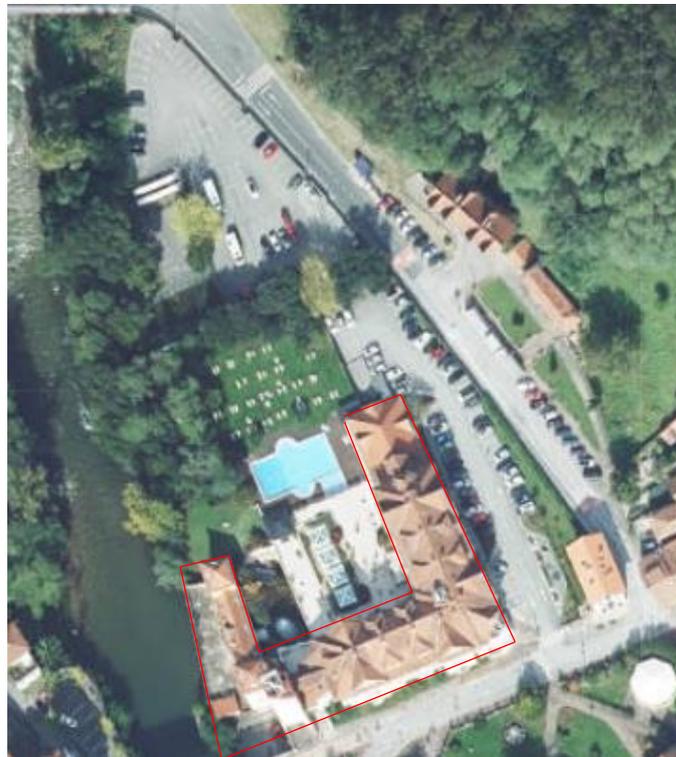


Imagen 3.1 Establecimiento hotelero objeto de estudio

##### 3.1.2. Zona climática

En relación con la ubicación es posible la obtención de la zona climática a la que pertenece el establecimiento mediante la aplicación de un clima de referencia para así lograr una parametrización de datos mediante tablas recogidas en el Documento Básico HE relativo a Ahorro de energía del CTE.

Antes de detallar la zona climática de la zona de estudio, es necesario definir dos conceptos: clima de referencia y zona climática.

- ❖ **Clima de referencia:** “clima normalizado que define los parámetros climáticos (temperatura, radiación solar...) representativos de una zona climática concreta para el cálculo de la demanda. Permite estandarizar las solicitudes exteriores.” [27]
- ❖ **Zona climática:** “zona para la que se definen unas solicitudes exteriores comunes. Se identifica mediante una letra, correspondiente a la zona climática de invierno, y un número, correspondiente a la zona climática de verano.” [27]

La determinación de la zona climática del complejo se realiza mediante la tabla presente en el Anejo B del documento anteriormente citado en este apartado relacionando la provincia con la altitud respecto el nivel del mar medido en Alicante.

El hotel se encuentra a una altitud de 71 metros respecto el nivel del mar en la provincia de Cantabria, dando como resultado de esta intersección, la zona climática C1.

| Provincia              | Altitud sobre el nivel del mar (h) |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          |    |
|------------------------|------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|----------|----|
|                        | ≤ 50 m                             | 51 m | 101 m | 111 m | 201 m | 251 m | 301 m | 351 m | 401 m | 451 m | 501 m | 551 m | 601 m | 651 m | 701 m | 751 m | 801 m | 851 m | 901 m | 951 m | 1001 m | 1051 m | 1251 m | ≥ 1301 m |    |
| Albacete               |                                    |      |       |       | C3    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | D3    |       |       |       |        |        |        | E1       |    |
| Alicante/Aiacant       |                                    |      |       | B4    |       |       |       |       |       | C3    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D3 |
| Almería                | A4                                 |      |       | B4    |       |       | B3    |       |       |       |       |       | C3    |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D3 |
| Araba/Álava            |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       | D1    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | E1 |
| Asturias               | C1                                 |      |       |       |       |       |       |       |       | D1    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | E1 |
| Ávila                  |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       | D2    |       |       |       |       |       |       | D1    |       |       |       |        |        |        |          | E1 |
| Badajoz                |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       | C4    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D3 |
| Baleares, Iles         |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C3 |
| Barcelona              |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | E1 |
| Bizkaia                |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C1 |
| Burgos                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D1 |
| Cáceres                |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | E1 |
| Cádiz                  |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C4 |
| Cantabria              |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | A3 |
| Castellón/Castelló     |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C1 |
| Ceuta                  |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | B3 |
| Ciudad Real            |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C4 |
| Córdoba                |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C3 |
| Confla, A              |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | B4 |
| Cuenca                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C1 |
| Gipuzkoa               |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D3 |
| Girona                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D1 |
| Granada                |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C2 |
| Guadalajara            |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | A4 |
| Huelva                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | B4 |
| Huesca                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C3 |
| J León                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | B4 |
| León                   |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C4 |
| Lleida                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | E1 |
| Lugo                   |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D3 |
| Madrid                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D1 |
| Málaga                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C3 |
| Melilla                |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | A3 |
| Murcia                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | B3 |
| Navarra                |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C3 |
| Nurese                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C2 |
| Palencia               |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D2 |
| Palmas, Las            |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | g3 |
| Pontevedra             |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C1 |
| Rioja, La              |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C2 |
| Salamanca              |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D2 |
| Santa Cruz de Tenerife |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | g3 |
| Segovia                |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | A2 |
| Sevilla                |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D2 |
| Soria                  |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | B4 |
| Tarragona              |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D2 |
| Tenuel                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | B3 |
| Toledo                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C3 |
| Valencia/València      |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C4 |
| Valladolid             |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | B3 |
| Zamora                 |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | D2 |
| Zaragoza               |                                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |          | C3 |
| Provincia              | ≤ 50 m                             | 51 m | 101 m | 111 m | 201 m | 251 m | 301 m | 351 m | 401 m | 451 m | 501 m | 551 m | 601 m | 651 m | 701 m | 751 m | 801 m | 851 m | 901 m | 951 m | 1001 m | 1051 m | 1251 m | ≥ 1301 m |    |



*Imagen 3.2 Zonas climáticas de España (Fuente: CTE)*

### 3.1.3. Humedad

La humedad es la expresión de la cantidad de vapor de agua presente en el aire medida de manera porcentual en función de la humedad máxima dada para unas condiciones específicas de presión y temperatura. [28]

En la localidad de Puente Viesgo la humedad relativa mínima histórica se registró en el mes de marzo con un valor de 76,21%, mientras que la humedad relativa máxima histórica es de 81,72% en el mes de enero, siendo la humedad relativa media de 78,58%. [29]

| Periodo (meses) | Humedad (%) |
|-----------------|-------------|
| Enero           | 82          |
| Febrero         | 79          |
| Marzo           | 76          |
| Abril           | 77          |
| Mayo            | 79          |
| Junio           | 79          |
| Julio           | 78          |
| Agosto          | 78          |
| Septiembre      | 78          |
| Octubre         | 77          |
| Noviembre       | 81          |
| Diciembre       | 79          |

*Tabla 3.1 Humedad promedio mensual (Fuente: Elaboración propia)*

### Humedad relativa histórica

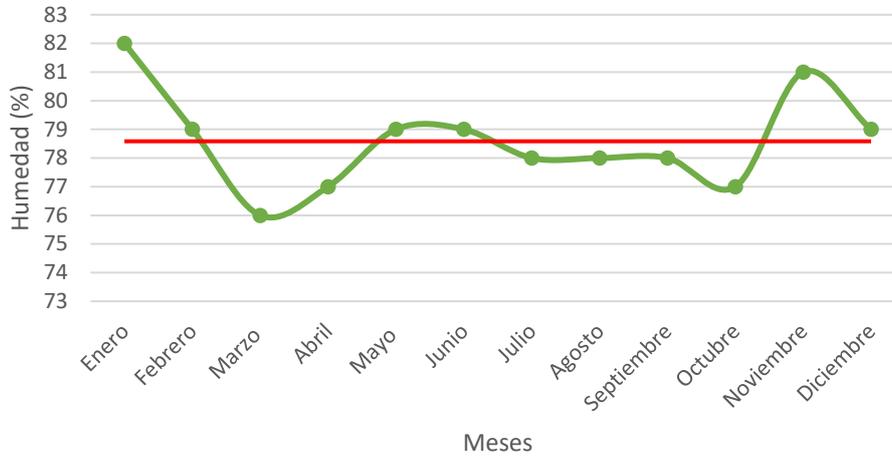


Gráfico 3.1 Humedad-periodo (Fuente: Elaboración propia)

#### 3.1.4. Temperatura

El valor medio de temperatura correspondiente al municipio de Puento Vieogo oscila entre 12,8 °C y 14 °C, localizándose en un clima templado atlántico en esta ubicación. [29]

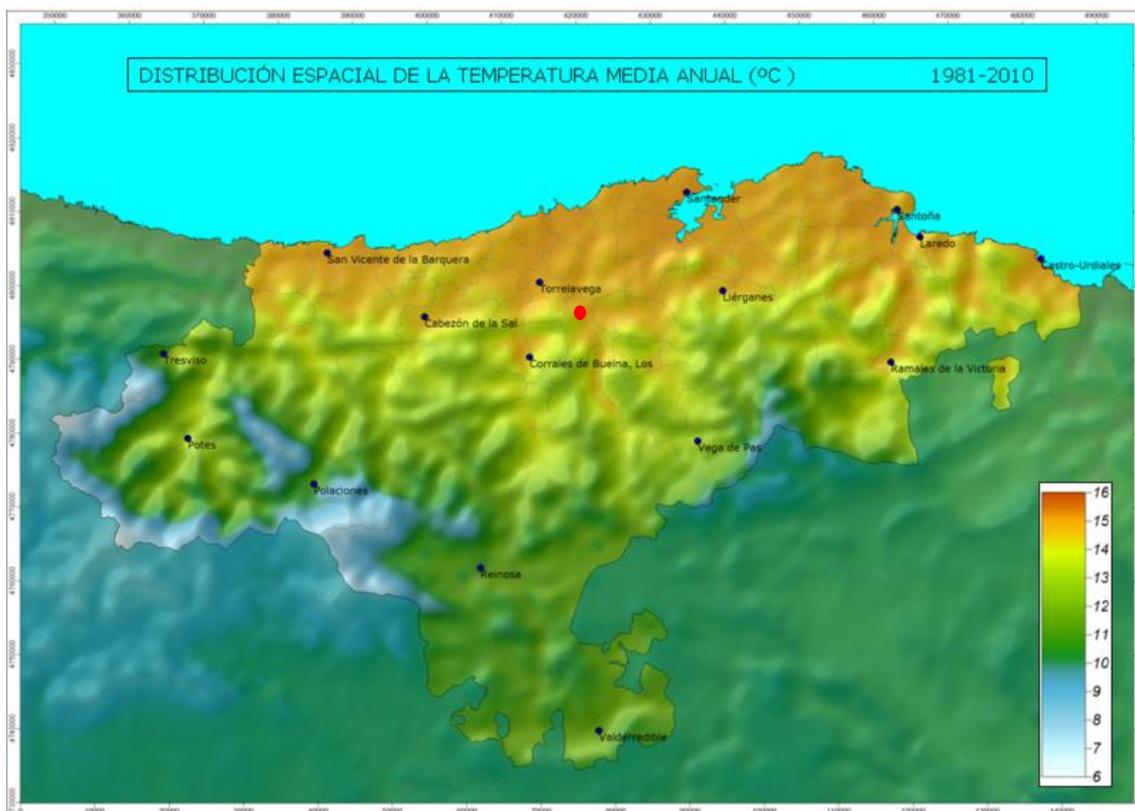




Imagen 3.3 Mapa regional de la distribución de temperaturas entre 1.981-2.010 (Fuente: AEMET)

Las temperaturas máximas se concentran durante la época estival, concretamente en la mensualidad de agosto, registrándose promedios cercanos a los 23,3 °C, a su vez, las temperaturas mínimas registradas corresponden al periodo invernal, siendo febrero el mes más frío con temperaturas de 3,1 °C. [29]

Estos valores son promedios de las estaciones meteorológicas, ergo existen temperaturas aún más altas y bajas debidas a eventualidades climatológicas especiales.

|                        | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 7.1   | 7.2     | 9.5   | 11.3  | 13.9 | 16.9  | 18.6  | 19.1   | 17.4       | 14.8    | 10.2      | 7.9       |
| Temperatura min. (°C)  | 3.9   | 3.6     | 5.3   | 7     | 9.7  | 12.9  | 14.8  | 15.3   | 13.4       | 11.1    | 7.1       | 4.6       |
| Temperatura máx. (°C)  | 10.8  | 11.2    | 14    | 15.6  | 18   | 21.1  | 22.7  | 23.3   | 21.8       | 19.1    | 13.7      | 11.7      |

Imagen 3.4 Distribución de las temperaturas en Cantabria entre 1.991 y 2.021 (Fuente: Climate-Data)

### 3.1.5. Radiación solar

En Puente Viesgo, la radiación solar es inferior a la recibida en otras zonas peninsulares debido a la latitud en la que se deduce una incidencia de soslayo de los rayos solares, además de tratarse de una zona con una climatología complicada como consecuencia de las precipitaciones.

A lo largo de 2019 se contabilizaron 2345,88 horas de sol, siendo enero el mes con menos horas de luz solar con 158,57 con un promedio diario de 4,76 horas, por el contrario, en junio se registraron 228,72 horas promediando diariamente alrededor de 7,38 horas. [29]

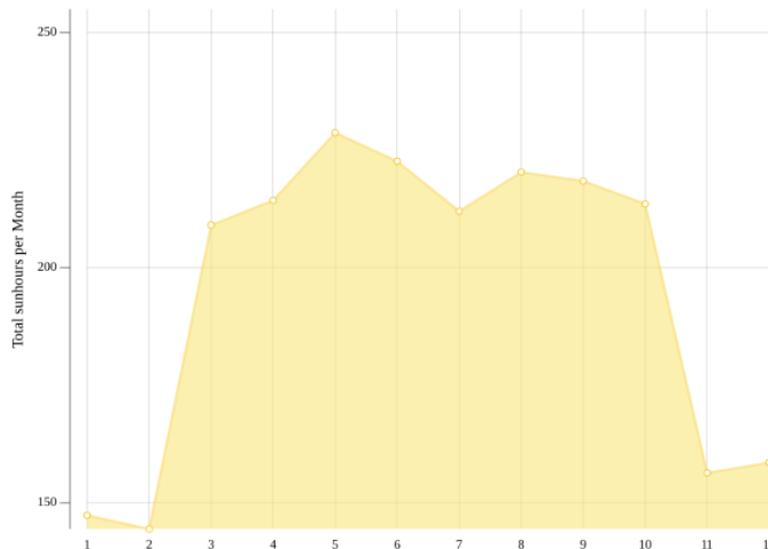


Imagen 3.5 Horas de sol mensuales (Fuente: Climate-Data)

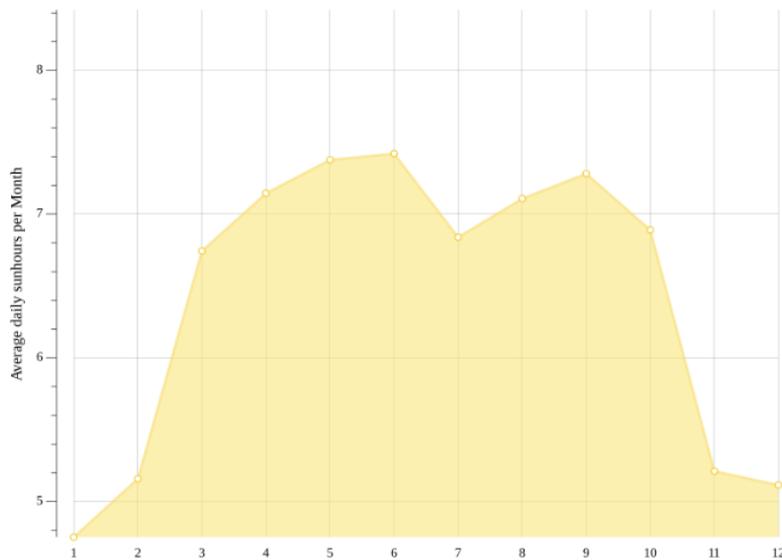


Imagen 3.6 Promedio de horas de sol (Fuente: Climate-Data)

| Meses      | Promedio de horas de Sol | Horas totales de Sol |
|------------|--------------------------|----------------------|
| Enero      | 4,76                     | 148,74               |
| Febrero    | 5,14                     | 141,32               |
| Marzo      | 6,71                     | 209,68               |
| Abril      | 7,17                     | 215,73               |
| Mayo       | 7,31                     | 235,94               |
| Junio      | 7,38                     | 228,72               |
| Julio      | 6,80                     | 213,75               |
| Agosto     | 7,12                     | 220,49               |
| Septiembre | 7,22                     | 218,89               |
| Octubre    | 6,94                     | 216,58               |
| Noviembre  | 5,19                     | 155,14               |
| Diciembre  | 5,11                     | 158,23               |

Tabla 3.2 Resumen de horas mensuales de insolación (Fuente: Climate-Data)

Asimismo, la irradiación solar recibida en el periodo de verano es mucho mayor por la inclinación de la Tierra respecto al Sol, incidiendo los rayos solares de manera más directa, mientras que, en el periodo de invierno, los factores inclinación y climatología limitan la irradiación solar. En la imagen 3.7, se aprecia la línea de incidencia de la radiación solar en función de la ubicación del complejo, además de la posición en los meses de solsticio. [30]

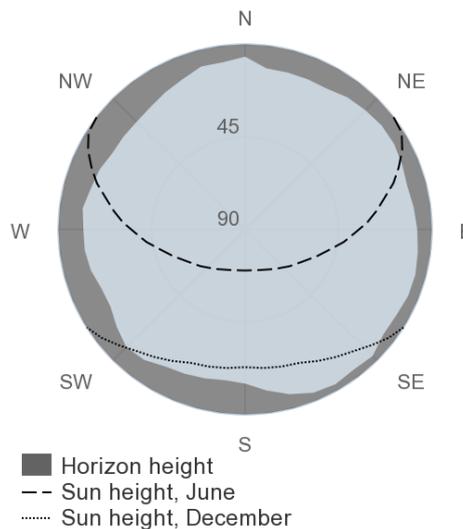


Imagen 3.7 Distribución de las alturas solares (Fuente: PVGIS)

Durante el 2019, la mayor irradiación solar mensual se registra en el mes de julio con un valor de  $167,46 \frac{kWh}{m^2}$ , en consecuencia, noviembre supuso el mes con menor irradiación solar con  $39,7 \frac{kWh}{m^2}$ . [30]

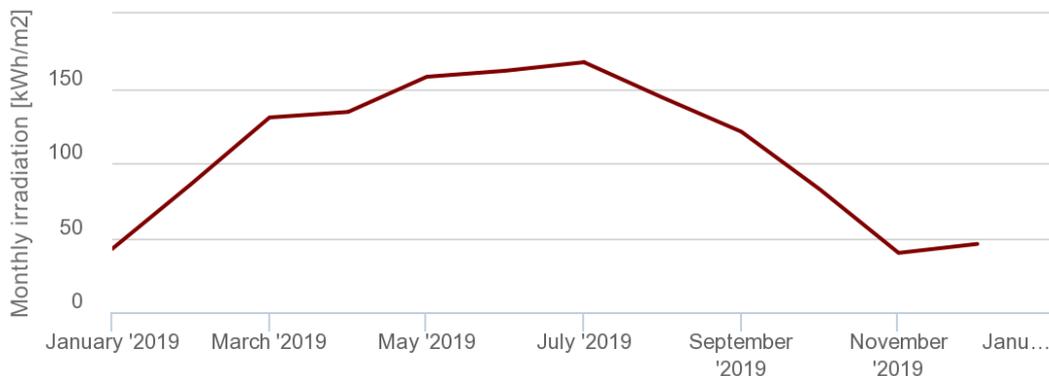


Imagen 3.8 Radiación solar mensual en el año 2.019 (Fuente: PVGIS)

| Meses      | Irradiación solar mensual ( $\frac{kWh}{m^2}$ ) |
|------------|---|
| Enero      | 42,45   |
| Febrero    | 85,70   |
| Marzo      | 130,45  |
| Abril      | 134,16  |
| Mayo       | 157,71  |
| Junio      | 161,74  |
| Julio      | 167,46  |
| Agosto     | 143,73  |
| Septiembre | 120,93  |
| Octubre    | 82,20   |
| Noviembre  | 39,70   |
| Diciembre  | 45,71   |

Tabla 3.3 Resumen de la irradiación solar mensual en el año 2.019 (Fuente: Elaboración propia)

### 3.1.6. Geología

El complejo hotelero se sitúa sobre una terraza fluvial formada con una génesis exógena, es decir, mediante procesos producidos por la acción de elementos atmosféricos en la capa externa terrestre, a partir de cantos, gravas y bloques con matriz limo-arcillosa con bastante arena del periodo cuaternario.

La columna estratigráfica de esta zona está constituida, además de por la terraza fluvial, por arcillas varioladas del triásico noriense en el estrato más reciente, en la zona intermedia de la columna se encuentran arcillas y lutitas y en el estrato más inferior, ergo el más antiguo geológicamente, calizas conocidas como calizas de montaña del periodo carbonífero superior.

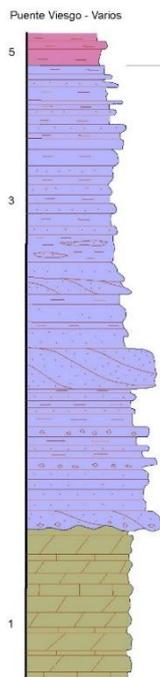


Imagen 3.9 Columna estratigráfica de Puente Viego (Fuente: Mapas Cantabria)

El carácter hidrotermal de las aguas viene dado por el contacto de las calizas de montaña con las rocas del periodo triásico como consecuencia del cabalgamiento de la sierra del Escudo de Cabuérniga, propiciando el aporte de unas características similares con el Balneario de las Caldas del Besaya, en el municipio de Los Corrales de Buelna.

La surgencia de las aguas se produce a través de un caudal constante de 910 l/min a una temperatura de 33,8 °C, siendo la composición de tipo clorurado sódico, con un pH de 7,51 (pH neutro: 7), salobre  $2120 \frac{\mu S}{cm}$ , y bastante dura al contener un alto índice de carbonato cálcico, concretamente 256 ppm; asimismo posee un 18 ppm de sílice, 0,2 ppm de cationes de hierro y 0,05 ppm de amonio. [31]

### 3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El edificio, construido en el año 1991, posee una superficie construida de 10.790 m<sup>2</sup> en un suelo calificado como urbano. Dicha superficie se reparte por el establecimiento de manera desigual por las distintas plantas que lo componen, tabla 3.10.

| Finalidad | Planta | Superficie (m <sup>2</sup> ) |
|-----------|--------|------------------------------|
| Hotelero  | -1     | 524                          |
| Hotelero  | 0      | 244                          |



ÁLVARO PÉREZ SOBRINO

|           |    |       |
|-----------|----|-------|
| Hotelero  | 1  | 213   |
| Deportivo | 1  | 55    |
| Hotelero  | 2  | 213   |
| Hotelero  | -1 | 508   |
| Almacén   | -1 | 294   |
| Parking   | -1 | 727   |
| Hotelero  | 0  | 201   |
| Hotelero  | 0  | 1.120 |
| Hotelero  | 1  | 1.304 |
| Hotelero  | 2  | 1.244 |
| Hotelero  | 3  | 746   |
| Deportivo | -1 | 245   |
| Deportivo | -1 | 510   |
| Almacén   | -1 | 198   |
| Hotelero  | 0  | 244   |
| Hotelero  | -2 | 1.100 |
| Hotelero  | -3 | 1.100 |

*Imagen 3.10 Superficies y usos por plantas (Fuente: Catastro)*

En el siguiente gráfico (gráfico 3.2) se aprecia la distribución por usos generales en función de la superficie total, correspondiente al edificio más longevo, el cuál alberga la gran variedad de servicios como el balneario o el restaurante.

### Distribución por usos

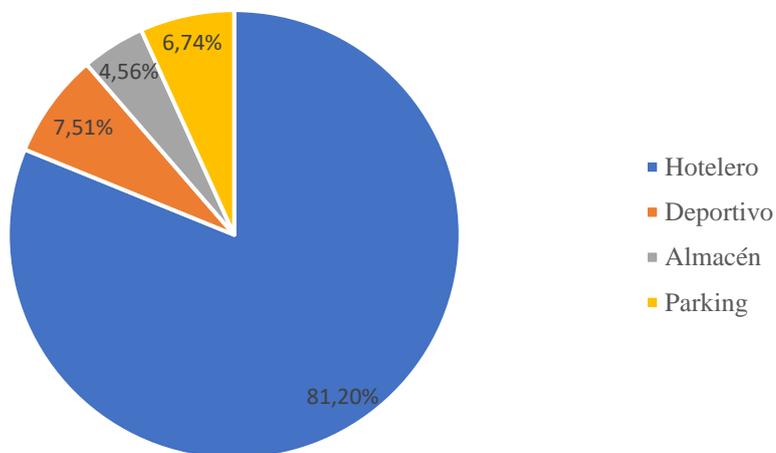


Gráfico 3.2 Distribución de usos por superficie construida (Fuente: Elaboración propia)

El edificio en cuestión, posee 7 plantas, distribuidos de la siguiente manera:

- ❖ Recepción del balneario y 8 salas de masajes en la planta -3,
- ❖ En la planta -2 se ubican las salas de tratamientos y el balneario.
- ❖ En la planta -1 o semisótano, se localizan la recepción del Templo del Agua y sus instalaciones, asimismo, las zonas de servicios del personal, destacándose las oficinas, comedor del personal, aseos, vestuarios, almacén y la cocina del restaurante, añadiendo el gimnasio perteneciente al Templo del Agua.
- ❖ En la planta 0, es donde se encuentran la recepción del hotel, el hall, zonas de reuniones o lobby, 6 habitaciones, pub y el servicio de restaurante
- ❖ En las plantas 1,2 y 3, se establecen un total de 94 habitaciones en este sector.

| Planta | Superficie total (m <sup>2</sup> ) |
|--------|------------------------------------|
| -3     | 1.100                              |
| -2     | 1.100                              |
| -1     | 3.006                              |
| 0      | 1.809                              |
| 1      | 1.572                              |
| 2      | 1.457                              |

|   |     |
|---|-----|
| 3 | 746 |
|---|-----|

Tabla 3.4 Distribución de las superficies por plantas (Fuente: Elaboración propia)

En las plantas -2 y -1 se localizan las salas que albergan la maquinaria, las cuales se describirán pormenorizadamente en el apartado 3.3.

Hay que añadir, la existencia de un edificio adyacente a éste que alberga el centro de transformación, el cual no se ha considerado en el estudio.

### 3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA

En este apartado se va a realizar un estudio detallado de los componentes consumidores de bien electricidad o gas para producir el confort necesario para el bienestar de los usuarios durante su estancia.

#### 3.3.1. Calderas

En la actualidad, existen dos generadores de calor para el abastecimiento de ACS como calor para climatización, la cual se produce mediante vías diferentes.

Cada una de estas dos calderas, se localizadas en la planta -2, se alimentan mediante dos depósitos de propano localizados en el exterior del edificio, desconociéndose su capacidad.

Ambos generadores, producen energía térmica durante las 24 horas del día para alimentar los depósitos de ACS y cubrir la demanda pico del periodo matutino.

El sistema de calderas, como se ha mencionado anteriormente, se ubica en la planta -2 para de esta manera alimentar a los depósitos de ACS de la planta -1 produciéndose un menor desnivel de bombeo. Estas calderas, instaladas desde 2006, pertenecen a la casa comercial Remeha, cuyo modelo es el P420-14 con una capacidad de potencia térmica útil nominal de 700 kWt, es decir, siendo el total instalado de 1.400 kWt para proporcionar ACS y calefacción.

Estas calderas funcionan con una presión máxima de servicio de 6 bar para evitar situaciones extrañas, así como una temperatura máxima de 100 °C con un ajuste del termostato de la caldera de 30 a 90 °C, siendo su régimen nominal de temperatura de 80 °C según el fabricante.

Para este caso, la temperatura de funcionamiento habitual es de 70 °C para prevenir la aparición de legionelosis en ACS, cuya temperatura de erradicación es de 50°C, de esta manera se mayor la seguridad. [32]

| Caldera   |                    | P 420-8 | P 420-9 | P 420-10 | P 420-11 | P 420-12 | P 420-13 | P 420-14 |
|---|--------------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Potencia útil   | kW                 | 250-310 | 310-370 | 370-430  | 430-495  | 495-570  | 570-645  | 645-700  |
| Potencia de suministro                                  | kW                 | 271-339 | 336-404 | 402-470  | 465-538  | 563-701  | 618-701  | 699-760  |
| Número de elementos                                     |                    | 8       | 9       | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       |
| Capacidad de agua                                       | l                  | 366     | 409     | 452      | 495      | 538      | 581      | 624      |
| Pérdidas de carga de agua                               | $\Delta T = 10K$   | 19      | 32      | 50       | 68       | 93       | 125      | 150      |
|   | $\Delta T = 15K$   | 11      | 18      | 26       | 31       | 41       | 55       | 70       |
|   | $\Delta T = 20K$   | 5       | 8       | 13       | 18       | 24       | 31       | 37       |
| Presión en el hogar para una depresión en la tobera = 0 | mbar               | 0.57    | 0.73    | 0.96     | 1.2      | 1.57     | 2.0      | 2.5      |
| Temperatura de humos <sup>(1)</sup><br>(3)              | °C                 | 200     | 200     | 200      | 200      | 200      | 200      | 200      |
| Caudal másico de humos <sup>(1)</sup> (2)               | Gasóleo            | 516     | 615     | 716      | 823      | 947      | 1071     | 1163     |
|   | Gas                | 568     | 677     | 789      | 906      | 1043     | 1180     | 1280     |
| Cámara de combustión                                    | Diámetro del hogar | 530     | 530     | 530      | 530      | 530      | 530      | 530      |
|   | Anchura del hogar  | 638     | 638     | 638      | 638      | 638      | 638      | 638      |
|   | Fondo del hogar    | 1183    | 1343    | 1503     | 1663     | 1823     | 1983     | 2143     |
|   | Volumen            | 0.310   | 0.354   | 0.396    | 0.439    | 0.481    | 0.523    | 0.565    |
| Consumo de mantenimiento*                               | $\Delta T = 30K$   | 580     | 600     | 640      | 740      | 780      | 870      | 870      |
| Peso de expedición                                      | kg                 | 1470    | 1650    | 1830     | 2010     | 2190     | 2370     | 2550     |

Imagen 3.11 Características técnicas de la caldera Remeha P 420-14 (Fuente: Remeha)

El juego de calderas distribuye de la siguiente forma los servicios de ACS y climatización:

- ❖ Planta 1: calefacción para habitaciones a través de radiadores convencionales de agua.
- ❖ Planta 0: calefacción para el restaurante y pub mediante radiadores convencionales de agua.
- ❖ Plantas -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3: ACS para aseos de personal y habitaciones, asimismo los vestuarios del balneario y Templo del Agua.
- ❖ Plantas -3, -2 y -1: calentamiento del agua tanto del balneario como de las piscinas de la zona termal.

### 3.3.2. Depósitos de ACS y recuperación de calor

Los depósitos o acumuladores de ACS están constituidos de acero inoxidable en su totalidad para reducir la corrosión provocada por el agua.

En el edificio constan cuatro depósitos, dos con una capacidad de 2.000 litros y otros dos con una capacidad de 1.500 litros, creando una capacidad total de 7.000 litros acumulados, encontrándose implementados en el circuito primario de agua caliente.

Los acumuladores tienen un régimen de funcionamiento diario, es decir 24 horas, pero su almacenamiento varía en función de la demanda.

Asimismo, existe un circuito de reutilización de agua caliente en el edificio 1, el cual aprovecha térmicamente el agua proveniente de las piscinas de las plantas -2 y -1 para

precalentar el agua termal en uno de los 3 vasos de compensación existentes, reduciéndose el incremento de temperaturas entre focos y del agua a calentar, mejorándose la eficiencia del proceso.

Para realizar este intercambio de calor y así recuperar calor residual, se emplea maquinaria eléctrica para comprimir el agua y distribuirlo mejor por las placas del intercambiador de calor. En la tabla 3.5. se resumen las características técnicas de este elemento conocido comercialmente como Thermocold Easy Prozone Ea Geo.

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Potencia frigorífica (kW)             | 28,73  |
| Potencia calorífica (kW)              | 34,57  |
| Potencia absorbida por compresor (kW) | 5,6    |
| COP                                   | 4,89   |
| EER                                   | 5,1    |
| Nº de compresores                     | 1      |
| Potencia absorbida máxima (kW)        | 9      |
| Intensidad absorbida máxima (A)       | 15,3   |
| Intensidad de arranque (A)            | 99     |
| Alimentación eléctrica (V/Hz)         | 400/50 |

Tabla 3.5 Características técnicas compresor circuito termal Thermocold (Fuente: Thermocold)

### 3.3.3. Producción de frío y calor para climatización

La climatización de los locales es primordial para mantener el nivel de confort exigido por los clientes, por ende, el complejo posee en distintas localizaciones, diferentes grupos de climatización, siendo las bombas de calor el elemento más representativo para proporcionar la climatización adecuada.

En el establecimiento, una fracción de la climatización se realiza mediante el agua caliente producido por las calderas de propano para generar calefacción como se ha descrito en el apartado 3.3.1, no disponiéndose en estas zonas de circuito de refrigeración.

Estas zonas corresponden a las habitaciones de la planta 1, donde la temperatura se regula mediante un termostato manual manejado por el usuario.

A continuación, se disponen las estancias climatizadas a través de bomba de calor tanto para generación de calor como frío, las cuales funcionan las 24 horas al día.



- ❖ En las plantas 2 y 3, correspondientes a las habitaciones, se emplean 4 equipos de bomba de calor aire-aire con volumen variable de refrigerante (VRV) instalados en la torre del hotel, los cuales abastecen las estancias por medio de difusores instalados en el techo de las mismas.
- ❖ La recepción y las habitaciones de la planta 0, los aseos, la sala de masajes de la planta -2 y el gimnasio de la planta -1, se climatizan con la ayuda de 3 bombas de calor con volumen de refrigerante variable independientes y ajustables en función de la ocupación.
- ❖ La zona de restaurante, pub y oficinas del personal son climatizadas mediante bombas de calor exteriores independientes entre sí con termostato regulable en dichas zonas.

En los pasillos del hotel y en algunas salas de masaje del balneario se emplean radiadores eléctricos de 2.000 W de potencia eléctrica para cubrir la demanda de calor, cuyos periodos de funcionamiento son 9 horas diarias para los ubicados en el balneario y de 24 horas diarias para los instalados en los pasillos.

Debido a incompatibilidades se desconocen las características técnicas de las bombas de calor, así como su consumo eléctrico, consecuentemente se procederá a incluirse en el consumo eléctrico global.

#### 3.3.4. *Sistemas de bombeo y sopladores*

El sistema de bombeo es el impulsor de todos los fluidos que necesita el hotel para su correcto funcionamiento, por esta razón, es necesario que se encuentren en un buen estado de conservación para evitar averías que provoquen desabastecimientos a los usuarios.

Este sistema se reparte en bombas del circuito de ACS ubicadas en la sala de calderas y bombas y soplantes de aire localizadas en la sala de máquinas que alimenta al local termal.

El circuito de ACS se compone, además de las calderas y depósitos, de 5 bombas Grundfos con una potencia eléctrica de 400 kWe cada una y de una bomba, también Grundfos, de 1.150 kWe de potencia eléctrica, las cuales funcionan durante todo el día, pero no de manera constante debido a la irregular demanda.

El circuito alimentador de agua correspondiente al área termal permanece encendido las 24 horas del día, mientras que los sistemas soplantes de aire para la renovación del aire de las piscinas trabajan una media de 7 horas semanales, pudiendo variar en periodos de alta ocupación. Igualmente, en esta misma sala, se encuentran 5 depuradoras, 8 intercambiadores de calor y una instalación de tratamiento de aire para mantener unas características del aire constantes y evitar condensaciones.

En concreto, este sistema de bombeo se compone de 18 sopladores de aire con una potencia nominal de 1.75 kW, 22 bombas para alimentar las piscinas con 1.91 kW de potencia, además de 6 bombas de 6,6 kW para otros servicios y respaldo.

| Unidades | Equipos            | Potencia nominal (kWe) | Periodo de funcionamiento ( $\frac{h}{día}$ ) |
|----------|--------------------|------------------------|---|
| 5        | Bombas ACS         | 400                    | 24  |
| 1        | Bomba ACS          | 1.150                  | 24  |
| 22       | Bombas piscinas    | 1.91                   | 24  |
| 6        | Bombas piscinas    | 6,6                    | 24  |
| 18       | Sopladores de aire | 1,75                   | 7   |

Tabla 3.6 Inventario del sistema de bombeo (Fuente: Elaboración propia)

### 3.4. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

La iluminación juega un papel esencial en la ambientación de un establecimiento debido a la capacidad de generar sensaciones a los clientes en función del tipo de iluminación y la intensidad con la que lo luce.

En apartados sucesivos se definen todas las tipologías de luminarias existentes en el complejo hotelero y el consumo estimado de todas ellas, asimismo se exponen los sistemas de control de luz.

#### 3.4.1. Tipo y consumo de las luminarias

Actualmente, en el edificio se estima que hay instaladas alrededor de 2.000 luminarias de distintas potencias, contabilizándose una potencia eléctrica instalada de 36 kW aproximadamente.

La temperatura de color de las lámparas en las zonas comunes y estancias del hotel está en el entorno de 2.700 a 3.000 K, ofreciendo una sensación cálida, además de la aportación de la luz natural a través de las ventanas, mientras que en las zonas de personal y oficinas la luz es blanca fría con temperaturas cercanas a 4.000 K.

La tecnología de iluminación es dispar conllevando una amplia variedad de luces, predominando la tecnología downlight, tanto con instalación LED (31%) como con bombillas halógenas (26%). También hay implantadas lámparas de bajo consumo en las habitaciones (21%), bombillas fluorescentes compactas (14%) en algunos pasillos y en la oficina de administración, igualmente se hallan tubos fluorescentes en las zonas de personal (8%).

### Tecnología de luminarias

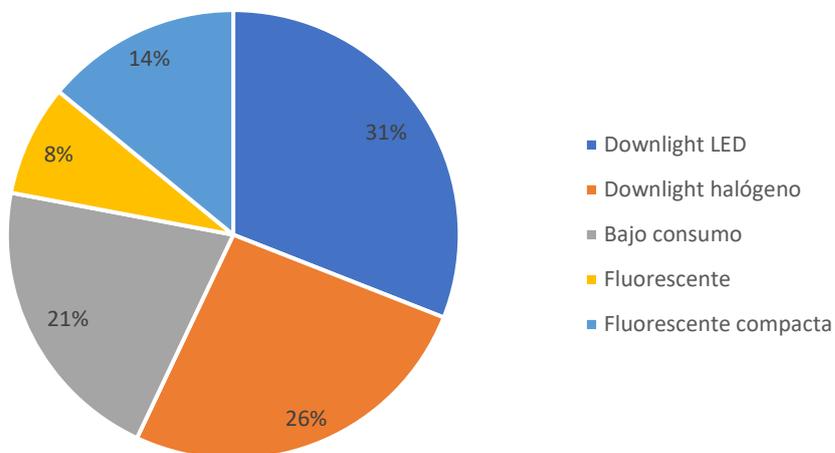


Gráfico 3.3 Distribución de las luminarias por tipología (Fuente: Elaboración propia)

Estas lámparas poseen diferentes potencias, en función de su ubicación y servicio, siendo una tarea muy laboriosa discernir la cantidad de bombillas con una potencia concreta, es por ello que se realiza una estimación de las potencias de dichas lámparas, las cuales se muestran en la tabla 3.7.

| Tipo de lámpara       | Unidades totales | Potencias (W) |     |    |
|-----------------------|------------------|---------------|-----|----|
|                       |                  | 8             | 12  | 15 |
| Bajo consumo          | 420              |               |     |    |
| Fluorescente compacta | 280              | 13            |     |    |
| Fluorescente          | 160              | 18            | 36  | 58 |
| Downlight halógeno    | 520              | 35            |     |    |
| Downlight LED         | 620              | 5             | 7,2 |    |

Tabla 3.7 Inventario de luminarias (Fuente: Elaboración propia)

La distribución de las luminarias es muy diversa, predominando en la zona termal, en el restaurante y en la planta 1 correspondientes a las habitaciones, la utilización de downlights de halógenos, mientras que las habitaciones de las plantas 2 y 3 cuentan con bombillas de bajo consumo en las lámparas de mesa, a su vez, en los pasillos tanto de clientes como personal preponderan los fluorescentes compactos. En zonas de personal hay instalados plafones con tubos fluorescentes, encontrándose la gran mayoría en la cocina de restaurante.

### 3.4.2. *Sistemas de control actuales*

Los sistemas de control del edificio se realizan a través de pulsadores presentes en cuadros de iluminación repartidos por las estancias más amplias y mediante llaves de luz en las habitaciones y ciertas zonas de personal, siendo las horas de utilización de luz muy dispares en una fracción alta del hotel, pero manteniéndose de manera permanente en los pasillos de personal y en la recepción del hotel.

## 3.5. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

La gran mayoría de herramientas funcionan eléctricamente por lo que suponiendo un gasto elevado respecto otros gastos que se estudiarán posteriormente en el apartado 3.6. Por ende, se procede a describir los distintos sistemas eléctricos presentes en el edificio.

### 3.5.1. *Centros de transformación*

Los instrumentos de trabajo se alimentan a través de un centro de transformación ubicado, en un edificio anexo en las inmediaciones de la parcela, cuyas características son: potencia aparente de 400 kVA y una relación de transformación de 12 kV a 0,4 kV.

El control de este transformador se reparte en un cuadro general para cada equipo, además de cuadros distribuidos por las distintas plantas constituyentes del establecimiento.

### 3.5.2. *Sistema de compensación de energía reactiva*

Actualmente, existe una batería de condensadores para compensar la energía reactiva proveniente de la red para de esta manera mejorar el suministro y que no haya tantas pérdidas.

La batería de condensadores instalada no pudo ser estudiada, es por ello que se estudiará su funcionamiento a través de los datos de reactiva proporcionados por las facturas eléctricas.

### 3.5.3. *Grupo electrógeno*

El complejo hotelero cuenta con un grupo electrógeno auxiliar para proporcionar electricidad en caso de emergencia de la marca Volvo con una potencia activa de 325 kW con un voltaje de 400 V.

### 3.5.4. *Sistemas eléctricos de lavandería*

En la planta -1 se localiza la lavandería, la cual funciona durante 24 horas al día, debido a que centraliza todo el lavado y secado de la ropa tanto de las habitaciones como de restauración.

La lavandería se compone de varios elementos demandantes de energía eléctrica, cuyas descripciones se enumeran en la siguiente tabla.



| Elemento | Marca      | Unidades | Potencia nominal (W) |
|----------|------------|----------|----------------------|
| Secadora | Electrolux | 1        | 26.700               |
| Secadora | Zanussi    | 1        | 2.500                |
| Lavadora | Electrolux | 1        | 19.400               |
| Lavadora | Electrolux | 2        | 22.300               |
| Lavadora | Electrolux | 1        | 17.500               |

Tabla 3.8 Inventario de equipos de lavandería (Fuente: Elaboración propia)

### 3.5.5. Sistemas eléctricos de cocina

En la estancia asignada a la cocina en la planta -1, se observan equipos eléctricos para realizar los trabajos pertinentes, encontrándose dos hornos, dos trenes de lavado, una estancia fría para conservación de alimentos, además de una cámara donde albergar otros tipos de suministros, un cortafiambres, campana extractora de humos, además de elementos eléctricos esporádicos como batidoras industriales.

Estas instalaciones están en uso 15 horas al día, para proporcionar los desayunos, comidas y cenas, igualmente se utiliza para elaboración de productos para futuros días.

### 3.5.6. Sistemas de elevación

El establecimiento cuenta con 3 ascensores, así como un montacargas. Estos elevadores abarcan todas las plantas del local, estando disponibles las 24 horas del día.

El consumo de estos ascensores se integra en el consumo global, debido a la falta de información de los CUPS de cada ascensor.

## 3.6. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS CON FUNCIONAMIENTO A GAS

Además del empleo de gas propano como suministro para generación de ACS y calefacción, existen en el establecimiento elementos cuyo funcionamiento es mediante gas.

En el departamento de lavandería se encuentran una secadora de la marca Zanussi, de la que se desconoce el caudal y potencia térmica, y una plancha de la casa Electrolux Wascator, funcionando alrededor de 24 horas al día.

| Plancha Electrolux Wascator |       |
|-----------------------------|-------|
| Potencia (W)                | 1.120 |
| Presión máxima (bar)        | 9     |
| Consumo ( $\frac{Kg}{h}$ )  | 80    |

Tabla 3.9 Características técnicas de equipo de lavandería Electrolux (Fuente: Elaboración propia)

En el departamento de cocina, ubicado en la planta -1, se encuentran instrumentos empleados mediante gas como los fogones y un horno convencional, de los cuales se desconocen las características técnicas de los aparatos con un periodo de uso de 15 horas al día.

### 3.7. ESTUDIO DE LOS CONSUMOS ANUALES

En este establecimiento se diferencian dos grandes tipos de consumo, térmico mediante gas propano y eléctrico.

En las siguientes líneas se desglosarán ambos consumos para posteriormente realizar una comparativa entre ellos y observar cual es el consumo predominante y trazar las posibles actuaciones para reducir dichos consumos en el apartado 4.

#### 3.7.1. Consumo de gas

El consumo de gas se ha estudiado mediante las facturas originadas durante los últimos cuatro años de actividad del complejo hotelero, concretamente desde el año 2017 hasta el año 2021.

El gas propano empleado, es proporcionado por REPSOL mediante camiones cisterna almacenándose en dos depósitos aledaños al edificio y de los que se desconoce su capacidad para alimentar las calderas y producir ACS, calefacción, climatización de las piscinas de la zona termal y el balneario, además de equipos con funcionamiento parcial a gas en cocina y lavandería.

Mediante las facturas mensuales se obtiene el consumo anual de gas para satisfacer la demanda, así como el coste anual y la relación del coste del gas y el consumo para generación de energía térmica, como se muestra en la tabla 3.10.

|                     | 2017      | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Consumo anual (kWh) | 1.951.563 | 2.839.395 | 3.125.376 | 2.278.415 | 2.657.972 |

|                                |         |         |         |        |         |
|--------------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|
| Coste anual (€)                | 101.391 | 138.952 | 135.140 | 89.525 | 135.050 |
| Relación coste-consumo (€/kWh) | 0,052   | 0,049   | 0,043   | 0,039  | 0,051   |

Tabla 3.10 Consumos térmicos anuales (Fuente: Elaboración propia)

El consumo tanto anual como mensual de los últimos periodos ha sido de carácter variable como consecuencia de la demanda de los clientes alojados y de usuarios externos del balneario y la zona termal, notándose significativamente en el periodo correspondiente al confinamiento producido por la pandemia del COVID-19 en el año 2020, es por ello que existe una reducción significativa del consumo, incluyéndose un mes en el que no hubo consumo alguno de gas (gráfico 3.4), a su vez el pico de consumo se estableció ese mismo año con un consumo de 448.330,943 kWh repercutiendo en un coste de 20.288,36 euros.

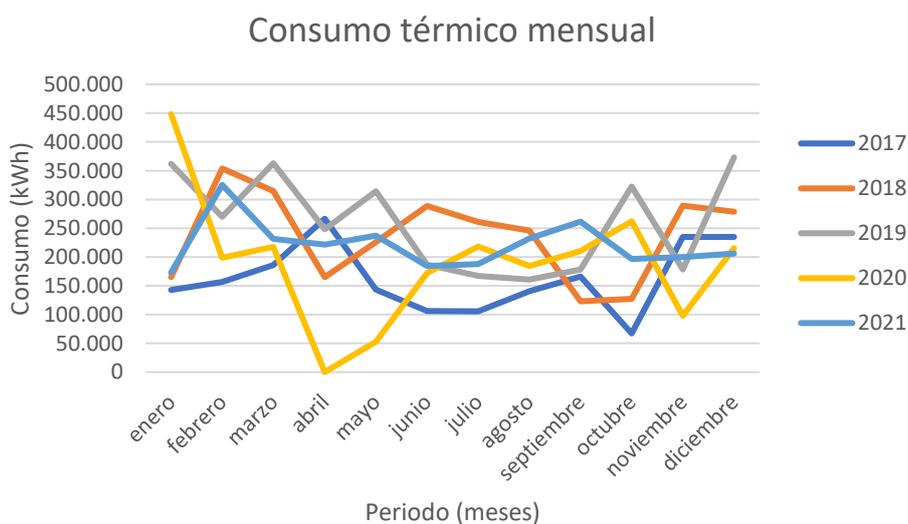


Gráfico 3.4 Distribución de los consumos térmicos mensuales (Fuente: Elaboración propia)

### 3.7.2. Consumo de electricidad

El consumo eléctrico se ha estudiado mediante la facturación de la empresa suministradora Energía de Portugal (EDP), actual Viesgo Distribución, la cual factura desde el año 2018 siendo anteriormente Endesa la encargada de suministrar la electricidad.

El establecimiento cuenta con una tarifa ATR 6.1 TD con las potencias mostradas en la tabla 3.11, cuya predecesora, la tarifa 6.1 A, enunciada corresponde con la anterior metodología de facturación, la cual fue modificada por el Real Decreto 148/2021.

Durante el periodo de confinamiento como consecuencia de la pandemia de COVID-19, concretamente desde el 1 de abril de 2020 al 30 de junio de 2020 se redujo la potencia

contratada para todos los periodos de facturación. Los periodos P1, P2, P3, P4 y P5 se rebajaron de 350 kW a 150 kW, mientras que P6 se mantuvo en 451 kW.

| Periodo | Potencia contratada (kW) |     |     |     |     |     | Tarifa         |
|---------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
|         | P1                       | P2  | P3  | P4  | P5  | P6  |                |
| 2017    | 350                      | 350 | 350 | 350 | 350 | 451 | 6.1 A          |
| 2018    | 350                      | 350 | 350 | 350 | 350 | 451 | 6.1 A          |
| 2019    | 350                      | 350 | 350 | 350 | 350 | 451 | 6.1 A          |
| 2020*   | 350                      | 350 | 350 | 350 | 350 | 451 | 6.1 A          |
| 2021    | 350                      | 350 | 350 | 350 | 350 | 451 | 6.1 A<br>6.1TD |

*Tabla 3.11 Potencia contratada anualmente (Fuente: Elaboración propia)*

La realización de este estudio aplica los datos de potencia contratada y demandada durante el año 2021, como se observa en la gráfica 3.5.

Los periodos se encuentran relacionados con unas horas concretas de los días, y a su vez relacionados con las distintas temporadas del año, variándose los periodos en función de estas dos variables. El periodo P1 se vincula al periodo de punta, mientras que el periodo 6, distribuyéndose entre medias los periodos P2, P3, P4 y P5, los cuales poseen sus horas diarias y precios.



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
 CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

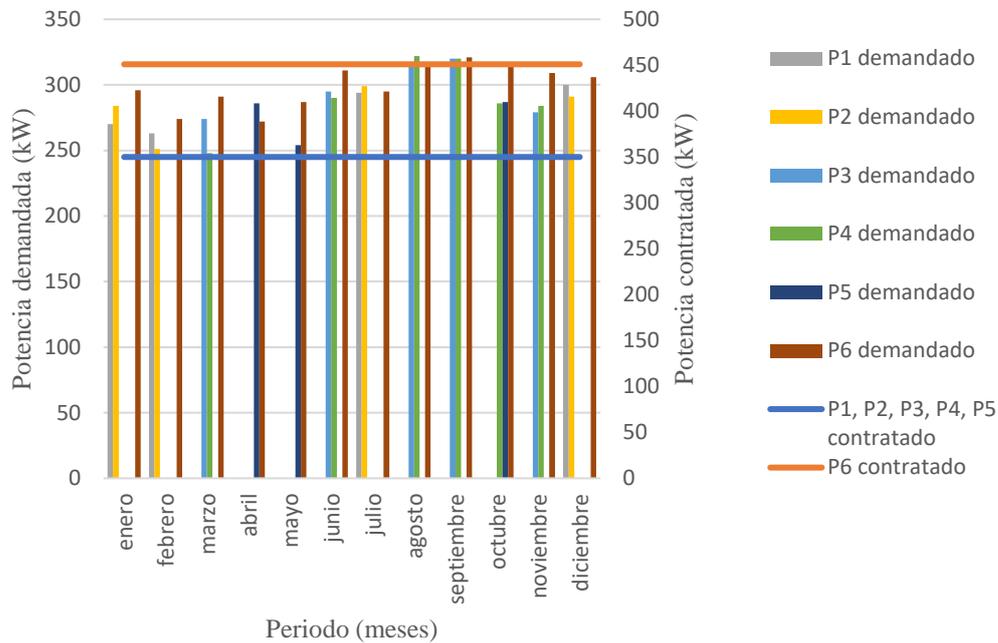


Gráfico 3.5 Potencia máxima registrada en el año 2021 (Fuente: Elaboración propia)

El establecimiento a lo largo de los años ha sufrido variaciones en el consumo eléctrico total, apreciándose en la tabla 3.12., además de deducirse un consumo elevado en el consumo de energía reactiva anual, añadiéndose al coste de las facturas y no repercutiendo en los rendimientos.

|                          | 2017      | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Consumo activa (kWh)     | 1.975.752 | 1.953.458 | 1.889.358 | 1.230.950 | 1.471.946 |
| Consumo reactiva (kVArh) | 44.470    | 44.281    | 38.254    | 41.457    | 42.537    |
| Coste anual (€)          | 170.914   | 202.575   | 177.910   | 151.039   | 164.776   |

Tabla 3.12 Consumos eléctricos anuales (Fuente: Elaboración propia)

En la gráfica 3.6 se detalla la evolución de los consumos de energía activa mensual desde el año 2017 hasta el 2021, el cual será objeto de estudio para las valoraciones de alternativas posteriores.

En el año 2021, el consumo mensual medio ha sido de 122.655 kWh, registrándose en el mes de agosto el máximo anual con un valor de 140.955 kWh, conllevando un precio en la factura de 15.039,15 euros.

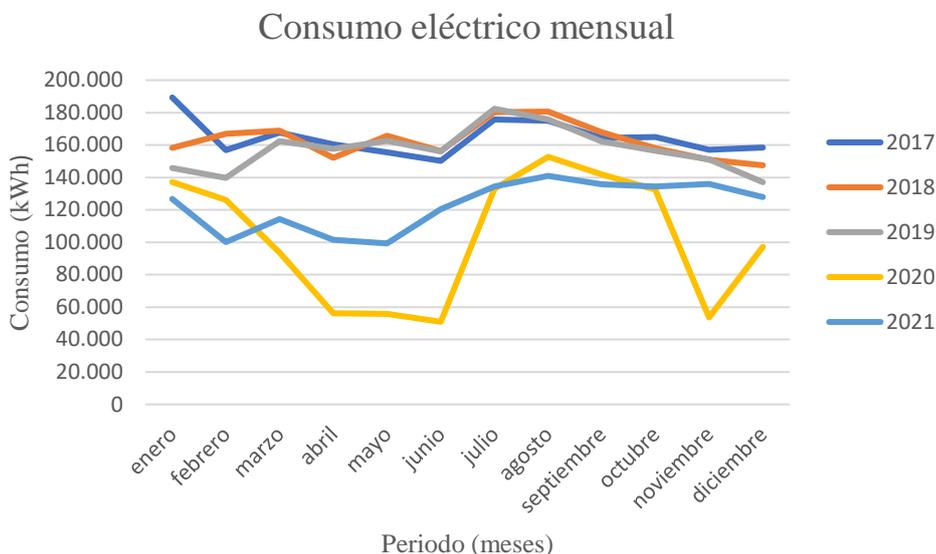


Gráfico 3.6 Distribución de los consumos térmicos mensuales (Fuente: Elaboración propia)

### 3.7.3. Consumos energéticos totales

Este apartado resume los consumos energéticos realizados por el hotel durante el año 2021, además de proporcionar una comparación entre ambos.

| Tipología    | Consumo (kWh)    | Coste (euros)  |
|--------------|------------------|----------------|
| Electricidad | 1.471.946        | 164.776        |
| Propano      | 2.657.972        | 135.050        |
| <b>Total</b> | <b>4.129.918</b> | <b>299.826</b> |

Tabla 3.13 Consumos energéticos totales en el año 2021 (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en el gráfico 3.7, el consumo energético del gas es visiblemente superior al consumo eléctrico como consecuencia del numeroso equipamiento que utiliza esta tecnología para producir ACS durante todo el año y calefacción en los meses fríos.

### Distribución de consumos

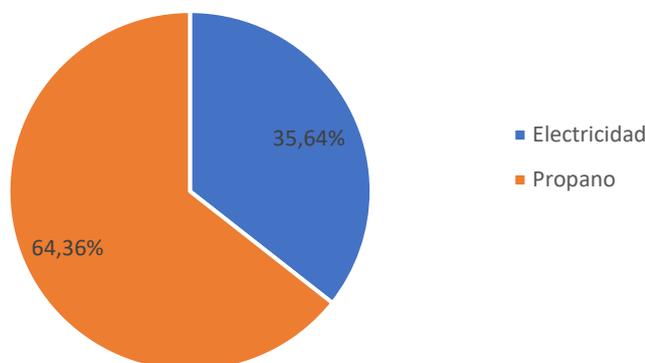


Gráfico 3.7 Distribución de consumos globales (Fuente: Elaboración propia)

La distribución de los costes es inversa al consumo debido a los distintos precios que vinculan a gas y electricidad, teniendo la electricidad un precio superior al gas, por ende, la electricidad es el consumo más costoso monetariamente a pesar de un consumo inferior.

### Distribución de costes

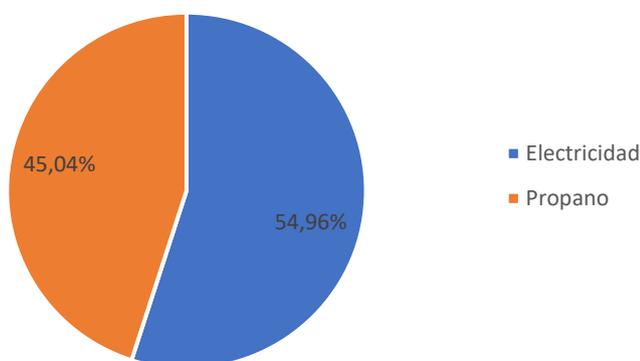


Gráfico 3.8 Distribución de costes energéticos (Fuente: Elaboración propia)

## 3.8. MEDICIONES EFECTUADAS

En las siguientes líneas se exponen las medidas realizadas para la obtención de los datos que se manejan en el presente documento en relación con el hotel estudiado, razonándose los motivos por los que no se pudieron ejecutar determinadas mediciones. Dichas mediciones serán divididas en función del carácter del consumo: lumínicas, eléctricas y térmicas.

### 3.8.1. Mediciones de iluminación

No se han podido realizar mediciones de carácter lumínico, por esta razón se han estimado tanto el número como la tipología de las luminarias del hotel, estimándose también el horario de uso de estas en función de los horarios de apertura del establecimiento y por las observaciones realizadas.

### 3.8.2. Mediciones eléctricas

Las mediciones eléctricas se han realizado en función de la facturación proporcionada por el hotel, mostrándose la potencia contratada, la energía activa y reactiva. Hay que añadir, en relación con la energía reactiva, la no producción de excesos constituyentes de un incremento del coste de las facturas mensuales, pero si se observan consumos elevados de reactiva.

Tampoco se ha podido medir mediante el analizador de redes, para constatar estas medidas de energía reactiva de la facturación y disponer de una gráfica con los posibles armónicos presentes en la red.

Los equipos eléctricos sufren un mantenimiento en cuanto estos sufren avería, siendo una de las razones de la falta de acceso a los mismos y por ende a sus características, las cuales han sido deducidas y buscadas en los catálogos de las marcas de los equipos.

### 3.8.3. Mediciones térmicas

La casuística expuesta en las mediciones eléctricas se repite para el sistema de generación térmica, midiendo exclusivamente la potencia térmica de las calderas y la facturación de gas propano a lo largo de los meses, además de la temperatura de almacenamiento de ACS, el cual está marcada por la normativa vigente en salubridad.

## 3.9. ANÁLISIS ENERGÉTICO

Este apartado trata el balance de consumos energéticos mediante un análisis de los datos recopilados en el complejo hotelero tanto para consumos eléctricos como térmicos en la medida de lo posible.

### 3.9.1. Análisis eléctrico

El análisis eléctrico se ha ejecutado en función de los datos medidos en la facturación y en los propios equipos eléctricos.

En la tabla 3.14 se muestra un desglose de los diferentes consumos para cada uso de las instalaciones, así como el porcentaje en relación con el total consumido en 2021; añadiendo el coste de cada uso.



| Instalación                         | Consumo anual<br>(kWh/año) | Porcentaje (%) | Coste anual<br>(€/año) |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------|------------------------|
| Climatización                       | 323.828                    | 21,72          | 36.250                 |
| Iluminación                         | 147.195                    | 10,24          | 16.478                 |
| Sistemas de elevación               | 29.439                     | 1,80           | 3.296                  |
| Sistema de bombeo de la zona termal | 574.059                    | 39,37          | 64.262                 |
| Cocina (electricidad)               | 58.878                     | 4,45           | 6.591                  |
| Lavandería (electricidad)           | 88.317                     | 5,46           | 9.887                  |
| Otros consumos eléctricos           | 250.231                    | 16,97          | 28.012                 |
| Total                               | 1.471.946                  | 100            | 164.776                |

Tabla 3.14 Distribución de los consumos eléctricos en el hotel en 2.021 (Fuente: Elaboración propia)

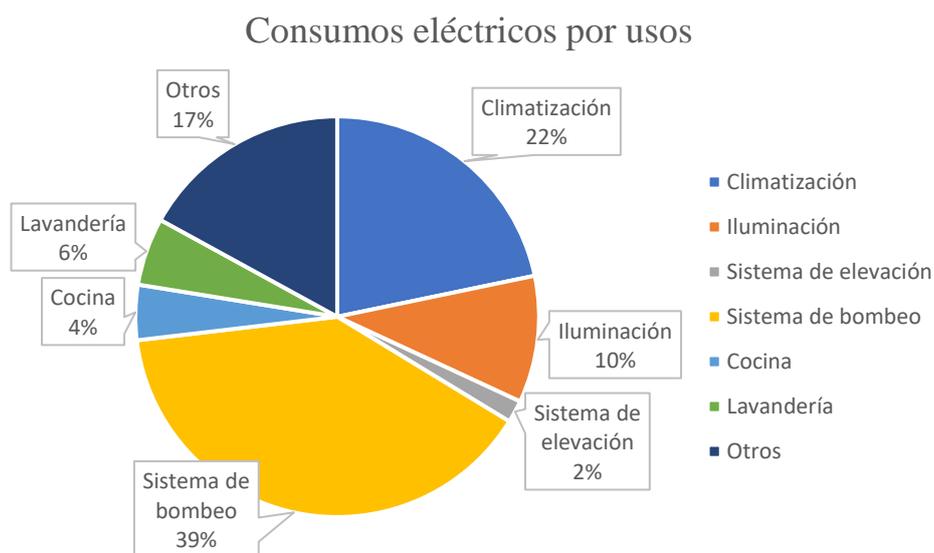


Gráfico 3.9 Distribución de los consumos eléctricos en 2.021 (Fuente: Elaboración propia)

En el gráfico 3.9. se puede observar un elevado consumo relativo a la climatización (22%) y los sistemas de bombeo pertenecientes al sistema de ACS, calefacción y climatización de las piscinas de la zona termal (39%), mientras que los sistemas de iluminación (10%), elevación (2%), cocina (4%) y lavandería (6%) representan una baja proporción del consumo, cuestión que no implica que se encuentren sujetas a mejoras energéticas.

En el aspecto “Otros” se incluyen los equipos no inventariados como las máquinas frigoríficas, sistema de ventilación, equipos del balneario y de la zona termal o microondas entre muchos elementos.

### 3.9.2. Análisis térmico

El análisis térmico se ha ajustado a los parámetros de ACS, calefacción y producción de agua caliente para las piscinas de la zona termal para así determinar la relación entre los puntos demandantes de energía térmica.

El cálculo del consumo térmico en el caso de ACS se ha determinado mediante la estimación del consumo de éste para un hotel con una categoría de 4 estrellas recogida en el DB-HE correspondiente al ahorro de energía, siendo el consumo diario por persona de 55 litros [27]. De esta manera se consigue un valor aproximado del número de personas que han estado hospedadas o han consumido algún servicio proporcionado por el hotel.

Mediante las facturas de consumo de agua observadas, el consumo medio diario del hotel para 2021 es de  $11 \text{ m}^3$ , teniendo una media de hospedados diarios de 230. Concluyéndose un gasto energético diario de propano de 331,43 kWh, trasponiéndose en un consumo anual de 120.971,95 kWh.

En el caso de la zona termal constituida por las piscinas, se ha obtenido un consumo diario medio de  $116,67 \text{ m}^3$ , lo cual conlleva un consumo de 3.056,67 kWh diario y por ende un consumo anual de 1.115.683,33 kWh.

| Instalación                      | Consumo anual<br>(kWh/año) | Porcentaje (%) | Coste anual<br>(€/año) |
|----------------------------------|----------------------------|----------------|------------------------|
| ACS                              | 120.971,95                 | 4,55           | 6.146,51               |
| Piscinas zona termal             | 1.115.683,33               | 41,97          | 56.687,21              |
| Lavandería, calefacción y cocina | 1.421.316,72               | 53,48          | 72.216,27              |
| Total                            | 2.657.972                  | 100            | 135.050                |

Tabla 3.15 Distribución de consumos térmicos en el hotel en 2.021 (Fuente: Elaboración propia)

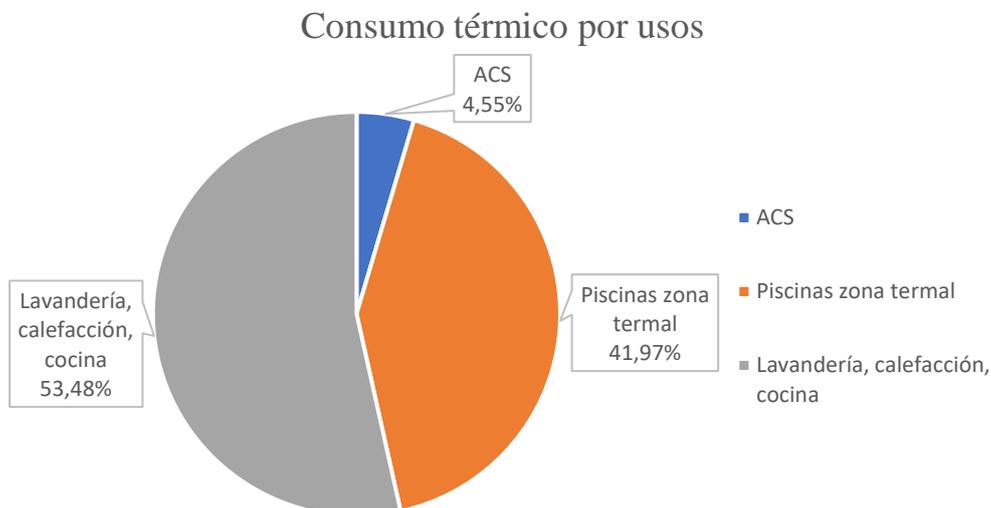


Gráfico 3.10 Distribución de los consumos térmicos en 2.021 (Fuente: Elaboración propia)

En la gráfica 3.10. muestra los porcentajes para cada uso, visibilizándose un elevado consumo tanto para climatizar las piscinas del área termal (41,97%) como para calefactar las habitaciones de la planta 1, los equipos de cocina y lavandería (53,48%), sumando entre ambos un 95,44 % de la demanda de gas del establecimiento, mientras que el consumo para ACS es una proporción muy baja (4,55%), siendo casi irrisoria.

### 3.9.3. Análisis energético global

En el año 2021, el consumo energético global fue de 4.129.918 kWh con un coste para la instalación de 299.826 €, desglosándose en la tabla 3.16 los consumos por uso vistos en los apartados 3.9.1 y 3.9.2 para dar un punto de vista amplio.

| Instalación           | Consumo anual (kWh/año) | Porcentaje (%) | Coste anual (€/año) |
|-----------------------|-------------------------|----------------|---------------------|
| Climatización         | 323.828                 | 7,84           | 36.250              |
| Iluminación           | 147.195                 | 3,56           | 16.478              |
| Sistemas de elevación | 29.439                  | 0,71           | 3.296               |

|   |           |       |         |
|---|-----------|-------|---------|
| Sistema de bombeo de la zona termal         | 574.059   | 13,90 | 64.262  |
| Cocina (electricidad)                       | 58.878    | 1,43  | 6.591   |
| Lavandería (electricidad)                   | 88.317    | 2,14  | 9.887   |
| Otros consumos eléctricos                   | 250.231   | 6,06  | 28.012  |
| ACS   | 120.792   | 2,92  | 6.146   |
| Piscinas zona termal                        | 1.115.683 | 27,01 | 56.687  |
| Cocina, lavandería, y calefacción (propano) | 1.421.317 | 34,42 | 72.216  |
| Total                                       | 4.129.918 | 100   | 299.816 |

Tabla 3.16 Consumos energéticos para cada instalación en 2.021 (Fuente: Elaboración propia)

En la gráfica 3.11 se visualiza la distribución de consumos totales, observándose consumos irrisorios como los sistemas de elevación (0,71%), los elementos eléctricos de la cocina (1,43%) y lavandería (2,14%).

### Distribución de consumos por usos

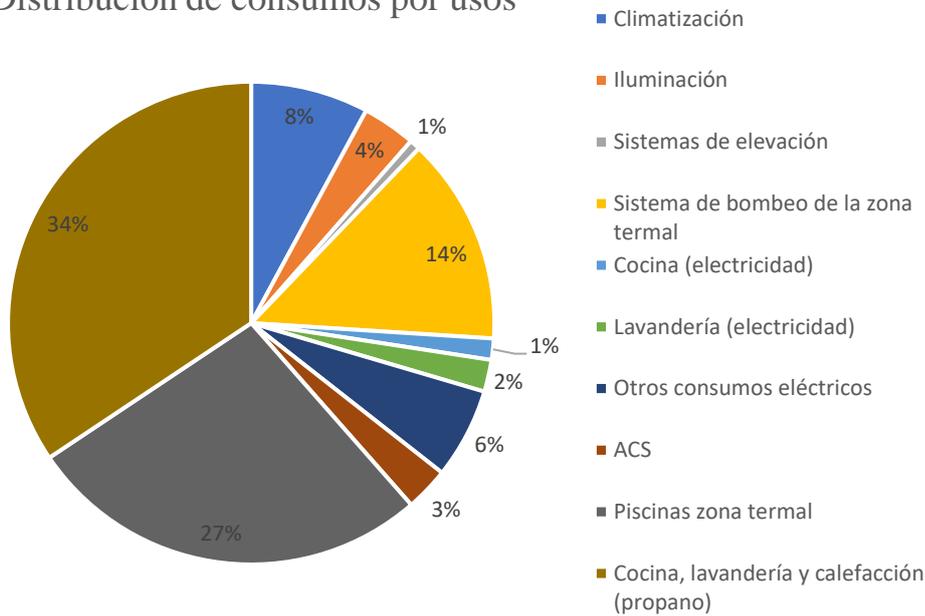


Gráfico 3.11 Distribución de los consumos totales por instalación en 2.021 (Fuente: Elaboración propia)

### 3.10. CERTIFICADO ENERGÉTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL MEDIANTE CE3X

Una vez realizados los desgloses de los consumos tanto eléctricos como térmicos se procede a la realización, mediante CE3X, de la certificación energética para estudiar la denominación que adquiere actualmente el establecimiento objeto de estudio.

Los datos generales del complejo se reflejan en la siguiente tabla, donde se puede apreciar la estimación de la ventilación del inmueble, dando por correcto lo propuesto por el programa predeterminadamente.

| Concepto          | Parámetros          |
|-------------------|---------------------|
| Normativa vigente | NBE-CT-79           |
| Perfil de uso     | Intensidad Alta-16h |
| Zona climática    | HE-1: C1            |
|                   | HE-4: I             |



ÁLVARO PÉREZ SOBRINO

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| Superficie habitable ( $m^2$ )   | 10.190 |
| Altura libre de planta (m)       | 3      |
| Número de plantas habitables     | 4      |
| Ventilación del inmueble (ren/h) | 0,8    |
| Demanda diaria de ACS (l/día)    | 55     |
| Masa de las particiones internas | Media  |

Tabla 3.17 Características técnicas del hotel (Fuente: Elaboración propia)

Debido a la falta de información referente a los muros de fachada, las ventanas y los tejados, se emplearán valores estimados, así como los materiales empleados en su construcción para asemejarse lo mejor posible a la situación real, siendo las longitudes obtenidas mediante mediciones en la plataforma Mapas Cantabria y consecuentemente la sección del espacio objeto de estudio.

En la tabla 3.18 se expresan las características parametrizadas en CE3X para los tejados conformantes del establecimiento, no teniéndose en cuenta la teja roja común dispuesta por toda su superficie, debido a que su afección no es tan importante como el material de forjado y la existencia de aislamiento.

| Concepto              |                      | Parámetro                    |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| Tejado de Restaurante | Superficie ( $m^2$ ) | 311,06                       |
|                       | Propiedades térmicas | Estimadas                    |
|                       | Clase de cubierta    | Cubierta inclinada ventilada |
|                       | Tipo de forjado      | Losa                         |
|                       | Cámara de aire       | Ligeramente ventilada        |



|                    |                         |                              |
|--------------------|-------------------------|------------------------------|
| Tejado balneario   | Superficie ( $m^2$ )    | 228,5                        |
|                    | Propiedades térmicas    | Estimadas                    |
|                    | Clase de cubierta       | Cubierta inclinada ventilada |
|                    | Tipo de forjado         | Losa                         |
|                    | Cámara de aire          | Ligeramente ventilada        |
| Tejado zona termal | Superficie ( $m^2$ )    | 924,48                       |
|                    | Propiedades térmicas    | Estimadas                    |
|                    | Clase de cubierta       | Cubierta plana               |
|                    | Tipo de forjado         | Losa                         |
|                    | Tipo de aislamiento (m) | 0,05                         |
| Tejado del hotel   | Superficie ( $m^2$ )    | 1.428,5                      |
|                    | Propiedades térmicas    | Estimadas                    |
|                    | Clase de cubierta       | Cubierta inclinada ventilada |
|                    | Tipo de forjado         | Losa                         |
|                    | Cámara de aire          | Ligeramente ventilada        |

Tabla 3.18 Características técnicas de las cubiertas (Fuente: Elaboración propia)

Todos los tejados, excepto el constituyente de la zona termal, poseen una losa hormigón para dar una cubierta inclinada de carácter ligeramente ventilado desconociéndose los materiales conformantes de dichos tejados, estimándose las propiedades térmicas, es por ello por lo que se asumen las propiedades por defecto. En el caso del tejado de la zona termal, se trata de una losa de hormigón sin recubrimiento especial en el exterior y con un aislamiento térmico de 5 cm (0,05 m) para paliar las posibles pérdidas de calor en esa zona concreta del complejo.

Al igual que sucede con las cubiertas, los muros de fachadas y el suelo, son de carácter aproximado como se muestran en la siguiente tabla (tabla 3.19).

| Concepto                   |                      | Parámetro                    |
|----------------------------|----------------------|------------------------------|
| Suelo                      | Superficie ( $m^2$ ) | 3.500                        |
|                            | Propiedades térmicas | Estimadas                    |
|                            | Perímetro (m)        | 266                          |
|                            | Profundidad          | Menor o igual que 0,5 m      |
| Fachada balneario suroeste | Superficie ( $m^2$ ) | 340,84                       |
|                            | Propiedades térmicas | Estimadas                    |
|                            | Tipo de fachada      | Una hoja                     |
|                            | Composición del muro | ½ pie de fábrica de ladrillo |
|                            | Orientación          | Suroeste                     |
| Fachada balneario norte    | Superficie ( $m^2$ ) | 80,27                        |
|                            | Propiedades térmicas | Estimadas                    |
|                            | Tipo de fachada      | Una hoja                     |
|                            | Composición del muro | ½ pie de fábrica de ladrillo |
|                            | Orientación          | Norte                        |
| Fachada balneario sur      | Superficie ( $m^2$ ) | 80,27                        |
|                            | Propiedades térmicas | Estimadas                    |
|                            | Tipo de fachada      | Una hoja                     |
|                            | Composición del muro | ½ pie de fábrica de ladrillo |
|                            | Orientación          | Sur                          |



|                              |                         |                              |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Fachada balneario noreste    | Superficie ( $m^2$ )    | 257,13                       |
|                              | Propiedades térmicas    | Estimadas                    |
|                              | Tipo de fachada         | Una hoja                     |
|                              | Composición del muro    | ½ pie de fábrica de ladrillo |
|                              | Orientación             | Noreste                      |
| Fachada zona termal suroeste | Superficie ( $m^2$ )    | 102,9                        |
|                              | Propiedades térmicas    | Estimadas                    |
|                              | Tipo de fachada         | Doble hoja con cámara        |
|                              | Cámara de aire          | Rellena de aislamiento       |
|                              | Tipo de aislamiento (m) | 0,05                         |
|                              | Material aislamiento    | EPS                          |
|                              | Orientación             | Noreste                      |
| Fachada hotel norte          | Superficie ( $m^2$ )    | 374,55                       |
|                              | Propiedades térmicas    | Estimadas                    |
|                              | Tipo de fachada         | Doble hoja con cámara        |
|                              | Cámara de aire          | Rellena de aislamiento       |
|                              | Tipo de aislamiento (m) | 0,05                         |
|                              | Material aislamiento    | EPS                          |
|                              | Orientación             | Norte                        |
|                              | Superficie ( $m^2$ )    | 500                          |

|                        |                         |                        |
|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Fachada hotel sur      | Propiedades térmicas    | Estimadas              |
|                        | Tipo de fachada         | Doble hoja con cámara  |
|                        | Cámara de aire          | Rellena de aislamiento |
|                        | Tipo de aislamiento (m) | 0,05                   |
|                        | Material aislamiento    | EPS                    |
|                        | Orientación             | Sur                    |
| Fachada hotel sureste  | Superficie ( $m^2$ )    | 77,5                   |
|                        | Propiedades térmicas    | Estimadas              |
|                        | Tipo de fachada         | Doble hoja con cámara  |
|                        | Cámara de aire          | Rellena de aislamiento |
|                        | Tipo de aislamiento (m) | 0,05                   |
|                        | Material aislamiento    | EPS                    |
|                        | Orientación             | Sureste                |
| Fachada hotel suroeste | Superficie ( $m^2$ )    | 307                    |
|                        | Propiedades térmicas    | Estimadas              |
|                        | Tipo de fachada         | Doble hoja con cámara  |
|                        | Cámara de aire          | Rellena de aislamiento |
|                        | Tipo de aislamiento (m) | 0,05                   |
|                        | Material aislamiento    | EPS                    |



|                                   |                            |                           |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                                   | Orientación                | Suroeste                  |
| Fachada hotel<br>noreste          | Superficie ( $m^2$ )       | 402                       |
|                                   | Propiedades térmicas       | Estimadas                 |
|                                   | Tipo de fachada            | Doble hoja con<br>cámara  |
|                                   | Cámara de aire             | Rellena de<br>aislamiento |
|                                   | Tipo de aislamiento<br>(m) | 0,05                      |
|                                   | Material aislamiento       | EPS                       |
|                                   | Orientación                | Noreste                   |
| Fachada<br>restaurante<br>noreste | Superficie ( $m^2$ )       | 69,38                     |
|                                   | Propiedades térmicas       | Estimadas                 |
|                                   | Tipo de fachada            | Doble hoja con<br>cámara  |
|                                   | Cámara de aire             | Rellena de<br>aislamiento |
|                                   | Tipo de aislamiento<br>(m) | 0,05                      |
|                                   | Material aislamiento       | EPS                       |
|                                   | Orientación                | Noreste                   |
| Fachada<br>restaurante<br>norte   | Superficie ( $m^2$ )       | 55,5                      |
|                                   | Propiedades térmicas       | Estimadas                 |
|                                   | Tipo de fachada            | Doble hoja con<br>cámara  |
|                                   | Cámara de aire             | Rellena de<br>aislamiento |

|                              |                              |                        |
|------------------------------|------------------------------|------------------------|
|                              | Tipo de aislamiento (m)      | 0,05                   |
|                              | Material aislamiento         | EPS                    |
|                              | Orientación                  | Norte                  |
| Fachada restaurante suroeste | Superficie (m <sup>2</sup> ) | 69,38                  |
|                              | Propiedades térmicas         | Estimadas              |
|                              | Tipo de fachada              | Doble hoja con cámara  |
|                              | Cámara de aire               | Rellena de aislamiento |
|                              | Tipo de aislamiento (m)      | 0,05                   |
|                              | Material aislamiento         | EPS                    |
|                              | Orientación                  | Suroeste               |

Tabla 3.19 Características técnicas de las fachadas (Fuente: Elaboración propia)

Los muros de fachada del edificio del balneario sólo poseen una hoja sin aislamiento como consecuencia de la antigüedad de este, siendo un posible unto de fuga de calor por su cercanía al río, y por tanto una alta humedad.

El resto de los muros de fachada, al ser de construcción más contemporánea que el balneario, ya poseen doble hoja con cámara de aire, suponiéndose un relleno para esta cámara de 5 cm (0,05 m) de Poliestireno Expandido (en lo sucesivo, EPS). Otro elemento importante que valorar es la orientación de las fachadas, influyendo también en las ventanas por transmitancia de calor y horas de luz natural, por la producción de “puntos fríos” donde es necesario mayor aporte de calor, produciéndose un aumento de coste térmico y económico, reduciendo la eficiencia energética.

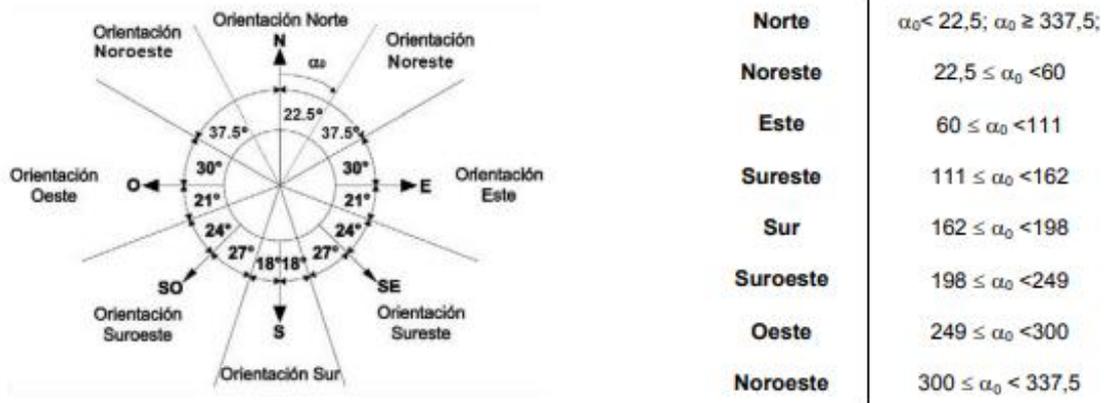


Imagen 3.12 Ángulos de orientación de fachadas (Fuente: CTE)

Dichas orientaciones son calculadas de manera gráfica, pudiéndose distorsionar los ángulos entre el norte geográfico y la normal de la fachada estudiada.

La casuística de las ventanas constituyentes del edificio es similar a los dos elementos anteriores citados, estimándose las dimensiones de éstas y la proporción del marco de la ventana, a su vez se estiman las propiedades térmicas del vidrio, siendo éste de tipo doble, recubierto por un marco de ventana de PVC de color blanco, confiriéndose un valor de absorptividad de radiación solar de 0,3; además de una permeabilidad de hueco estanca con valor  $50 \frac{m^3}{h \cdot m^2}$ .

Los cristales suponen un punto de fuga de calor por lo que es importante una buena estanqueidad y su orientación para la reducción de este efecto.

| Orientación SUROESTE |                                 |           |
|----------------------|---------------------------------|-----------|
| Unidades             | Características de las ventanas |           |
| 24                   | Longitud*Altura (m*m)           | 1,25*2,10 |
|                      | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 2,63      |
|                      | Porcentaje de marco (%)         | 20        |
| 3                    | Longitud*Altura (m*m)           | 1,5*2,40  |
|                      | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 3,6       |

ÁLVARO PÉREZ SOBRINO

|   |                              |           |
|---|------------------------------|-----------|
|   | Porcentaje de marco (%)      | 20        |
| 2 | Longitud*Altura (m*m)        | 1,1*2,00  |
|   | Superficie (m <sup>2</sup> ) | 2,2       |
|   | Porcentaje de marco (%)      | 20        |
| 1 | Longitud*Altura (m*m)        | 1,6*3,50  |
|   | Superficie (m <sup>2</sup> ) | 5,6       |
|   | Porcentaje de marco (%)      | 40        |
| 2 | Longitud*Altura (m*m)        | 1,3*1,50  |
|   | Superficie (m <sup>2</sup> ) | 1,95      |
|   | Porcentaje de marco (%)      | 20        |
| 1 | Longitud*Altura (m*m)        | 1,5*2,20  |
|   | Superficie (m <sup>2</sup> ) | 3,30      |
|   | Porcentaje de marco (%)      | 20        |
| 1 | Longitud*Altura (m*m)        | 22,7*2,75 |
|   | Superficie (m <sup>2</sup> ) | 62,42     |
|   | Porcentaje de marco (%)      | 10        |
| 1 | Longitud*Altura (m*m)        | 18,5*2,20 |



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

|    |                           |         |
|----|---------------------------|---------|
|    | Superficie ( $m^2$ )      | 40,7    |
|    | Porcentaje de marco (%)   | 10      |
| 1  | Longitud*Altura ( $m*m$ ) | 3*2     |
|    | Superficie ( $m^2$ )      | 3       |
|    | Porcentaje de marco (%)   | 10      |
| 8  | Longitud*Altura ( $m*m$ ) | 1*1,3   |
|    | Superficie ( $m^2$ )      | 1,3     |
|    | Porcentaje de marco (%)   | 10      |
| 2  | Longitud*Altura ( $m*m$ ) | 1,5*1,8 |
|    | Superficie ( $m^2$ )      | 2,7     |
|    | Porcentaje de marco (%)   | 25      |
| 15 | Longitud*Altura ( $m*m$ ) | 1,2*2   |
|    | Superficie ( $m^2$ )      | 2,4     |
|    | Porcentaje de marco (%)   | 25      |
| 7  | Longitud*Altura ( $m*m$ ) | 2,2*2   |
|    | Superficie ( $m^2$ )      | 2,4     |
|    | Porcentaje de marco (%)   | 20      |

ÁLVARO PÉREZ SOBRINO

|                        |  |           |
|------------------------|--|-----------|
| 5                      | Longitud*Altura<br>(m*m)               | 2,4*2,2   |
|                        | Superficie (m <sup>2</sup> )           | 5,28      |
|                        | Porcentaje de marco<br>(%)             | 15        |
| <b>Orientación SUR</b> |  |           |
| <b>Unidades</b>        | <b>Características de las ventanas</b> |           |
| 2                      | Longitud*Altura<br>(m*m)               | 1,25*2,10 |
|                        | Superficie (m <sup>2</sup> )           | 2,63      |
|                        | Porcentaje de marco<br>(%)             | 20        |
| 1                      | Longitud*Altura<br>(m*m)               | 2,10*2,30 |
|                        | Superficie (m <sup>2</sup> )           | 4,83      |
|                        | Porcentaje de marco<br>(%)             | 15        |
| 5                      | Longitud*Altura<br>(m*m)               | 2,20*2,00 |
|                        | Superficie (m <sup>2</sup> )           | 4,40      |
|                        | Porcentaje de marco<br>(%)             | 20        |
| 6                      | Longitud*Altura<br>(m*m)               | 2,00*2,00 |
|                        | Superficie (m <sup>2</sup> )           | 4,00      |
|                        | Porcentaje de marco<br>(%)             | 25        |
| 2                      | Longitud*Altura<br>(m*m)               | 0,5*2     |



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

|                     |                           |           |
|---------------------|---------------------------|-----------|
|                     | Superficie ( $m^2$ )      | 1         |
|                     | Porcentaje de marco (%)   | 20        |
| 7                   | Longitud*Altura ( $m*m$ ) | 1,2*2,00  |
|                     | Superficie ( $m^2$ )      | 2,40      |
|                     | Porcentaje de marco (%)   | 20        |
| 1                   | Longitud*Altura ( $m*m$ ) | 0,40*0,40 |
|                     | Superficie ( $m^2$ )      | 0,16      |
|                     | Porcentaje de marco (%)   | 15        |
| 12                  | Longitud*Altura ( $m*m$ ) | 1,30*1,20 |
|                     | Superficie ( $m^2$ )      | 1,56      |
|                     | Porcentaje de marco (%)   | 20        |
| 4                   | Longitud*Altura ( $m*m$ ) | 1,5*1,8   |
|                     | Superficie ( $m^2$ )      | 2,7       |
|                     | Porcentaje de marco (%)   | 20        |
| 8                   | Longitud*Altura ( $m*m$ ) | 1*1,3     |
|                     | Superficie ( $m^2$ )      | 1,3       |
|                     | Porcentaje de marco (%)   | 20        |
| Orientación SURESTE |                           |           |

ÁLVARO PÉREZ SOBRINO

| Unidades                   | Características de las ventanas |           |
|----------------------------|---------------------------------|-----------|
| 1 puerta recep.            | Longitud*Altura (m*m)           | 2,5*3     |
|                            | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 7,5       |
|                            | Porcentaje de marco (%)         | 20        |
| 6                          | Longitud*Altura (m*m)           | 1,50*0,5  |
|                            | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 0,75      |
|                            | Porcentaje de marco (%)         | 15        |
| 1                          | Diámetro (m)                    | 1,20      |
|                            | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 1,13      |
|                            | Porcentaje de marco (%)         | 15        |
| 2                          | Longitud*Altura (m*m)           | 1,10*2,10 |
|                            | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 2,31      |
|                            | Porcentaje de marco (%)         | 20        |
| <b>Orientación NORESTE</b> |                                 |           |
| Unidades                   | Características de las ventanas |           |
| 12                         | Longitud*Altura (m*m)           | 1,25*2,10 |
|                            | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 2,63      |
|                            | Porcentaje de marco (%)         | 20        |



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

|    |                                       |           |
|----|---------------------------------------|-----------|
| 1  | Longitud*Altura<br>(m*m) (Triangular) | 3,00*2,00 |
|    | Superficie ( $m^2$ )                  | 3         |
|    | Porcentaje de marco<br>(%)            | 15        |
| 5  | Longitud*Altura<br>(m*m)              | 3,00*2,20 |
|    | Superficie ( $m^2$ )                  | 6,60      |
|    | Porcentaje de marco<br>(%)            | 15        |
| 20 | Longitud*Altura<br>(m*m)              | 1,00*1,30 |
|    | Superficie ( $m^2$ )                  | 1,30      |
|    | Porcentaje de marco<br>(%)            | 20        |
| 2  | Longitud*Altura<br>(m*m)              | 0,4*0,4   |
|    | Superficie ( $m^2$ )                  | 0,16      |
|    | Porcentaje de marco<br>(%)            | 20        |
| 6  | Longitud*Altura<br>(m*m)              | 1,20*2,00 |
|    | Superficie ( $m^2$ )                  | 2,40      |
|    | Porcentaje de marco<br>(%)            | 20        |
| 5  | Longitud*Altura<br>(m*m)              | 2,40*2,20 |
|    | Superficie ( $m^2$ )                  | 0,16      |



ÁLVARO PÉREZ SOBRINO

|                   |                                 |           |
|-------------------|---------------------------------|-----------|
|                   | Porcentaje de marco (%)         | 15        |
| 2                 | Longitud*Altura (m*m)           | 0,50*2,00 |
|                   | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 1,00      |
|                   | Porcentaje de marco (%)         | 20        |
| Orientación NORTE |                                 |           |
| Unidades          | Características de las ventanas |           |
| 2                 | Longitud*Altura (m*m)           | 1,25*2,10 |
|                   | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 2,63      |
|                   | Porcentaje de marco (%)         | 20        |
| 4                 | Longitud*Altura (m*m)           | 1,40*2,40 |
|                   | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 3,36      |
|                   | Porcentaje de marco (%)         | 15        |
| 1                 | Longitud*Altura (m*m)           | 2,20*2,00 |
|                   | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 4,40      |
|                   | Porcentaje de marco (%)         | 20        |
| 2                 | Longitud*Altura (m*m)           | 2,00*2,00 |
|                   | Superficie (m <sup>2</sup> )    | 4,00      |
|                   | Porcentaje de marco (%)         | 25        |



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

|    |                            |           |
|----|----------------------------|-----------|
| 1  | Longitud*Altura<br>(m*m)   | 3,00*2,00 |
|    | Superficie ( $m^2$ )       | 6         |
|    | Porcentaje de marco<br>(%) | 20        |
| 16 | Longitud*Altura<br>(m*m)   | 1,2*2,00  |
|    | Superficie ( $m^2$ )       | 2,40      |
|    | Porcentaje de marco<br>(%) | 20        |
| 1  | Longitud*Altura<br>(m*m)   | 0,40*0,40 |
|    | Superficie ( $m^2$ )       | 0,16      |
|    | Porcentaje de marco<br>(%) | 15        |
| 1  | Longitud*Altura<br>(m*m)   | 1,30*1,20 |
|    | Superficie ( $m^2$ )       | 1,56      |
|    | Porcentaje de marco<br>(%) | 20        |
| 2  | Longitud*Altura<br>(m*m)   | 1,5*1,8   |
|    | Superficie ( $m^2$ )       | 2,7       |
|    | Porcentaje de marco<br>(%) | 20        |
| 6  | Longitud*Altura<br>(m*m)   | 1*1,3     |
|    | Superficie ( $m^2$ )       | 1,3       |



ÁLVARO PÉREZ SOBRINO

|   |                              |           |
|---|------------------------------|-----------|
|   | Porcentaje de marco (%)      | 20        |
| 1 | Longitud*Altura (m*m)        | 5,00*2,70 |
|   | Superficie (m <sup>2</sup> ) | 13,5      |
|   | Porcentaje de marco (%)      | 10        |

| Unidades | Características de los lucernarios |           |
|----------|------------------------------------|-----------|
| 1        | Longitud*Altura (m*m)              | 0,40*0,80 |
|          | Superficie (m <sup>2</sup> )       | 0,64      |
|          | Porcentaje de marco (%)            | 20        |
| 9        | Longitud*Altura (m*m)              | 1,10*1,20 |
|          | Superficie (m <sup>2</sup> )       | 1,32      |
|          | Porcentaje de marco (%)            | 20        |
| 5        | Longitud*Altura (m*m)              | 3,00*3,00 |
|          | Superficie (m <sup>2</sup> )       | 9,00      |
|          | Porcentaje de marco (%)            | 30        |

Tabla 3.20 Características de las ventanas del hotel (Fuente: Elaboración propia)

En CE3X se incluyen las instalaciones productoras de servicios como calefacción, refrigeración, iluminación, ACS y ventilación. En este edificio, como se ha descrito en apartados anteriores posee dos calderas de propano, las cuales se han ajustado en el programa a un combustible GLP por su similitud con el propano, debido a que éste no está en la base de datos, el sistema de iluminación, los sistemas de bombeo de agua y la climatización mediante bomba de calor.

La ventilación no se ha incluido en este estudio por no tener suficiente, a pesar de ser un factor relevante en el mismo.

Cada caldera cubre una demanda de ACS de 5.395 m<sup>2</sup>, es decir 50%, y 785,51 m<sup>2</sup> en materia de calefacción, representando un 7,28% de la instalación, siendo las bombas de



calor de volumen de refrigerante variable (en lo sucesivo, VRV) las encargadas de la climatización del complejo.

Existen 4 bombas de calor que climatizan las plantas 2 y 3 del hotel, equivaliendo a una superficie de  $483,39 \text{ m}^2$  para calefactar y de  $483,39 \text{ m}^2$  para refrigerar, repercutiendo en un 4,48% cada una, las 3 bombas de calor VRV restantes climatizan aseos, salas de masajes, gimnasio y toda la planta 0 del hotel, constituyendo una superficie de aplicación de  $750,98 \text{ m}^2$  en calefacción y siendo la misma para refrigeración, cuyo impacto en el edificio es de 6,96% en ambos casos.

El sistema de bombeo de agua, referido en la tabla 3.21 se considera de caudal constante y sus propiedades estimadas, aproximándose sus horas de uso medias semanales.

| Instalación        | Características de los equipos  |  | Unidades |
|--------------------|---------------------------------|--|----------|
| Calefacción y ACS  | Tipo de generador               | Estándar                                       | 2        |
|                    | Tipo de combustible             | GLP  |          |
|                    | Rendimiento estacional          | Estimado                                       |          |
|                    | Potencia nominal (kW)           | 700  |          |
|                    | Carga media real $\beta_{cmb}$  | 0,20   |          |
|                    | Rendimiento de combustión (%)   | 90   |          |
|                    | Aislamiento de la caldera       | Sin aislamiento                                |          |
| Bomba de calor VRV | Tipo de generador               | Bomba de calor de caudal refrigerante variable | 9        |
|                    | Tipo de combustible             | Electricidad                                   |          |
|                    | Rendimiento estacional          | Estimado                                       |          |
|                    | Antigüedad del equipo           | Entre 1994 y 2013                              |          |
|                    | Rendimiento nominal calefacción | 220  |          |
|                    | Rendimiento nominal calefacción | 220  |          |



|           |                         |                           |    |
|-----------|-------------------------|---------------------------|----|
| Bombeo    | Tipo de bomba           | Bomba de caudal constante | 22 |
|           | Servicio                | ACS                       |    |
|           | Consumo energético      | Estimado                  |    |
|           | Potencia eléctrica (kW) | 1,91                      |    |
|           | Nº de horas de demanda  | 24                        |    |
| Bombeo    | Tipo de bomba           | Bomba de caudal constante | 6  |
|           | Servicio                | ACS                       |    |
|           | Consumo energético      | Estimado                  |    |
|           | Potencia eléctrica (kW) | 6,60                      |    |
|           | Nº de horas de demanda  | 24                        |    |
| Soplantes | Tipo de bomba           | Bomba de caudal constante | 6  |
|           | Servicio                | ACS                       |    |
|           | Consumo energético      | Estimado                  |    |
|           | Potencia eléctrica (kW) | 1,75                      |    |
|           | Nº de horas de demanda  | 20                        |    |

*Tabla 3.21 Características de los equipos en CE3X (Fuente: Elaboración propia)*

Como resultado de la parametrización, se obtiene una calificación energética basada en letras y colores como se describe en el apartado 2.3 de este documento.

Este edificio posee una calificación D, siendo sus emisiones de  $CO_2$  por  $m^2$  inferiores a  $9,3 \frac{KgCO_2}{m^2}$ , concretamente  $8,2 \frac{KgCO_2}{m^2}$ , concluyendo que este edificio se encuentra en un nivel intermedio en materia de emisiones y eficiencia energética.

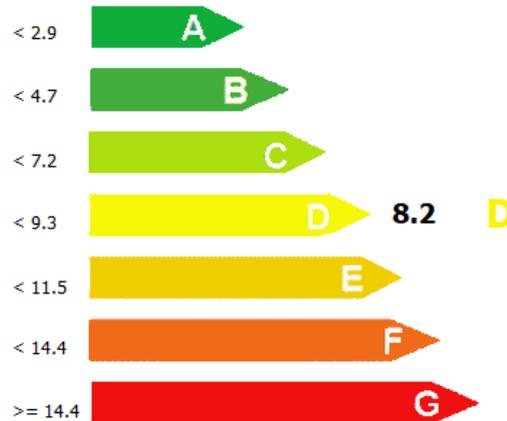


Imagen 3.13 Calificación energética del hotel (Fuente: CE3X)

CE3X, simultáneamente proporciona unos valores tanto de demanda energética como de emisiones para esas demandas.

Las zonas de demanda energética están estrechamente relacionadas con la zona climática en la que se ubica el edificio, la orientación de los muros de fachada, la envolvente térmica y el uso que se le otorga al edificio entre muchos más factores, mientras que las emisiones dependen del consumo energético asociado a la demanda del establecimiento y de las características de los equipos generadores.

Como se puede observar en la imagen 3.14, las emisiones para los sistemas de calefacción y producción de ACS tienen la peor calificación, G, con valores de  $3 \frac{KgCO_2}{m^2}$  y  $0,9 \frac{KgCO_2}{m^2}$  respectivamente, a su vez la demanda de calefacción es calificada con la misma valoración con uso energético de  $12,3 \frac{kWh}{m^2}$ .

La demanda de refrigeración y sus emisiones cuentan con mejor calificación que el resto de los elementos, siendo C la calificación para la demanda de refrigeración con un valor de  $24 \frac{kWh}{m^2}$  y con la letra B las emisiones pertenecientes de la refrigeración con parámetro de  $4,2 \frac{KgCO_2}{m^2}$ .

|  |                       |          |
|--|-----------------------|----------|
| <b>Demanda de calefacción</b><br>(kWh/m <sup>2</sup> )                     | <b>12.3</b>           | <b>G</b> |
| <b>Demanda de refrigeración</b><br>(kWh/m <sup>2</sup> )                   | <b>24.0</b>           | <b>C</b> |
| <b>Emisiones de calefacción</b><br>(kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )   | <b>3.0</b>            | <b>G</b> |
| <b>Emisiones de refrigeración</b><br>(kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ) | <b>4.2</b>            | <b>B</b> |
| <b>Emisiones de ACS</b><br>(kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )           | <b>0.9</b>            | <b>G</b> |
| <b>Emisiones de iluminación</b><br>(kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )   | <b>No calificable</b> |          |

Imagen 3.14 Valores de emisiones y calificación en CE3X (Fuente: CE3X)

## 4. ANÁLISIS DE PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA

Para la obtención de una mejor calificación energética es necesario invertir en mejoras energéticas para de esta manera seguir siendo un hotel competitivo económicamente, además de la buena imagen proporcionada por la empleabilidad de energías de carácter renovable.

A continuación, se mostrarán todos los aspectos y equipos sujetos a mejoras para realizar un consumo energético eficiente de los mismos sin disminuir el confort aportado a los usuarios, así como la metodología empleada para la elección de la mejor alternativa.

### 4.1. METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Antes de proceder a exponer las propuestas de mejora, es necesario definir las características a tener en cuenta para que la alternativa se considere apta o no apta para su implantación, independientemente de su rentabilidad económica. Por esta razón, se explicitan varios ítems a los cuales se le asigna una valoración entre el 0 (peor valoración) y 10 (mejor valoración), para después proceder a la suma de todas las calificaciones, siendo la mejor alternativa la que posea el sumatorio más elevado.

Los ítems determinantes de las alternativas a seleccionar son: renovable, impacto ambiental, climatología, espacio, mantenimiento, inversión, coste de operaciones, restricciones normativas.

### 4.2. ILUMINACIÓN

#### 4.2.1. *Luminarias*

Como se ha expuesto en el apartado 3.4, existe una diversidad de luminarias de las cuales muchas no cumplen con los estándares de eficiencia energética por lo que es necesaria una revisión y sustitución de éstas por lámparas eficientes, cuyo consumo es bastante menor respecto de las instaladas, confiriendo el mismo confort.

La tecnología adecuada para adaptar las luminarias a la eficiencia energética es la tecnología LED, la cual está basada en el paso de la corriente eléctrica por una banda de conducción en el interior de un diodo, donde los electrones pierden energía y se transforman en fotones, desprendiéndose la luz. Con el paso de los años, esta tecnología ha avanzado velozmente y ha descendido algo su precio, haciendo a estas luminarias más competitivas en el mercado que hace 10 años. [33]

Las ventajas de esta tecnología se presentan a continuación:

- ❖ Precio medio-alto
- ❖ Reducción del consumo eléctrico en un 85%
- ❖ Vida útil longeva de hasta 100.000 horas en el caso más favorable
- ❖ Variedad de temperaturas y colores
- ❖ Bajo mantenimiento



- ❖ Producción de calor inexistente por transmisión
- ❖ No utilización de materiales venenosos como mercurio

Aun así, esta tecnología tiene desventajas como las mostradas en las siguientes líneas

- ❖ No está estandarizada su duración
- ❖ Falta de estandarización en la fabricación
- ❖ Baja potencia lumínica
- ❖ Generación de calor en el semiconductor de unión [34]

Dadas estas razones, se observa que la relación beneficio-gasto es positiva haciendo propicia la instalación de esta tecnología.

El criterio de cambio de luminaria viene dado por la eficiencia luminosa, relacionando el flujo luminoso y la potencia nominal de la lámpara, teniendo las siguientes unidades:  $\frac{lm}{W}$ . En la tabla adjunta se muestra la relación promedio para cada tipo de luminaria [35].

| Tipología                        | Eficiencia luminosa ( $\frac{lm}{W}$ ) |
|----------------------------------|--|
| Lámpara incandescente            | 12                                     |
| Halógenos                        | 20                                     |
| Lámparas fluorescentes compactas | 60                                     |
| Tubos fluorescentes              | 60                                     |
| Bombillas de bajo consumo        | 60                                     |
| LED                              | 100                                    |

Tabla 4.1 Eficiencia luminosa de las luminarias (Fuente: Elaboración propia)

Mediante los valores expuestos en la tabla anterior, se consigue la potencia de las lámparas LED para obtener la misma calidad de iluminación para el mismo número de huecos.

| Tipología | Lámpara fluorescente | Downlight halógeno (35W) | Bombillas bajo consumo (12W)* | Tubo fluorescente (36W)* |
|-----------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|
|           |                      |                          |                               |                          |

|   | compacta<br>(13W) |         |         |         |
|---|-------------------|---------|---------|---------|
| Unidades  | 280               | 520     | 420     | 160     |
| Potencia total<br>(W)                                     | 3.640             | 18.200  | 5.040   | 5.760   |
| Eficiencia<br>luminosa<br>$\left(\frac{lm}{W}\right)$     | 60                | 20      | 60      | 60      |
| Flujo<br>luminoso<br>(lm)                                 | 218.400           | 364.000 | 302.400 | 345.600 |
| Eficiencia<br>luminosa<br>LED $\left(\frac{lm}{W}\right)$ | 100               |         |         |         |
| Potencia total<br>con LED (W)                             | 2.184             | 3.640   | 3.024   | 3.456   |
| Unidades<br>LED   | 280               | 520     | 420     | 160     |
| Potencia<br>unidad LED<br>$\left(\frac{W}{ud}\right)$     | 7,8               | 7       | 7,2     | 21,6    |
| Ahorro de<br>potencia (%)                                 | 40                | 80      | 40      | 40      |

Tabla 4.2 Características de las luminarias y potencial ahorro (Fuente: Elaboración propia)

\* Al desconocerse la cantidad exacta de luminarias para cada potencia se ha estimado un valor medio.

La potencia total instalada estimada antes de la propuesta de mejora, sin contar con los downlights LED existentes, es de 32.640 W, mientras que, con la aplicación de la medida, esa potencia se reduce a 12.304 W, traduciéndose en un ahorro de potencia de 62,30%.

En las siguientes líneas se expondrá el coste de instalar esta propuesta de mejora, desarrollándose en el apartado 5.2.1 la viabilidad de la misma.

Los costes expuestos a continuación se derivan de la observación de estudios similares y fabricantes, así como aplicación de software de precios. Para obtener una mayor



comodidad en la lectura de la tabla, se han aplicado varias abreviaturas: lámparas fluorescentes compactas (LFC), downlight halógeno (DH), bombilla de bajo consumo (BBC), tubo fluorescente (TF), oficial electricista (OE), ayudante de electricista (AE) e impuesto sobre el valor añadido (IVA).

| Elemento   | Unidades   | Rendimiento | Precio unitario [36] | Importe (€) |
|------------|------------|-------------|----------------------|-------------|
| LFC        | Ud         | 280         | 10,00                | 2.800       |
| DH         | Ud         | 520         | 30,00                | 15.600      |
| BBC        | Ud         | 420         | 3,50                 | 1.470       |
| TF         | Ud         | 160         | 9,00                 | 1.440       |
| Subtotal 1 |            |             |                      | 21.310      |
| OE         | h          | 50          | 20,48                | 1.024       |
| AE         | h          | 50          | 18,88                | 944         |
| Subtotal 2 |            |             |                      | 1.968       |
| Subtotal 3 |            |             |                      | 23.278      |
| IVA        | Porcentaje | 21          |                      | 4.888,38    |
| TOTAL      |            |             |                      | 28.166,38   |

Tabla 4.3 Coste estimado de la mejora en iluminación (Fuente: Elaboración propia)

Como se ha desglosado en la tabla anterior, el coste total de la inversión alcanza los 28.166,38 euros.

#### 4.2.2. Sistema de control de iluminación

Otro aspecto de gran valor a integrar en el edificio es un sistema de control de la iluminación con el cual regular el consumo eléctrico diario aportado por las luminarias, como consecuencia de la falta de conciencia energética del personal, permaneciendo estancias vacías encendidas durante largos periodos de tiempo, aumentando de esta manera el consumo.

Los sistemas de control de iluminación se componen de tres elementos, controladores, actuadores y sensores, los cuales se procede a describir a continuación.

- ❖ Controladores: elemento encargado del control de la instalación mediante la comparación de las señales aportadas por los sensores y envío de la orden a los actuadores de las lámparas.
- ❖ Actuadores: dispositivo ejecutor de la orden enviada por los controladores.
- ❖ Sensores: elemento sensible al estímulo, creándose un impulso en forma de orden hacia los controladores. Existen diversos sensores, destacando los sensibles a la iluminación, al sonido y al movimiento, siendo posible su programación para realizar un ciclo encendido/apagado por horas. [37]

Este edificio, debido a sus características de uso, no hace posible la instalación de dispositivos reguladores por control horario, tampoco es eficiente la implantación de sensores lumínicos por la amplia cantidad de zonas sin huecos que permitan la entrada de luz natural, haciendo imposible su regulación. Los sensores por sonido tampoco son los más adecuados por la gran cantidad de estímulos sonoros presentes durante todo el día, pudiéndose dar el sonido en otro lugar del recinto y ser captado por un sensor opuesto a éste.

El sistema para realizar un control óptimo es a través de sensores sensibles a la presencia debido al gran flujo de clientes y personal que circula por el establecimiento diariamente, consiguiendo la reducción de horas de consumo.

Una solución integral es la implementación de un sistema de comunicaciones consistente en la creación de una red de comunicación entre las distintas luminarias, sensores y controladores formando un bus de comunicaciones, siendo esta red cableada o no cableada. Este bus está conformado por varios elementos que emplean un mismo protocolo de comunicación, KNX o DALI, enviando las señales recogidas por los sensores a los controladores y estos a los actuadores, pudiéndose controlar independientemente, asimismo poseen un software de control en caso de que se le añadan otros sistemas a controlar como sistemas de consumo eléctrico y térmico.

En el caso de protocolo DALI, se pueden acoplar hasta 64 luminarias para después agruparse en grupos de 16, por lo tanto, cabe la posibilidad de programar 16 escenas luminosas diferentes, modificándose sin ningún inconveniente. [38]

Para esta casuística, en la que hay 2.000 luminarias instaladas, son necesarios la instalación de 31 controladores para cubrir todas las estancias y locales de trabajo, además de sensores de presencia mediante infrarrojos cada 30 metros para cubrir toda la superficie del hotel, resultando una instalación de 75 sensores de presencia.

Estos sistemas pueden alcanzar hasta un 50% de ahorro energético con un uso razonable de los mismos según las empresas líderes en este ámbito. No deja de ser una estimación, debido a que es complicado deducir el ahorro hasta su instalación dependiendo de las horas de uso.

El coste de la inversión se define a continuación, donde se desglosa todos los elementos intervinientes, los detectores de presencia y los mandos a distancia que los configuran, así como el coste de la mano de obra del oficial de primera electricista (OE) y el ayudante de electricista (AE).



| Elemento                | Unidades   | Rendimiento | Precio unitario<br>[36] | Importe (€) |
|-------------------------|------------|-------------|-------------------------|-------------|
| Detectores de presencia | Ud         | 75          | 114,31                  | 8.573,25    |
| Mandos a distancia      | Ud         | 25          | 37,10                   | 927,50      |
| Subtotal 1              |            |             |                         | 9.500,75    |
| OE                      | h          | 60          | 20,48                   | 1.228,80    |
| AE                      | h          | 60          | 18,88                   | 1.132,80    |
| Subtotal 2              |            |             |                         | 2.361,60    |
| Subtotal 3              |            |             |                         | 11.862,35   |
| IVA                     | Porcentaje | 21          |                         | 2.491,09    |
| TOTAL                   |            |             |                         | 14.353,44   |

Tabla 4.4 Coste de implantación del sistema de control de iluminación

### 4.3. GENERACIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN

Un factor importante a la hora de proponerse el ahorro energético es la sustitución del combustible aportado para la generación de ACS y calefacción e incluso un cambio de tecnología, para así obtener una generación de carácter renovable.

En este apartado se van a tratar varias alternativas a considerar, las cuales se enuncian seguidamente:

- ❖ Alternativa 0: situación actual
- ❖ Alternativa 1: sustitución de gas propano por gas natural licuado
- ❖ Alternativa 2: sustitución de las calderas de gas propano por calderas de biomasa
- ❖ Alternativa 3: instalación de energía solar térmica

Para realizar la selección óptima, se aplica la metodología expuesta en el apartado 4.1, para después estudiarse la viabilidad económica de la alternativa seleccionada.



#### 4.3.1. Alternativa 0: Situación actual

Esta alternativa expone el mantenimiento del sistema empleado actualmente para generar ACS y calefacción a través de la combustión de gas propano.

La instalación actual del hotel está diseñada para aguantar una gran carga horaria, así como una gran demanda de ACS y calefacción simultáneamente, procurando una inversión en mantenimiento razonable para la antigüedad de los equipos empleados y el alto uso que se les otorga.

El combustible utilizado proviene del refinado del petróleo, ergo su procedencia no es de carácter renovable suponiendo un inconveniente para el medio-largo plazo de las calderas tanto por las emisiones de  $CO_2$  como por el endurecimiento de las normativas climáticas.

Respecto a las emisiones se han tenido en cuenta los factores de emisiones para la electricidad de  $0,331 \frac{Kg CO_2}{kWh}$  y  $0,254 \frac{Kg CO_2}{kWh}$  para propano, situando a esta alternativa en unas emisiones totales de para 675,13 toneladas de  $CO_2$  para el periodo de 2021 exclusivamente con propano. [39]

Por este motivo, el impacto ambiental es considerable en materia emisiva, siendo sin embargo positiva en materia de ruidos y visual, pero primando la contribución al cambio climático.

A nivel climatológico tanto las calderas como los depósitos situados en el exterior no sufren consecuencias graves siendo conveniente realizar labores de mantenimiento a estos últimos con periodos más cercano temporalmente. Las calderas no sufren afecciones climáticas por situarse en una estancia concreta para ellas, existiendo espacio para su ubicación y manipulación por el servicio de mantenimiento y revisión.

Un aspecto importante es la inversión en las calderas y depósitos al recibir mantenimiento constante se reduce la posibilidad de una fuerte inversión en mejoras, siendo el coste de operaciones mucho más potente, suponiendo un alto coste al hotel anualmente. Este coste se incrementará a lo largo de los años por la reducción de productos petrolíferos, mayor restricción en emisiones de efecto invernadero y conflictos geoestratégicos como el vivido durante la redacción del presente estudio entre Rusia y Ucrania.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las calificaciones desglosados y la calificación total.

| Criterio          | Calificación |
|-------------------|--------------|
| Renovable         | 0            |
| Impacto Ambiental | 3            |
| Climatología      | 8            |
| Espacio           | 8            |



|                          |    |
|--------------------------|----|
| Mantenimiento            | 8  |
| Inversión                | 9  |
| Coste de operaciones     | 4  |
| Restricciones normativas | 4  |
| TOTAL                    | 46 |

Tabla 4.5 Calificación de la Alternativa 0 (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.3.2. Alternativa 1: Sustitución de calderas de propano por calderas de condensación de gas natural

En esta alternativa se propone la sustitución de las calderas de propano por calderas de condensación cuyo combustible a utilizar sea gas natural.

##### Criterio 1: Renovable

Actualmente, el gas natural está considerado por la Comisión Europea como fuente de energía verde, pero a pesar de esta etiqueta, el gas natural está considerado como un recurso no renovable.

La puntuación para este criterio es de un valor de 1 sobre 10, después de los argumentos expuestos.

##### Criterio 2: Impacto Ambiental

Una de las motivaciones de este cambio es la reducción de emisiones a la atmósfera a pesar del carácter no renovable del gas natural, considerándose una reducción porcentual de 19,69% respecto al propano, situándose el valor en toneladas de  $CO_2$  en 542,23 mediante la aplicación de un factor de emisiones para el gas natural de  $0,204 \frac{Kg CO_2}{kWh}$ . Por esta razón, el impacto ambiental tanto visual como acústico es reducido al igual que en la alternativa 0, reduciéndose a su vez el impacto emisor de gases. [39]

Estudiadas las razones, se estipula una calificación para este criterio de 7 sobre 10.

##### Criterio 3: Climatología

En el ámbito climatológico, las afecciones son reducidas para las calderas por su instalación en la sala habilitadas para ellas, debido a que los depósitos se eliminan por la conexión del gas natural a la red de distribución.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 10 sobre 10.

##### Criterio 4: Espacio

Las calderas de gas natural poseen unas dimensiones similares a las calderas de propano prescindiendo de cualquier tipo de obra de ampliación en el interior del edificio. Como consecuencia de la eliminación de los depósitos y el soterramiento de las tuberías de

conexión hasta el edificio, se genera un espacio aprovechable para ampliar las instalaciones superficiales, como, por ejemplo, el parking.

Una vez estudiados los argumentos expuestos, la evaluación para este criterio es de un valor de 10 sobre 10.

#### Criterio 5: Mantenimiento

El mantenimiento de las calderas es sencillo debido a que solo es necesario la comprobación del funcionamiento óptimo, además de contar con la revisión periódica de funcionamiento por parte de la empresa comercializadora.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 8 sobre 10.

#### Criterio 6: Inversión

La inversión a realizar es sobre el cambio de calderas, la instalación de la mismas y la obra de conexión a la red de distribución de gas de la zona.

Para la deducción de costes se han observado diferentes fabricantes, estudios y software para lograr un rango de valor, siendo el coste unitario de cada caldera de aproximadamente 12.000 euros. A este coste hay que añadir los costes de instalación de los equipos, lográndose un rango de coste total de 25.000 a 28.000 euros.

Al tratarse de una instalación de conexión, es necesaria la obra para crear una derivación en la tubería de gas canalizado a cargo del establecimiento, afectando a las instalaciones de manera temporal, estimándose un coste total para la ejecución de dicha obra de 12.000 euros, teniéndose en valor los costes por mano de obra, sistemas de detección, contadores y todo lo que conlleva la creación de una instalación de gas.

La norma exige la redacción de un proyecto técnico por lo que los gastos se incrementan al contratar a un equipo técnico para la redacción del mismo, ascendiendo la suma a 5.000 euros.

Por lo tanto, el coste total de la inversión inicial se estima en 45.000 euros. [36]

La calificación para este criterio es de un valor de 7 sobre 10, tras la observación de los motivos expuestos.

#### Criterio 7: Coste de operaciones

El coste operacional de este combustible fluctúa en función de los mercados dependientes de la geopolítica actual, aun así, sigue siendo un gas competitivo para generar energía térmica y en algunos aspectos energía eléctrica. Actualmente el coste unitario del gas natural canalizado se encuentra en valores entorno al 0,045 y 0,0615  $\frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ , suponiéndose para este caso un valor de 0,055  $\frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ . [40]

Este precio da lugar a un coste anual, tomando como referencia el consumo de 2021, de 146.188,46 euros, superando el coste para ese mismo periodo con propano un 8,25%, equivaliendo monetariamente en 11.138,51 euros.

A este criterio se le asigna un valor de 3 sobre 10, por las razones argumentadas anteriormente.



**Criterio 8: Restricciones normativas**

Otro factor a tener en valor es la normativa vigente, la cual se rige por el CTE y sus documentos básicos, aplicándose en estas circunstancias el documento referido al ahorro de energía.

En la normativa referente a instalaciones de gas, se estipula la redacción de un proyecto técnico al tratarse de una instalación de más de 70 kW, ergo, es necesario la redacción del mismo en esta casuística. La normativa, en materia de modificación de instalaciones es bastante detallada y estricta, limitando los pasos a seguir, además de la tramitación administrativa a efectuar tanto a la Administración como a la empresa distribuidora de gas.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 4 sobre 10.

CE3X distingue entre los dos usos que se le da a la instalación térmica, consecuentemente, el software propone la implantación de calderas de alta eficiencia, es decir, calderas de condensación para la generación de ACS, mostrándose el resultado seguidamente.

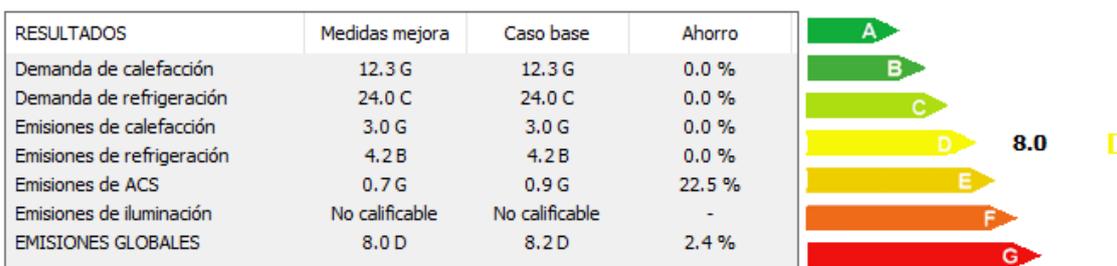


Imagen 4.1 Calificación energética para la Alternativa 1 (Fuente: CE3X)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las calificaciones desglosados y la calificación total.

| Criterio             | Calificación |
|----------------------|--------------|
| Renovable            | 1            |
| Impacto Ambiental    | 7            |
| Climatología         | 10           |
| Espacio              | 10           |
| Mantenimiento        | 8            |
| Inversión            | 7            |
| Coste de operaciones | 3            |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Restricciones normativas | 4  |
| TOTAL                    | 50 |

Tabla 4.6 Calificación de la Alternativa 1 (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.3.3. Alternativa 2: Sustitución de gas propano por biomasa densificada

La alternativa propuesta está motivada por la eliminación del propano como combustible a quemar para generar ACS, calefacción y climatización por biomasa.

La biomasa, puede ser clasificar de diferentes formas, siendo la propuesta de mejora la relativa a la aplicación de biomasa densificada (pellets) tanto por su poder calorífico ( $4,8 \frac{kWh}{Kg}$ ) como por su facilidad de almacenaje. [41]

##### Criterio 1: Renovable

Al igual que ocurre con el biogás, la biomasa es de carácter renovable siempre y cuando el ciclo sea nulo, además de parte de la biomasa procede de restos de podas y aserrines de empresas madereras, aprovechándose los residuos. En el caso de los pellets, éstos poseen su ciclo de tratamiento hasta convertirse en producto final para consumo, el cual no es objetivo de este estudio.

La puntuación para este criterio es de un valor de 10 sobre 10, después de los argumentos expuestos.

##### Criterio 2: Impacto Ambiental

Consiguientemente, las emisiones de  $CO_2$  para la biomasa densificada, las cuales tienen un factor de emisiones de  $0,018 \frac{Kg CO_2}{kWh}$  [39], procurando un valor anual, tomando como referencia el periodo del 2021 de 47,84 toneladas de  $CO_2$  equilibrándose con las toneladas captadas por los árboles en su periodo de actividad. Porcentualmente, este combustible supone una reducción de emisiones de 92,91%.

Asimismo, esta tecnología no genera ningún impacto acústico reseñable ni un impacto visual grave, exceptuando la instalación de un depósito del almacenamiento de los pellets.

Estudiadas las razones, se estipula una calificación para este criterio de 8 sobre 10.

##### Criterio 3: Climatología

A nivel climatológico, la biomasa puede sufrir una pérdida de eficiencia con la adquisición de humedad, siendo un factor importante como consecuencia dada la ubicación del hotel, contándose con precipitaciones moderadas y un río colindante a la finca.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 7 sobre 10.

##### Criterio 4: Espacio



En relación al espacio a ocupar en la finca, este sería mayor debido al tamaño de las calderas y del silo, obligando a realizar obras de reubicación sustituyendo los depósitos e incorporando el sistema de generación en el exterior perdiendo espacio externo y ganando espacio en el interior del establecimiento.

Una vez estudiados los argumentos expuestos, la evaluación para este criterio es de un valor de 3 sobre 10.

#### Criterio 5: Mantenimiento

El mantenimiento de esta tecnología conlleva más tiempo respecto otras tecnologías como consecuencia de la retirada de las cenizas producidas por la combustión de los pellets, así como la limpieza de partículas adheridas en los conductos de comunicación y el quemador. Respecto al mantenimiento general de la caldera se realiza en función de lo dispuesto en el RITE para calderas de biomasa, donde se explicitan las operaciones de mantenimiento de las mismas.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 7 sobre 10.

#### Criterio 6: Inversión

La inversión inicial es importante debido a que las calderas de biomasa son mucho más caras y grandes aun poseyendo la misma potencia nominal que las calderas de gas natural o propano. Asimismo, es obligatorio la instalación de un silo para almacenar los pellets hasta su consumo, así como automatizar la alimentación de las calderas mediante sistemas neumáticos o mecánicos, incrementándose el coste inicial.

Esta inversión ha sido calculada para la implementación de todos elementos intervinientes en la obtención de un funcionamiento óptimo, a través de la observación de distintos catálogos, estudios similares y simuladores de precios. El resultado de estos cálculos produce un coste de inversión inicial de cercano a 490.000 euros siendo el coste de solamente dos calderas (800 kWt cada una) en torno a 150.000 euros cada una, añadiendo posteriormente la obra para la retirada de los depósitos de propano y la colocación en este emplazamiento de dos módulos prefabricados con las calderas y sus correspondientes silos y la alimentación automática. Estos silos tendrán una capacidad cada uno de 45 m<sup>3</sup> para así obtener la autosuficiencia para realizar el mínimo de viajes de recarga anuales, los cuales incrementan el coste de esta tecnología. El coste de estos módulos se encuentra alrededor de 50.000 euros para unas medidas estándar, pero debido a las necesidades especiales del hotel y la gran altura de las calderas, se necesita un módulo hecho expreso para el consumidor rondando su precio los 70.000 euros cada uno, añadiéndose un coste de 5.900 euros para cada alimentador automático. Asimismo, es necesaria la obra dentro del local para adecuar la nueva instalación y redistribuir la red de tuberías de ACS y calefacción, la cual costaría sobre 6.000 euros.

Como consecuencia del tamaño de la obra, es obligatorio la redacción de un proyecto, con el consecuente estudio de instalación por parte de personal cualificado, añadiendo un coste de 6.000 euros. [36]

En todos estos precios se incluye la mano de obra y los impuestos correspondientes.

La calificación para este criterio es de un valor de 1 sobre 10, tras la observación de los motivos expuestos.

#### Criterio 7: Coste de operaciones

Los costes de operación dependen directamente del precio de los pellets a granel, el cual se encuentra en un valor cercano a  $175 \frac{\text{€}}{\text{t}}$ , concretamente  $174,59 \frac{\text{€}}{\text{t}}$  [42], igualmente se ha de valorar el poder calorífico, siendo el mencionado previamente en este apartado. A través de la relación de ambos, se obtiene el coste unitario para cubrir la demanda térmica del edificio, presuponiendo un consumo similar al del año 2021, el coste por kWh se sitúa en 0,0363729, deduciéndose un valor superiormente inferior respecto el propano, de esta manera se estima un coste anual de 96.678,19 euros.

A modo de recordatorio, el gasto anual del 2021 en gas propano, fue de 135.049,95 euros, produciéndose un ahorro económico anual estimado de 35.000 euros, visto de manera porcentual en un ahorro de entorno al 28%.

Hay que tener en cuenta el transporte de los pellets, ya que al tratarse de un volumen tan alto es necesario varios viajes o una empresa dispuesta a movilizar 6 camiones de 13 toneladas cada 5 días para cubrir un consumo estimado anual de 5.554 toneladas, reduciéndose de esta manera el margen de beneficio anual, además de la recogida de las cenizas por parte de los mismos. Como apostillamiento, el silo nunca sería vaciado en su totalidad para por eso nunca se movilizaría el transporte para llenar  $90 \text{ m}^3$ , siendo más rentable. [43]

A este criterio se le asigna un valor de 9 sobre 10, por las razones argumentadas anteriormente.

#### Criterio 8: Restricciones normativas

En el ámbito normativo, la instalación de calderas de biomasa han de cumplir varias exigencias como el espacio y tamaño donde se han de ubicar, la ventilación o la contribución mínima al sistema de ACS y climatización de piscinas, siendo ésta del 70% de la demanda mensual. Igualmente, el resto de norma a cumplir se encuentra en el RITE y las normas UNE. [27]

Actualmente la Administración, a través de los fondos europeos, colabora en la inversión, facilitando la transición energética.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 6 sobre 10.

CE3X distingue entre los dos usos que se le da a la instalación térmica, consecuentemente, se expone el resultado arrojado al introducir la propuesta de mejora tanto su calificación energética global como desglosada en emisiones y demanda energética, para ACS y calefacción.

La calificación energética, en este caso para ACS, es la expuesta a continuación:

| RESULTADOS                 | Medidas mejora | Caso base      | Ahorro |
|----------------------------|----------------|----------------|--------|
| Demanda de calefacción     | 12.3 G         | 12.3 G         | 0.0 %  |
| Demanda de refrigeración   | 24.0 C         | 24.0 C         | 0.0 %  |
| Emisiones de calefacción   | 3.0 G          | 3.0 G          | 0.0 %  |
| Emisiones de refrigeración | 4.2 B          | 4.2 B          | 0.0 %  |
| Emisiones de ACS           | 0.1 G          | 0.9 G          | 93.4 % |
| Emisiones de iluminación   | No calificable | No calificable | -      |
| EMISIONES GLOBALES         | 7.4 D          | 8.2 D          | 9.8 %  |

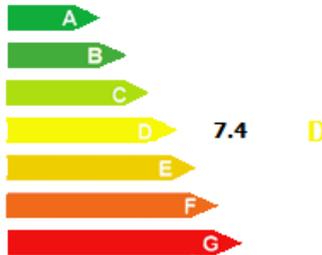


Imagen 4.2 Calificación energética para ACS de la Alternativa 3 (Fuente: CE3X)

A continuación, se muestra la calificación para la mejora de abastecimiento de calefacción mediante caldera de biomasa densificada.

| RESULTADOS                 | Medidas mejora | Caso base      | Ahorro |
|----------------------------|----------------|----------------|--------|
| Demanda de calefacción     | 12.3 G         | 12.3 G         | 0.0 %  |
| Demanda de refrigeración   | 24.0 C         | 24.0 C         | 0.0 %  |
| Emisiones de calefacción   | 0.3 B          | 3.0 G          | 90.9 % |
| Emisiones de refrigeración | 4.2 B          | 4.2 B          | 0.0 %  |
| Emisiones de ACS           | 0.9 G          | 0.9 G          | 0.0 %  |
| Emisiones de iluminación   | No calificable | No calificable | -      |
| EMISIONES GLOBALES         | 5.4 C          | 8.2 D          | 33.7 % |



Imagen 4.3 Calificación energética para calefacción de la Alternativa 3 (Fuente: CE3X)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las calificaciones desglosados y la calificación total.

| Criterio                 | Calificación |
|--------------------------|--------------|
| Renovable                | 10           |
| Impacto Ambiental        | 8            |
| Climatología             | 7            |
| Espacio                  | 3            |
| Mantenimiento            | 7            |
| Inversión                | 1            |
| Coste de operaciones     | 9            |
| Restricciones normativas | 6            |

|       |    |
|-------|----|
| TOTAL | 52 |
|-------|----|

Tabla 4.7 Calificación de la Alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.3.4. Alternativa 3: Instalación de energía solar térmica

Esta alternativa muestra la posibilidad de instalar paneles solares térmicos para la generación de ACS, exponiéndose en los siguientes puntos sus ventajas y desventajas para su instalación en el hotel.

##### Criterio 1: Renovable

La energía solar térmica tiene carácter renovable por lo que es ideal para la sustitución del sistema actual de origen no renovable.

La puntuación para este criterio es de un valor de 10 sobre 10, después de los argumentos expuestos.

##### Criterio 2: Impacto Ambiental

En el ámbito ambiental, la instalación de paneles solares puede conllevar un impacto visual hacia las personas pudiendo crear rechazo, además de la posibilidad de crear destellos de luz como reflejo de la luz solar afectando tanto a humanos como animales, por esta razón se precisa un estudio de impacto ambiental más detallado. Tanto para un impacto acústico como un impacto relativo a emisiones contaminantes no existe impacto ambiental, siendo para el impacto acústico ínfimo como consecuencia del no empleo de sistemas mecánicos.

Estudiadas las razones, se estipula una calificación para este criterio de 8 sobre 10.

##### Criterio 3: Climatología

La climatología es un factor trascendental para esta tecnología por su dependencia directa de la radiación solar.

La zona climática en la que está ubicado el complejo produce un incumplimiento de las horas de luz solar a incidir para cubrir la demanda de ACS y climatización de piscinas, provocando la instalación de otro tipo de tecnología a modo de cobertura de respaldo.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 5 sobre 10.

##### Criterio 4: Espacio

Como consecuencia del tipo de cubierta y la inclinación de esta, no es posible instalar una superficie muy extensa de paneles, reduciéndose de esta manera la posibilidad de cubrir toda la demanda producida por el hotel, siendo la superficie disponible de 30 m<sup>2</sup>.

Una vez estudiados los argumentos expuestos, la evaluación para este criterio es de un valor de 2 sobre 10.

##### Criterio 5: Mantenimiento



El mantenimiento de la instalación solar térmica es muy sencillo, necesitando una limpieza mensual para no reducir la eficiencia de los paneles por suciedad y el mantenimiento de control anual con las revisiones rutinarias.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 5 sobre 10.

#### Criterio 6: Inversión

La inversión no es muy cuantiosa por la cantidad de paneles solares que se pueden instalar, en el caso de que la instalación fuese mayor el coste inicial se dispararía.

Para obtener un coste estimado se han estudiado distintos fabricantes e instaladores de energía solar térmica, así como estudios de viabilidad en localizaciones cercanas. Es por ello por lo que la potencia posible a instalar para cubrir  $30\text{ m}^2$  de tejado con paneles es de alrededor de 600 y 1000 euros para cada metro cuadrado de captadores, es decir un coste medio total en captadores de 24.000 euros [44]. Los depósitos de ACS actuales se sustituyen por depósitos nuevos con capacidad de 3.500 litros cada uno con precios de mercado entre 4.500 y 6.500 euros, profiriendo un coste medio total de 11.000 euros, en cambio el sistema de intercambio de calor y parte del circuito hidráulico se mantiene, teniendo que hacer modificaciones aumento los costes por mano de obra y material. [45]

El coste estimado para toda la instalación supone alrededor de 50.000 euros, a la cual habría que mantener el sistema actual de generación u otro alternativo como calderas de biomasa para proporcionar el ACS y climatización demandado.

La calificación para este criterio es de un valor de 6 sobre 10, tras la observación de los motivos expuestos.

#### Criterio 7: Coste de operación

En este supuesto a instalar, recalcando que sería necesaria una cobertura de demanda, la potencia térmica estará en torno a 3 kW, alcanzando una producción anual según la irradiación anual vista anteriormente,  $109,33\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$ , y los metros cuadrados instalados en captadores de 39.358,8 kWh equivaliendo monetariamente en función del precio del propano a 2.007,30 euros.

Esta instalación cubre un total de 32,53% de la demanda anual de ACS y un 1,48% de la demanda térmica total del hotel, en relación a los valores de 2021.

A este criterio se le asigna un valor de 3 sobre 10, por las razones argumentadas anteriormente.

#### Criterio 8: Restricciones normativas

En el ámbito normativo, concretamente en el CTE, se expone la aportación renovable por parte de la instalación de al menos un 70% de la demanda anual de ACS si se superase un consumo de ACS de más de 5.000 litros, flexibilizando la aportación fija del 30% descrito en la anterior versión del CTE. Consecuentemente, con la instalación que se puede implantar no se alcanza a cubrir la demanda por lo que estrictamente no se cumple la normativa vigente. [27]

Al igual que sucede en la instalación de biomasa densificada, la Administración está promulgando varias ayudas para la implantación de energía solar tanto fotovoltaica como solar térmica.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 6 sobre 10.

CE3X distingue entre los dos usos que se le da a la instalación térmica, consecuentemente, se expone el resultado arrojado al introducir la propuesta de mejora tanto su calificación energética global como desglosada en emisiones y demanda energética, para ACS y calefacción.

La calificación energética, en este caso para ACS, es la expuesta a continuación:

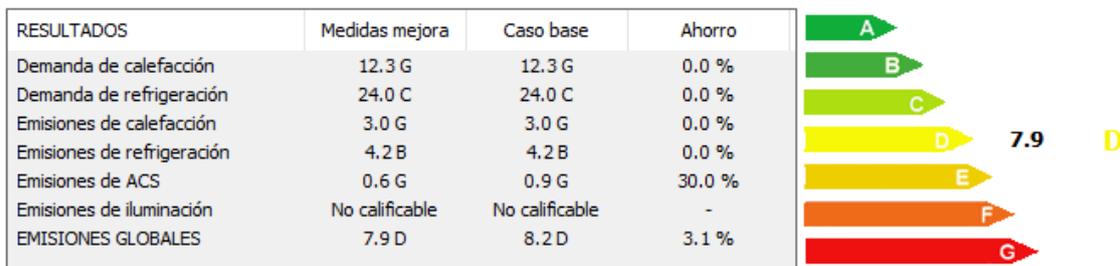


Imagen 4.4 Calificación energética para calefacción de la Alternativa 4 (Fuente: CE3X)

A continuación, se muestra la calificación para la mejora de abastecimiento de calefacción mediante energía solar térmica.

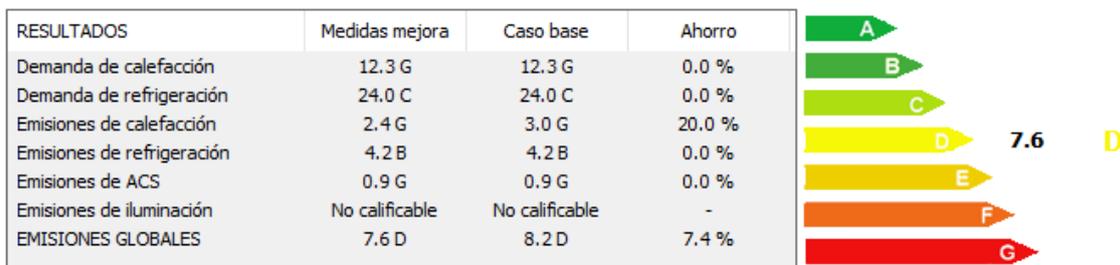


Imagen 4.5 Calificación energética para calefacción de la Alternativa 4 (Fuente: CE3X)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las calificaciones desglosados y la calificación total.

| Criterio          | Calificación |
|-------------------|--------------|
| Renovable         | 10           |
| Impacto Ambiental | 8            |
| Climatología      | 5            |



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
 CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Espacio                  | 2         |
| Mantenimiento            | 5         |
| Inversión                | 6         |
| Coste de operaciones     | 3         |
| Restricciones normativas | 6         |
| <b>TOTAL</b>             | <b>45</b> |

Tabla 4.8 Calificación de la Alternativa 4 (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.3.5. Resumen de las calificaciones de las alternativas

En la siguiente tabla resumen se presentan todas las alternativas expuestas anteriormente a modo de vista general de las mismas con sus respectivas calificaciones, generando una mejor interpretación de los resultados.

| Criterio     | A 0       | A 1       | A 2       | A 3       |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C1           | 0         | 0         | 10        | 10        |
| C2           | 3         | 7         | 8         | 8         |
| C3           | 8         | 10        | 7         | 5         |
| C4           | 8         | 10        | 3         | 2         |
| C5           | 8         | 8         | 7         | 5         |
| C6           | 9         | 7         | 1         | 6         |
| C7           | 4         | 4         | 9         | 3         |
| C8           | 4         | 4         | 6         | 6         |
| <b>TOTAL</b> | <b>44</b> | <b>50</b> | <b>51</b> | <b>45</b> |

Tabla 4.9 Resumen de las calificaciones de las alternativas (Fuente: Elaboración propia)

Según las calificaciones obtenidas por las distintas alternativas, la alternativa con mejor puntuación, ergo la mejora a realizar es la instalación de calderas de biomasa densificada

a pesar de su alto coste, seguido de la instalación de calderas de condensación de gas natural.

#### 4.4. SISTEMAS DE BOMBEO

La propuesta de mejora para el sistema de bombeo está relacionada con la velocidad de bombeo, pudiéndose adaptar a la demanda por medio de variadores de velocidad y frecuencia.

Como consecuencia de la falta de información no se pudo estudiar la placa de características de los sistemas de bombeo ni de los sopladores, imposibilitando el conocimiento del tipo de arranque, porcentaje de carga respecto la nominal de las mismas entre muchos otros aspectos.

Para este estudio, con la poca información disponible, se estima que las bombas y sopladores son alimentadas con corriente alterna, procediendo la implementación de variadores de frecuencia, cuyas bondades se presentan a continuación:

- ❖ Ahorro de energía
- ❖ Reducción de picos de potencia
- ❖ Ajuste de la velocidad a la demanda
- ❖ Control del par motor, reduciéndose el estrés de los materiales y su posible rotura por fatiga
- ❖ Capacidad de programar horarios y de esta manera automatizar el sistema
- ❖ Reducción de arranques y deceleraciones bruscas

A su vez, como todo equipo, posee desventajas, enunciadas en las siguientes líneas:

- ❖ Creación de armónicos, generando pérdidas de consumo y afección a los equipos
- ❖ Posibilidad de destruir el aislante de las bombas
- ❖ Posibilidad de reducir el factor de servicio de la máquina [46]

A pesar de las desventajas, su implantación resulta mucho más beneficiosa que perjudicial.

El ahorro de energía no se puede conocer hasta que se realice su instalación, es por esta razón por la que se estima un ahorro de hasta el 50% según diferentes estudios si la carga del par motor se reduce un 20%. [47]

Dicho esto, es necesario realizar un estudio más detallado del sistema de bombeo para ajustar al máximo la mejora propuesta en este estudio, no obstante, en el presente estudio se va a estimar el coste de dicha mejora seguidamente, y la viabilidad económica en el apartado 5.2.4.

A continuación, se muestran el rango de precios de variadores de frecuencia según la observación en estudios similares y distintas casas comerciales.



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
 CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

| Potencia | Rango de precios [48] | Coste medio |
|----------|-----------------------|-------------|
| 2,2      | 600-1.200             | 900         |
| 7,5      | 1.250-2.500           | 1.875       |
| 400      | 10.000-20.000         | 15.000      |
| 1.150    | 20.000-30.000         | 25.000      |

Tabla 4.10 Rango de precios de los variadores de frecuencia (Fuente: Elaboración propia)

En adición a la compra de los propios variadores hay que añadir el coste de la mano de obra [36], en la siguiente tabla se muestra el coste total estimado.

| Elemento                            | Unidades   | Rendimiento | Precio unitario | Importe (€) |
|-------------------------------------|------------|-------------|-----------------|-------------|
| Variadores de frecuencia (2,2 kW)   | Ud         | 40          | 900             | 36.000      |
| Variadores de frecuencia (7,5 kW)   | Ud         | 6           | 1.875           | 11.250      |
| Variadores de frecuencia (400 kW)   | Ud         | 5           | 15.000          | 75.000      |
| Variadores de frecuencia (1.150 kW) | Ud         | 1           | 25.000          | 25.000      |
| Subtotal 1                          |            |             |                 | 147.250     |
| OE                                  | h          | 100         | 20,48           | 2.048       |
| AE                                  | h          | 100         | 18,88           | 1.888       |
| Subtotal 2                          |            |             |                 | 3.936       |
| Subtotal 3                          |            |             |                 | 151.186     |
| IVA                                 | Porcentaje | 21          |                 | 31.749,06   |

|       |            |
|-------|------------|
| TOTAL | 182.935,06 |
|-------|------------|

*Tabla 4.11 Coste total de la instalación de variadores de frecuencia (Fuente: Elaboración propia)*

#### 4.5. SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA

La normativa UNE EN ISO 50001:2018 procura la estandarización de los sistemas de gestión energética logrando su implementación de las estructuras interesadas en mejorar su desarrollo energético.

Dichos sistemas consisten en la creación de políticas energéticas, a las cuales la empresa se compromete, para un mejor desempeño energético cumpliendo la normativa y legislación actual en materia energética. Estas medidas se han de comunicar al personal, además de formarles en acciones sostenibles (ejemplo: apagado de equipos en caso de no utilización), previamente han de ser redactadas y desglosadas en procedimientos por personal cualificado creándose una estructura jerárquica.

Posteriormente, se solicita una auditoría energética para que mida, tome datos y evalúe el edificio, dándose un informe. Las auditorías se gestionan a través de su propio procedimiento y normativa expuesta en el apartado 2.3.

A continuación, se muestran los pasos a seguir para obtener la línea base de consumos, representando el punto de partida del hotel:

- ❖ Revisión energética inicial de las instalaciones
- ❖ Identificación de los equipos demandantes de energía y su finalidad, así como su ubicación, unidades y características
- ❖ Identificación de los desempeños energéticos, realizándose clasificaciones sobre información especializada como por ejemplo consumos temporales, según su tipología de consumo, emisiones de  $CO_2$ , etc.

Una vez se concreta la línea base, se crea un procedimiento para cada tipo de equipo cuya finalidad es el control y seguimientos de estos desempeños energéticos, incluyéndose los periodos de mantenimiento. En este punto, es conveniente la instalación de un bus de comunicación para el control de los flujos energéticos tanto de carácter eléctrico como térmico, pudiéndose asociar al sistema de control de iluminación.

Por último, se describen y redactan las mejoras a realizar en función de los objetivos marcados antes expuestas en los procedimientos para el buen desempeño del consumo energético.

Las bondades de la implantación de un sistema de gestión energética se exponen seguidamente:

- ❖ Visualización del consumo energético en la actualidad
- ❖ Observación de puntos objeto con capacidad de mejora
- ❖ Concienciación del personal en materia energética



- ❖ Actualización de cara al pública, generando buena imagen y competitividad respecto otros establecimientos

El rango porcentual de ahorro energético tras la implantación de un sistema de gestión energética ronda entre el 5% y 20%. [49]

El coste medio estimado de la implementación de un sistema de gestión energética en el hotel es de 15.000 euros sin impuestos tras la observación de diversas empresas especializadas. Una vez incluidos los impuestos, 21%, el coste asciende a 18.150 euros. [50]

#### 4.6. MITIGACIÓN DE ARMÓNICOS

Los equipos eléctricos consumen energía eléctrica, dentro de la cual existen ondas distorsionadas, conocidas como armónicos, que pueden afectar al correcto funcionamiento de estos equipos, propiciando sobrecalentamiento, sobredimensionamiento de instalaciones eléctricas, averías y disparo de las protecciones generales. Asimismo, estas problemáticas conllevan un incremento de los costes tanto por sustitución de equipos como de mantenimiento, así como mayor consumo de energía por lo que se propone la implantación de un equipo de mitigación de armónicos.

Según distintos estudios, el ahorro energético se estima entre el 5% y el 20% en función de la cantidad de armónicos a mitigar y las características del equipo reductor de los mismos. [51]

Por diversas cuestiones, no se pudo realizar un estudio de los armónicos mediante un analizador de redes, es por esta razón por la que es necesario un estudio más detallado en el caso de que se decida implantar esta tecnología, haciendo imposible presupuestar un coste de instalación.

#### 4.7. PRODUCCIÓN ELÉCTRICA

Un factor importante a la hora de proponerse el ahorro energético es la auto-producción de electricidad para así obtener un autoconsumo de carácter renovable y en menor medida la reducción de la facturación por consumo.

En este apartado se van a tratar varias alternativas a considerar, las cuales se enuncian seguidamente:

- ❖ Alternativa 0: situación actual
- ❖ Alternativa 1: instalación de cogeneración para generar electricidad
- ❖ Alternativa 2: instalación de energía solar fotovoltaica

Para realizar la selección óptima, se aplica la metodología expuesta en el apartado 4.1, para después proceder al estudio de viabilidad económica de la alternativa mejor posicionada para su implantación.

#### 4.7.1. *Alternativa 0: Situación actual*

En primer lugar, hay que decir que las potencias contratadas son correctas y se adaptan a la demanda del hotel sin obtenerse apenas excesos de potencia que penalicen en las facturas.

En segundo lugar, se expone el desarrollo de los criterios y las razones para determinar las distintas calificaciones.

##### Criterio 1: Renovable

Actualmente, una proporción del mix eléctrico como así se indica en el desglose presente en todas las facturas es de carácter renovable, bien por las granjas solares o bien por los parques eólicos, aunque gran parte de la electricidad sea producido por ciclos combinados y centrales térmicas.

La puntuación para este criterio es de un valor de 2 sobre 10, después de los argumentos expuestos.

##### Criterio 2: Impacto Ambiental

En este ámbito es difícil evaluar por las distintas fuentes de generación existentes debido a que cada una de estas poseen distintos impactos ambientales.

En este caso, como el establecimiento recibe el producto final, se toma como indicador el valor en toneladas de  $CO_2$  emitidas a la atmósfera, siendo el valor estandarizado de  $0,331 \frac{Kg CO_2}{kWh}$ ; es por ello que la emisión de  $CO_2$  por parte del hotel al consumir electricidad sea de 487,21 toneladas. [39]

Estudiadas las razones, se estipula una calificación para este criterio de 2 sobre 10.

##### Criterio 3: Climatología

En el ámbito climatológico, las afecciones son nulas debido a que los elementos distribuidores de electricidad están protegidos frente las inclemencias del tiempo con los distintos equipos de protección

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 10 sobre 10.

##### Criterio 4: Espacio

El espacio ocupado por las instalaciones eléctricas es de carácter reducido en comparación con los equipos de generación térmica, por ende, no produce ninguna incomodidad espacial para el correcto funcionamiento del hotel.

Una vez estudiados los argumentos expuestos, la evaluación para este criterio es de un valor de 10 sobre 10.

##### Criterio 5: Mantenimiento

El mantenimiento eléctrico dentro del complejo se reduce a la corrección de incidencias como el disparo de las protecciones por sobretensión o sobreintensidad en puntos de alto consumo.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 8 sobre 10.



### Criterio 6: Inversión

En materia financiera, no es necesaria ningún tipo de inversión como consecuencia del correcto funcionamiento tanto de la instalación como de los equipos adheridos a la misma, exceptuando la inversión por sustitución de equipos tras mantenimiento correctivo.

La calificación para este criterio es de un valor de 9 sobre 10, tras la observación de los motivos expuestos.

### Criterio 7: Coste de operaciones

El coste operacional de la electricidad fluctúa en función de la situación de la inflación, así como de los mercados eléctricos, encontrándose en la actualiza al alza por las consecuencias derivadas del conflicto ruso-ucraniano.

En la actualidad el precio medio del kWh se sitúa alrededor de 0,300 euros [52], un 62,67% más en comparación con 2.021, en el que precio medio se situaba en  $0,112 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ . Esto implica que el consumo eléctrico de 2.021, con el precio actual ascienda a 441.583,80 euros, mientras en ese periodo se facturó por valor de 164.857,95 euros.

A este criterio se le asigna un valor de 1 sobre 10, por las razones argumentadas anteriormente.

### Criterio 8: Restricciones normativas

En el aspecto normativo no existen limitaciones muy restrictivas de las expuestas en el Reglamento de Baja Tensión (en lo sucesivo, REBT) por lo que no son un impedimento con la instalación actual.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 8 sobre 10.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las calificaciones desglosados y la calificación total.

| Criterio             | Calificación |
|----------------------|--------------|
| Renovable            | 2            |
| Impacto Ambiental    | 2            |
| Climatología         | 10           |
| Espacio              | 10           |
| Mantenimiento        | 8            |
| Inversión            | 9            |
| Coste de operaciones | 1            |



|                          |    |
|--------------------------|----|
| Restricciones normativas | 8  |
| TOTAL                    | 50 |

Tabla 4.12 Calificaciones de la alternativa 0 (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.7.2. Alternativa 1: Instalación de cogeneración para generar electricidad

En esta alternativa se expone la utilización de cogeneración para la generación térmica y eléctrica del edificio y de esta manera satisfacer la demanda de ambas sin la necesidad de la conexión a la red.

##### Criterio 1: Renovable

La cogeneración se trata de un sistema de generación simultánea de calor y electricidad cuya fuente combustible puede ser de carácter renovable o no, pero aun así aporta más que sistemas únicos de generación térmica o eléctrica. En el caso de utilizar fuentes renovables, el combustible aplicado sería biomasa en todas sus expresiones, mientras que si se quema propano o gas natural se emplean fuentes no renovables.

La puntuación para este criterio se expone en la siguiente tabla en función de los tipos de combustibles a emplear.

| Biomasa | Propano | Gas natural |
|---------|---------|-------------|
| 10      | 0       | 0           |

Tabla 4.13 Calificaciones criterio 1 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)

##### Criterio 2: Impacto Ambiental

La calificación ambiental viene definida para esta casuística por las emisiones de  $CO_2$  que emite el sistema en la generación, dándose los mismos valores enunciados en las alternativas para generación de ACS y calefacción.

Por ende, las emisiones para la producción eléctrica al realizarse íntegramente con propano se aplica el factor de emisiones de  $0,254 \frac{Kg CO_2}{kWh}$  dando como resultado unas emisiones de  $CO_2$  de 1.048,99 toneladas, sin embargo, si se usa gas natural para ambas producciones (factor de emisiones:  $0,204 \frac{Kg CO_2}{kWh}$ ) las emisiones se reducen a 842,50 toneladas de  $CO_2$ . La tercera opción como combustible, la biomasa densificada (pellets), la cual posee un factor de emisiones de  $0,018 \frac{Kg CO_2}{kWh}$ , produce alrededor de 75 toneladas de  $CO_2$  anuales, significando una gran rebaja respecto el propano y el gas natural. [39]



Además de las emisiones, el propano al almacenarse en depósitos ubicados en el exterior puede producirse derrames por fugas en los mismos en la operación de descarga, las cuales pueden llegar al río en el caso de fugas importantes.

Estudiadas las razones, se estipulan las calificaciones para este criterio en la tabla 4.12.

| Biomasa | Propano | Gas natural |
|---------|---------|-------------|
| 8       | 3       | 7           |

Tabla 4.14 Calificaciones criterio 2 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)

### Criterio 3: Climatología

En el ámbito climatológico, las afecciones son nulas en los elementos generadores ya que se encuentran en el interior del hotel, mientras que, si se opta por propano, los depósitos estarían más expuestos a las inclemencias del tiempo produciéndose oxidaciones. Si se emplea biomasa, tanto densificada como no densificada, es necesario un control constante de la humedad del silo de almacenamiento para que no exista pérdidas de rendimiento del combustible.

En caso de la utilización de gas natural, no existiría ninguna parte del suministro al aire en la que incurra el efecto climatológico, no obstante, el sistema de generación se ubicaría en el exterior donde le afectaría los efectos climáticos.

Por estas mismas razones, las puntuaciones para este criterio se exponen en la tabla adjunta.

| Biomasa | Propano | Gas natural |
|---------|---------|-------------|
| 7       | 8       | 7           |

Tabla 4.15 Calificaciones criterio 3 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)

### Criterio 4: Espacio

El espacio ocupado por las instalaciones de suministro en el caso del propano o el gas natural es nulo para este último y para el propano se mantienen los depósitos actuales, para los silos de pellets, el espacio ocupado sería el dejado por los depósitos de propano.

Como consecuencia del gran volumen de los equipos de cogeneración, se produce una inviabilidad de la introducción e instalación en el interior del hotel por lo que su implementación ha de ser en el exterior del hotel, reduciendo el espacio dispuesto para el aparcamiento de los clientes.

Una vez estudiados los argumentos expuestos, las evaluaciones para este criterio se muestran a continuación.



ÁLVARO PÉREZ SOBRINO

| Biomasa | Propano | Gas natural |
|---------|---------|-------------|
| 2       | 3       | 4           |

Tabla 4.16 Calificaciones criterio 4 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)

### Criterio 5: Mantenimiento

El mantenimiento de los equipos en función de su naturaleza es idéntico a lo descrito en las distintas alternativas en las que intervienen el propano para generar calor (apartado 4.3.1), gas natural (apartado 4.3.2) y pellets (apartado 4.3.3).

Asimismo, es necesario un mantenimiento anual de la instalación eléctrica para revisar el funcionamiento óptimo de la instalación.

Vistas las razones, se procede a las calificaciones, las cuales se muestran en la tabla.

| Biomasa | Propano | Gas natural |
|---------|---------|-------------|
| 8       | 8       | 7           |

Tabla 4.17 Calificaciones criterio 5 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)

### Criterio 6: Inversión

A nivel financiero, las inversiones en función del combustible son ampliamente dispares debido a que en caso de mantener el sistema de propano no sería necesaria ninguna inversión en materia de suministro, pero sí en los equipos de cogeneración los cuales se fabricarán y personalizarán bajo demanda por parte del hotel, elevándose el coste, pero no siendo posible la estimación del presupuesto.

Respecto al gas natural, como se ha mostrado anteriormente (apartado 4.3.2) es necesaria la obra para canalizar el gas de la red de distribución hacia la acometida a crear para conectar con las calderas de combustión, siendo el costo de esta inversión de 25.000 euros contando con el proyecto técnico correspondiente. A este coste hay que añadir el sistema de los equipos de cogeneración a instalar para cubrir la demanda térmica y eléctrica, optándose por un equipo con una potencia instalada de 2.754 kW suministrando 1.141 kWe y 1.279 kWt respectivamente, deduciéndose un rendimiento eléctrico de 41,4%, 46% de rendimiento térmico, dando lugar a un rendimiento total del equipo de 87,4%. De esta manera, la potencia útil térmica se acerca a la instalada actualmente, 1.400 kWt, siendo el precio estimado del equipo de 550.000 euros según las observaciones realizadas en estudios similares, aunque se trata de un equipo fabricado bajo demanda del cliente. Además de la modificación de la instalación eléctrica, introducción de transformadores para adecuar la tensión e intensidad y las protecciones pertinentes, suponiendo un coste estimado de 50.000 euros. [36]

El coste estimado para cogeneración a gas natural es de 625.000 euros.



En cuanto a la biomasa densificada, el coste es mayor al tener que construir un silo de pellets aún más grande para albergarlos ya que la demanda de combustible será mayor respecto a la estimación realizada en el apartado 4.3.3 referente a la instalación de biomasa para generación térmica exclusivamente, además de los equipos generadores. Por esta razón, estos elementos se han de hacer exprofeso debido a las exigencias térmicas y eléctricas del hotel, imposibilitando la elaboración de un coste aproximado, pero sabiendo que el coste va a ser muy elevado.

Las calificaciones para este criterio son de 1 sobre 10, tras la observación de los motivos expuestos para cada fuente de combustión.

| Biomasa | Propano | Gas natural |
|---------|---------|-------------|
| 1       | 1       | 1           |

Tabla 4.18 Calificaciones criterio 6 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)

#### Criterio 7: Coste de operaciones

El coste operacional de la instalación se traduce en el potencial ahorro económico tras el consecuente ahorro energético mediante la cogeneración, ya que en la actualidad es vital para un hotel una reducción de consumos y la promoción del autoconsumo para mantener la competitividad.

En la actualidad el precio medio del kWh se sitúa alrededor de 0,300 euros en cualquiera de los tres escenarios expuestos, suponiendo un 62,67% más en comparación con la facturación de 2.021, en el que precio medio se situaba en  $0,112 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$  [52]. Esto implica que el consumo eléctrico de 2.021, con el precio actual ascienda a 441.583,80 euros, mientras en ese periodo se facturó por valor de 164.857,95 euros.

Esto significa que el coste anual para el presente 2.022 en electricidad se estima en 450.000 euros, en caso de mantenerse constante ese precio para el kWh, mientras que el coste en generación térmica para el propano se sitúa alrededor de 297.000 euros (precio:  $0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ ), para gas natural en 162.000 euros (precio:  $0,06 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ ) [53] y biomasa 153.90 euros (precio:  $0,057 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ ) [54] para un consumo térmico proyectado de 2.700.000 kWh.

A este criterio se le asignan los siguientes valores, por las razones argumentadas anteriormente.

| Biomasa | Propano | Gas natural |
|---------|---------|-------------|
| 8       | 5       | 7           |

Tabla 4.19 Calificaciones criterio 7 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)

**Criterio 8: Restricciones normativas**

En el aspecto normativo, es obligatorio el cumplimiento de la disposición mostrada en la sección HE 5 del Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE relativa a la generación eléctrica mínima por parte de las energías renovables o fuentes alternativas, donde se expresa la potencia mínima a cubrir con dichas energías, la cual viene relacionada por la superficie y el factor de producción eléctrica. Para el hotel, cuya superficie es de 10.790 m<sup>2</sup> y el factor de 0,010  $\frac{kW}{m^2}$ , la potencia mínima renovable o alternativa a instalar es de 107,9 kW, cumpliéndose dado que la demanda se cubriría íntegramente con cogeneración. Asimismo, se cumple lo dispuesto en el RITE y el REBT para el correcto funcionamiento de la instalación propuesta. [27]

Es interesante para este tipo de proyectos las facilidades retributivas propuestas por el Estado, pudiendo facilitar su implantación y adelantar el retorno de la inversión, aconsejándose la instalación de equipos por gas natural o fuentes renovables.

Al tratarse de casos pendientes de más estudios habría que analizar la legislación de la afección por ruidos.

Por estas mismas razones, las puntuaciones para este criterio se ilustran en la siguiente tabla.

| Biomasa | Propano | Gas natural |
|---------|---------|-------------|
| 7       | 7       | 7           |

Tabla 4.20 Calificaciones criterio 8 sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las calificaciones desglosados y la calificación total.

| Criterio          | Calificación biomasa | Calificación propano | Calificación gas natural |
|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| Renovable         | 10                   | 0                    | 0                        |
| Impacto Ambiental | 8                    | 3                    | 7                        |
| Climatología      | 7                    | 8                    | 7                        |
| Espacio           | 2                    | 3                    | 4                        |
| Mantenimiento     | 8                    | 8                    | 7                        |
| Inversión         | 1                    | 1                    | 1                        |



|                          |    |    |    |
|--------------------------|----|----|----|
| Coste de operaciones     | 8  | 5  | 7  |
| Restricciones normativas | 7  | 7  | 7  |
| TOTAL                    | 51 | 35 | 40 |

*Tabla 4.21 Calificaciones sobre cogeneración (Fuente: Elaboración propia)*

#### 4.7.3. Alternativa 2: Instalación de energía solar fotovoltaica

##### Criterio 1: Renovable

La energía solar fotovoltaica tiene carácter renovable por lo que es ideal para la generación de electricidad de forma limpia en vez del empleo de electricidad proveniente del mix eléctrico actual, en el cual hay fracciones de origen no renovable.

La puntuación para este criterio es de un valor de 10 sobre 10, después de los argumentos expuestos.

##### Criterio 2: Impacto Ambiental

A niveles ambientales, la energía solar fotovoltaica produce un impacto visual en la población pudiendo provocar rechazo, además de poder llegar a ser antiestético y la consecuente “pérdida de encanto” del establecimiento. En el aspecto de emisiones, al aplicarse un régimen de autoconsumo estas equivaldrían a las emitidas para ese consumo anual rondando valores cercanos a las 500 toneladas de  $CO_2$

Estudiadas las razones, se estipula una calificación para este criterio de 7 sobre 10.

##### Criterio 3: Climatología

En el ámbito climatológico, las afecciones son importantes pudiendo producirse rebajas en la eficiencia de los paneles, asimismo hay que tener en cuenta las horas de irradiación solar anuales para de esta manera observar la producción que pueden aportar el sistema fotovoltaico que en el caso de la localidad donde se sitúa en los meses de invierno alrededor de 5,2 horas y en los meses de verano supera las 7 horas (ver apartado 3.1.5)

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 5 sobre 10.

##### Criterio 4: Espacio

El espacio necesario para poder cubrir la demanda eléctrica anual es muy amplio del cual se carece en el hotel como consecuencia de la falta de espacio en la cubierta, así como ciertas orientaciones en la misma. Tampoco hay disponibilidad ni en el terreno vinculado al ocio de la piscina exterior ni en un terreno adyacente para colocar paneles fijos al suelo.

La superficie ha de ser superior a los  $3.000 m^2$  para poder implantar las placas fotovoltaicas y que éstas cubran la demanda, es decir, es necesaria la instalación de más de 400 paneles solares.

Se estima, como se enuncia en el apartado 4.3.4 dedicado a la energía solar térmica, una superficie disponible de  $30 m^2$  en la que es posible instalar entre 10 y 15 paneles con una potencia de entre 200 y 400 W dando un valor optimista de 4 kW.

Una vez estudiados los argumentos expuestos, la evaluación para este criterio es de un valor de 2 sobre 10.

#### Criterio 5: Mantenimiento

El mantenimiento de los equipos de generación eléctrica es simple pero laborioso al tener que limpiarse periódicamente los paneles para evitar la pérdida de eficiencia en la captación solar. Respecto al mantenimiento de los sistemas internos es liviano y se estima una revisión cada año para observar que se encuentre todo en condiciones óptimas.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 9 sobre 10.

#### Criterio 6: Inversión

En materia financiera, la inversión es bastante elevada en el hipotético caso de que hubiese el espacio necesario para cubrir la demanda eléctrica con la instalación de paneles solares, siendo aun así necesaria la conexión a la red como apoyo en caso de baja producción.

Para el supuesto de cubrir toda la demanda es necesario instalar 650 kWp, mostrándose en la siguiente tabla los costes a tener en cuenta para la instalación y los elementos intervinientes. (vida útil 25 a 30 años)

| Elemento                                   | Unidades  | Precio unitario [55]                                   | Coste (€) |
|--|---|--|-----------|
| Placas fotovoltaicas<br>(400 W y $2 m^2$ ) | 1.625   | $155,20 \left(\frac{€}{panel}\right)$                  | 252.200   |
| Inversor solar<br>(100 kW) [56]            | 7   | $7.500 \left(\frac{€}{inversor}\right)$                | 52.500    |
| Estructuras                                | 325   | $100 \left(\frac{€}{estructura}\right)$                | 32.500    |
| Contadores                                 | 325   | $250 \left(\frac{€}{contador}\right)$                  | 81.250    |
| Legalización                               | 1   | 350 € [55]   | 350       |
| Mano de obra                               | 4 instaladores<br>$\left(8 \frac{hora}{jornada}\right)$ | $35 \left(\frac{€}{hora}\right)$<br>(duración 2 meses) | 47.040    |
| Cuadro de protecciones                     | 1   | 500 €  | 500       |



|       |         |
|-------|---------|
| TOTAL | 466.340 |
|-------|---------|

Tabla 4.22 Costes de instalación solar fotovoltaica para la demanda completa (Fuente: Elaboración propia)

En realidad, solo es posible instalar 15 paneles solares, los cuales poseen una potencia pico de 400 W, dando lugar a una potencia total 6 kWp. Esta potencia no alcanza a cubrir la demanda generada en luminarias, incluso con las propuestas de mejora implantadas, por lo que obliga a consumir de la red la electricidad restante para cubrir la demanda o tener otro modo de producción eléctrica como la cogeneración.

Esta potencia puede proporcionar hasta 14.100 kWh, en base a las horas de radiación solar anuales en la localidad, enunciadas en el apartado 3.1.5, siendo éstas de 2.350 horas aproximadamente.

Como la instalación se reduce considerablemente, los costes de los elementos a instalar también, mostrándose a continuación.

| Elemento  | Unidades                                      | Precio unitario [55]                         | Coste (€) |
|---|---|--|-----------|
| Placas fotovoltaicas<br>(400 W y 2 m <sup>2</sup> ) | 15  | 155,20 ( $\frac{€}{panel}$ )                 | 2.328     |
| Inversor solar<br>(100 kW) [56]                     | 1   | 1.668 ( $\frac{€}{inversor}$ )               | 1.668     |
| Estructuras   | 3   | 100 ( $\frac{€}{estructura}$ )               | 300       |
| Contadores  | 3   | 250 ( $\frac{€}{contador}$ )                 | 750       |
| Legalización  | 1   | 350 €  | 350       |
| Mano de obra  | 2 instaladores<br>(8 $\frac{hora}{jornada}$ ) | 35 ( $\frac{€}{hora}$ )<br>(duración 3 días) | 1.680     |
| Cuadro de protecciones                              | 1   | 500 €  | 500       |
| TOTAL   |   |  | 7.576     |

Tabla 4.23 Costes de instalación solar fotovoltaica por disponibilidad (Fuente: Elaboración propia)

La calificación para este criterio es de un valor de 1 sobre 10, tras la observación de los motivos expuestos.

Criterio 7: Coste de operaciones

El coste operacional de la electricidad fluctúa en función de la situación de la inflación, así como de los mercados eléctricos, encontrándose en la actualidad al alza por las consecuencias derivadas del conflicto ruso-ucraniano.

La reducción en el coste anual se estima en 4.230 euros para una producción de 14.100 kWh a un precio fijo de  $0,300 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ , mientras que la estimación para la facturación anual para este precio y un consumo previsto de 1.420.000 kWh es de 426.000 euros, quedándose en 411.900 euros, es decir, un ahorro en el coste global de 3,31%.

A este criterio se le asigna un valor de 2 sobre 10, por las razones argumentadas anteriormente.

Criterio 8: Restricciones normativas

En el aspecto normativo existen limitaciones, ya que es necesario un estudio más detallado por lo que se requiere de una memoria técnica como personal especializado, asimismo es de obligado cumplimiento según la sección HE 5 del CTE el cumplimiento de una potencia mínima a instalar de carácter renovable, la cual se define por la superficie ( $10.790 \text{ m}^2$ ) y el factor de producción eléctrica, siendo en este caso de  $0,010 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$ , dando como resultado una potencia mínima a instalar de 107,9 kW. [27]

Para el hotel es inviable instalar 107,9 kW de potencia con energía exclusivamente solar fotovoltaica, siendo necesaria la implementación de otros sistemas de generación eléctrica de carácter renovable.

Además de esa normativa, es de rigor cumplir con las normas expuestas en el REBT por lo que no son un impedimento en el caso de instalar el sistema fotovoltaico que el espacio permite instalar.

Por estas mismas razones, la puntuación para este criterio es de un valor de 1 sobre 10.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las calificaciones desglosados y la calificación total.

| Criterio          | Calificación |
|-------------------|--------------|
| Renovable         | 10           |
| Impacto Ambiental | 7            |
| Climatología      | 5            |
| Espacio           | 2            |
| Mantenimiento     | 9            |
| Inversión         | 1            |



|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Coste de operaciones     | 2         |
| Restricciones normativas | 1         |
| <b>TOTAL</b>             | <b>37</b> |

*Tabla 4.24 Calificaciones para la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia)*

#### 4.7.4. Resumen de las calificaciones de las alternativas

En la siguiente tabla resumen se presentan todas las alternativas expuestas anteriormente a modo de vista general de las mismas con sus respectivas calificaciones, generando una mejor interpretación de los resultados.

| Criterio     | A 0       | A 1       | A 2       |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| C1           | 2         | 10        | 10        |
| C2           | 2         | 8         | 7         |
| C3           | 10        | 7         | 5         |
| C4           | 10        | 2         | 2         |
| C5           | 8         | 8         | 9         |
| C6           | 9         | 1         | 1         |
| C7           | 1         | 8         | 2         |
| C8           | 8         | 7         | 1         |
| <b>TOTAL</b> | <b>50</b> | <b>51</b> | <b>37</b> |

*Tabla 4.25 Resumen de las evaluaciones de alternativas en la producción eléctrica (Fuente: Elaboración propia)*

## 5. VIABILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se dirime la viabilidad de económica y amortización con el paso de los años de las propuestas expuestas en el apartado 4 del presente documento.

## 5.1. PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RENTABILIDAD ECONÓMICA

En primer lugar, es preciso identificar los indicadores o parámetros que miden la rentabilidad de un proyecto, por este motivo los siguientes apartados versarán sobre dichos indicadores y la manera de aplicarlos.

### 5.1.1. Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto (en lo sucesivo, VAN) es un parámetro financiero cuya medición es el valor de los cobros y pagos de activos financieros a futuros mediante la aplicación de un tipo de interés de carácter fijo acorde con el riesgo de la inversión realizada, ofreciendo un indicador de la rentabilidad del proyecto. [57]

Para obtener dicha medida se aplica un sumatorio de los flujos de caja para cada periodo ( $V_t$ ) dividido de la tasa de descuento ( $k$ ) en función de dicho periodo ( $t$ ), siendo toda esta operación restada del valor inicial de la inversión ( $I_0$ ), expresándose en la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Obtenido el valor del indicador, éste puede ser inferior, superior o igual a cero, interpretándose distintos resultados en función del valor respecto a 0. [58]

❖ VAN<0

La inversión planteada se considera no viable financieramente.

❖ VAN=0

La inversión realizada no produce beneficios ni pérdidas económicas.

❖ VAN>0

La inversión es rentable, dándose dividendos.

### 5.1.2. Tasa Interna de Retorno

El indicador financiero de la Tasa Interna de Retorno (en lo sucesivo, TIR) versa sobre el tipo interés descontado de los flujos futuros tanto de pago como de cobro al que es indiferente disponer de capital para de esta manera equilibrarse con el valor inicial de inversión, es decir, el VAN ha de ser igual a 0. [59]

La ecuación para calcular el TIR (parámetro:  $k$ ) viene dada por ecuación del VAN

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

El TIR no se utiliza como elemento decisorio único sino como complemento del VAN.



### 5.1.3. Periodo de retorno

El periodo de retorno (en lo sucesivo, PR) se trata de un indicador que muestra el tiempo de recuperación de la inversión inicial a través del flujo de caja generado a futuros sin tener en cuenta la inflación de las monedas. [60]

$$PR = \frac{I_0 \text{ (Inversión inicial)}}{FC \text{ (Flujo de caja)}}$$

## 5.2. VIABILIDAD ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Una vez relatados los parámetros económicos, se procede a la elaboración de la viabilidad económica de cada propuesta anteriormente expuesta.

El tipo de interés aplicado es el mismo para todas las propuestas de mejora, siendo este un 3% y de carácter fijo para de esta manera simplificar los cálculos de viabilidad. [61]

### 5.2.1. Iluminación

En este apartado, se va a proceder al estudio de viabilidad de la propuesta del cambio de luminarias, siendo necesario calcular previamente el beneficio anual de la mejora.

Como se ha mostrado en el apartado 4.2.1, el coste total de la propuesta asciende a 28.166,38 euros, los cuales se pretenden amortizar en los próximos 10 años que es la vida útil de las luces LED.

El coste viene determinado por el precio del consumo eléctrico, situándose en un precio medio de  $0,112 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$  y las horas de uso de las luminarias, estimándose un promedio de 15 horas diarias. Asimismo, la potencia instalada actual ronda los 36 kW, mientras que la potencia tras la mejora se reduce a 16,5 kW.

|                     | Coste (€) |
|---------------------|-----------|
| Luminarias antiguas | 22.075,20 |
| Luminarias nuevas   | 10.117,80 |
| Ahorro              | 11.957,40 |

Tabla 5.1 Coste antes y después de las mejoras (Fuente: Elaboración propia)



Los gastos relativos a esta mejora se traducen en mantenimiento de la instalación y subsanación de los problemas derivados del uso como finalización de la vida útil de la luminaria y su posterior sustitución.

| Ahorros (€) | Gastos (€) | Beneficio (€) |
|-------------|------------|---------------|
| 11.957,40   | 1.000      | 10.957,40     |

*Tabla 5.2 Beneficios anuales de la iluminación (Fuente: Elaboración propia)*

A continuación, se exponen los indicadores de viabilidad y sus resultados.

#### 5.2.1.1. VAN

Una vez definidos tanto el ahorro como el gasto anual, así como el beneficio anual, se puede calcular el VAN.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 28.166,38 €
- Tipo de interés ( $k$ ): 3%
- Tiempo ( $t$ ): 10 años
- Flujo de caja ( $V$ ): 10.957,40  $\frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$VAN = \left( \frac{10.957,40_1}{(1 + 0,03)^1} + \frac{10.957,40_2}{(1 + 0,03)^2} + \dots + \frac{10.957,40_t}{(1 + 0,03)^t} \right) - 28.166,38$$

$$VAN = 65.302,46 \text{ €}$$

La operación es viable económicamente debido a que el valor resultante es superior a 0.

#### 5.2.1.2. TIR

Calculado el VAN, se calcula el TIR para observar el valor del tipo de interés para que el valor del VAN sea 0. De esta manera se comprueba el resultado de viabilidad.

$$0 = \left( \frac{10.957,40_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{10.957,40_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{10.957,40_t}{(1 + TIR)^t} \right) - 28.166,38$$

$$TIR = 37,26 \%$$



### 5.2.1.3. Período de retorno

Seguidamente se expone el período de retorno para amortizar la inversión que sea rentable.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 28.166,38 €
- Flujo de caja (V): 10.957,40  $\frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$PR = \frac{28.166,38 \text{ €}}{10.957,40 \frac{\text{€}}{\text{año}}}$$

**PR = 2,57 años**

| Periodo de retorno (años) | Beneficio acumulado (€) | Flujo de caja (€) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| 0                         | 0                       | -28.166,38        |
| 1                         | 10.957,40               | -17.208,98        |
| 2                         | 21.914,80               | -6.251,58         |
| 3                         | 32.872,20               | 4.705,82          |
| 4                         | 43.829,60               | 15.663,22         |
| 5                         | 54.787,00               | 26.620,62         |
| 6                         | 65.744,40               | 37.578,02         |
| 7                         | 76.701,80               | 48.535,42         |
| 8                         | 87.659,20               | 59.492,82         |
| 9                         | 98.616,60               | 70.450,22         |
| 10                        | 109.574,00              | 81.407,62         |

Tabla 5.3 Beneficios acumulado en la inversión (Fuente: Elaboración propia)

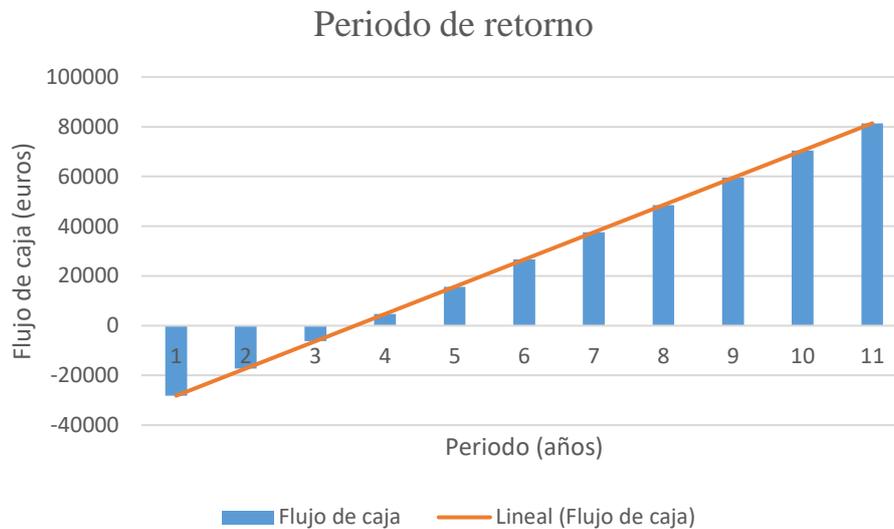


Gráfico 5.1 Periodo de retorno de la mejora de iluminación (Fuente: Elaboración propia)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los indicadores a modo de resumen.

| Indicadores de viabilidad | Resultado   |
|---------------------------|-------------|
| VAN                       | 65.302,46 € |
| TIR                       | 37,26 %     |
| Periodo de retorno        | 2,57 años   |

Tabla 5.4 Resumen de los indicadores de viabilidad en la mejora de iluminación (Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.2. Sistemas de control de iluminación

En este apartado se va a tratar la viabilidad de la implantación de detectores de presencia para controlar la iluminación.

El ahorro en la casuística más optimista sería de hasta el 50% como se ha enunciado en el apartado definido para esta propuesta, por lo que se estima un ahorro del 25% por la improbabilidad de que se dé la opción mejor.

El sistema actual cuenta con pulsadores estándar para controlar 36 kW en iluminación, es por esta razón por la que el ahorro se aplica a esta potencia instalada no a la definida después de la instalación de luminarias LED, reduciéndose a 27 kW.



Como también se definió anteriormente, las horas diarias de uso de las luces es de 15 y el precio de la electricidad de  $0,112 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ . El resultado del consumo anual es de 147.825 kWh.

|                       | Coste (€) |
|-----------------------|-----------|
| Sistema de pulsador   | 22.075,20 |
| Sistema por presencia | 16.556,40 |
| Ahorro                | 5.518,80  |

Tabla 5.5 Ahorro anual tras instalar control de presencia (Fuente: Elaboración propia)

Los gastos relativos a esta mejora se traducen en mantenimiento de la instalación y subsanación de los problemas derivados del uso o fallos en la configuración de los sistemas.

| Ahorros (€) | Gastos (€) | Beneficio (€) |
|-------------|------------|---------------|
| 5.518,80    | 1.000      | 4.518,80      |

Tabla 5.6 Beneficio anual con sistemas de control (Fuente: Elaboración propia)

En las próximas líneas se procede a calcular los indicadores de rentabilidad.

### 5.2.2.1. VAN

Una vez definidos tanto el ahorro como el gasto anual, así como el beneficio anual, se puede calcular el VAN.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 14.353,44 €
- Tipo de interés (k): 3%
- Tiempo (t): 10 años
- Flujo de caja (V):  $4.518,80 \frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$VAN = \left( \frac{4.518,80_1}{(1 + 0,03)^1} + \frac{4.518,80_2}{(1 + 0,03)^2} + \dots + \frac{4.518,80_t}{(1 + 0,03)^t} \right) - 14.353,44$$



$$VAN = 24.192,84 \text{ €}$$

La operación es viable económicamente debido a que el valor resultante es superior a 0.

#### 5.2.2.2. TIR

Calculado el VAN, se calcula el TIR para observar el valor del tipo de interés para que el valor del VAN sea 0. De esta manera se comprueba el resultado de viabilidad.

$$0 = \left( \frac{4.518,80_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{4.518,80_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{4.518,80_t}{(1 + TIR)^t} \right) - 14.353,44$$

$$TIR = 29,02 \%$$

#### 5.2.2.3. Periodo de retorno

Seguidamente se expone el periodo de retorno para amortizar la inversión que sea rentable.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 14.353,44 €
- Flujo de caja (V):  $4.518,80 \frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$PR = \frac{14.353,44 \text{ €}}{4.518,80 \frac{\text{€}}{\text{año}}}$$

$$PR = 3,18 \text{ años}$$

| Periodo de retorno (años) | Beneficio acumulado (€) | Flujo de caja (€) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| 0                         | 0                       | -14.353,44        |
| 1                         | 4.518,80                | -9.834,64         |
| 2                         | 9.037,60                | -5.315,84         |
| 3                         | 13.556,40               | -797,04           |



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
 CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

|    |           |           |
|----|-----------|-----------|
| 4  | 18.075,20 | 3.721,76  |
| 5  | 22.594,00 | 8.240,56  |
| 6  | 27.112,80 | 12.759,36 |
| 7  | 31.631,60 | 17.278,16 |
| 8  | 36.150,40 | 21.796,96 |
| 9  | 40.669,20 | 26.315,76 |
| 10 | 45.188,00 | 30.834,56 |

Tabla 5.7 Beneficio acumulado a lo largo de la vida útil (Fuente: Elaboración propia)

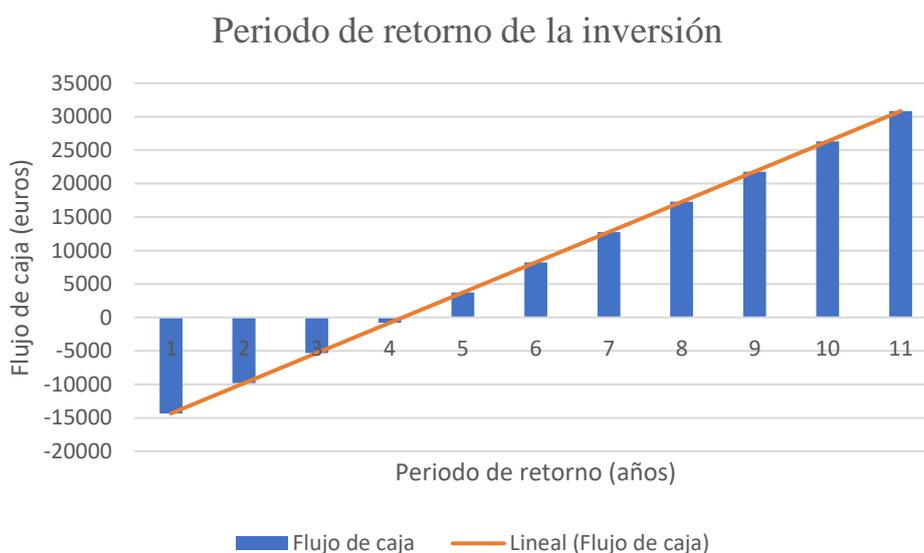


Gráfico 5.2 Periodo de retorno del control de iluminación (Fuente: Elaboración propia)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los indicadores a modo de resumen.

| Indicadores de viabilidad | Resultado   |
|---------------------------|-------------|
| VAN                       | 24.192,84 € |
| TIR                       | 29,02 %     |
| Periodo de retorno        | 3,18 años   |

Tabla 5.8 Resumen de los indicadores de viabilidad (Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.3. Generación ACS y climatización

La propuesta más competitiva para generación de ACS, climatización y calefacción es la implantación de calderas de biomasa densificada (pellets), la cual tiene un coste total estimado de 463.800 euros.

En primer lugar, es necesario definir los ahorros y costes anuales de la instalación.

Los ahorros consisten en la cantidad de kWh que se van a consumir con este combustible en vez de con propano, estimándose un consumo medio anual de 2.700.000 kWh con un coste en pellets de  $0,057 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$  y un coste en propano de  $0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ , siendo la diferencia el ahorro.

|         | Coste (€) |
|---------|-----------|
| Propano | 297.000   |
| Pellets | 146.340   |
| Ahorro  | 150.660   |

Tabla 5.9 Coste anual en consumo de energía térmica (Fuente: Elaboración propia)

Los gastos se componen del equipo de mantenimiento, los cuales son empleados del hotel, transporte de los pellets al silo y tras retirada de cenizas, siendo estos últimos gastos los más elevados. No es objeto de este estudio el desglose íntegro de los sistemas de biomasa, pero las cenizas se pueden revalorizar mediante su venta a empresas del sector industrial para elaboración de materiales como ladrillos y cementos o fertilizantes en el sector agroalimentario.

| Ahorros (€) | Gastos (€) | Beneficio (€) |
|-------------|------------|---------------|
| 150.660     | 29.360,15  | 121.299,85    |

Tabla 5.10 Beneficio anual con el sistema de biomasa (Fuente: Elaboración propia)

Una vez estimado el beneficio anual de la instalación, se procede al cálculo de los parámetros de viabilidad.



### 5.2.3.1. VAN

A continuación, se muestran tanto los datos empleados como los cálculos relativos al VAN para determinar si la inversión es o no rentable.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 463.800 €
- Tipo de interés (k): 3%
- Tiempo (t): 25 años
- Flujo de caja (V): 121.299,85  $\frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$VAN = \left( \frac{121.299,85_1}{(1 + 0,03)^1} + \frac{121.299,85_2}{(1 + 0,03)^2} + \dots + \frac{121.299,85_t}{(1 + 0,03)^t} \right) - 463.800$$

$$VAN = 1.648.412,14\text{€}$$

La operación es viable económicamente debido a que el valor resultante es superior a 0.

### 5.2.3.2. TIR

A priori, el VAN ya indica la viabilidad del proyecto no siendo necesario el cálculo del TIR, pero aun así se calculará para corroborar los resultados.

$$0 = \left( \frac{121.299,85_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{121.299,85_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{121.299,85_t}{(1 + TIR)^t} \right) - 463.800$$

$$TIR = 26,07\%$$

### 5.2.3.3. Periodo de retorno

Una vez calculados los indicadores de viabilidad, se calcula el periodo de amortización de la instalación de biomasa mediante la inversión inicial y el flujo de caja anual.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 463.800 €
- Flujo de caja (V): 121.299,85  $\frac{\text{€}}{\text{año}}$



ÁLVARO PÉREZ SOBRINO

$$PR = \frac{463.800 \text{ €}}{121.299,85 \frac{\text{€}}{\text{año}}}$$

***PR = 3,82 años***

Para este tipo de inversión, la operación daría beneficios a partir de los 3,82 años de su instalación, rebasando con creces la vida útil estimada para este tipo de instalaciones de biomasa siendo ésta de 25 años.

Seguidamente se adjunta la tabla 5.11 y el gráfico 5.3, donde se puede observar la tendencia de recuperación de la inversión, alcanzándose el retorno antes de la finalización de la vida útil.

| Periodo de retorno (años) | Beneficio acumulado (€) | Flujo de caja (€) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| 0                         | 0                       | -463.800          |
| 1                         | 121.299,85              | -342.500,15       |
| 2                         | 242.599,69              | -221.200,31       |
| 3                         | 363.899,54              | -99.900,46        |
| 4                         | 485.199,39              | 21.399,38         |
| 5                         | 606.499,23              | 142.699,23        |
| 6                         | 727.799,08              | 263.999,08        |
| 7                         | 849.098,92              | 385.298,92        |
| 8                         | 970.398,77              | 506.598,77        |
| 9                         | 1.091.698,62            | 627.898,62        |
| 10                        | 1.212.998,46            | 749.198,46        |
| 11                        | 1.334.298,31            | 870.498,31        |
| 12                        | 1.455.598,15            | 991.798,15        |
| 13                        | 1.576.898               | 1.113.098         |



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
 CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

|    |              |              |
|----|--------------|--------------|
| 14 | 1.698.197,85 | 1.234.397,85 |
| 15 | 1.819.497,85 | 1.355.697,69 |
| 16 | 1.940.797,54 | 1.476.997,54 |
| 17 | 2.062.097,38 | 1.598.297,38 |
| 18 | 2.183.397,23 | 1.719.597,23 |
| 19 | 2.304.697,08 | 1.840.897,08 |
| 20 | 2.425.996,92 | 1.962.196,92 |
| 21 | 2.547.296,62 | 2.083.496,77 |
| 22 | 2.668.596,46 | 2.204.796,62 |
| 23 | 2.789.896,46 | 2.326.096,46 |
| 24 | 2.911.196,31 | 2.447.396,31 |
| 25 | 3.032.496,15 | 2.568.696,15 |

Tabla 5.11 Beneficio acumulado de la inversión en la vida útil (Fuente: Elaboración propia)

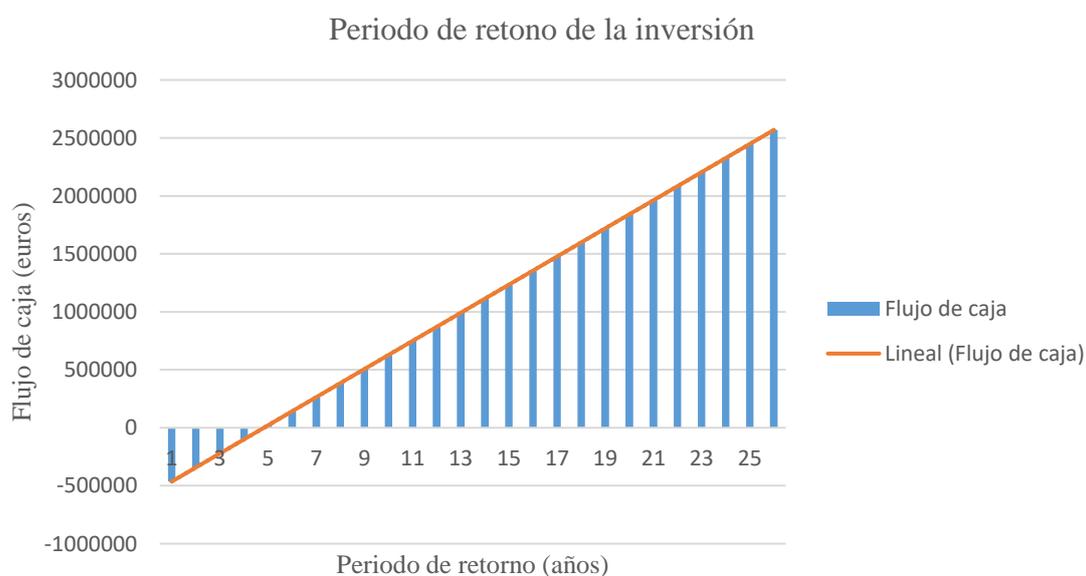


Gráfico 5.3 Periodo de retorno de la inversión (Fuente: Elaboración propia)

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la viabilidad de la implantación de un sistema de generación térmica de ACS, calefacción y climatización a través de calderas de alta eficiencia con pellets.

| Indicadores de viabilidad | Resultado     |
|---------------------------|---------------|
| VAN                       | 1.648.412,14€ |
| TIR                       | 26,07%        |
| Periodo de retorno        | 3,82 años     |

Tabla 5.12 Resumen de la inversión en generación de ACS y climatización (Fuente: Elaboración propia)

#### 5.2.4. Sistema de bombeo

En este apartado se tratará la viabilidad económica de la implantación de variadores de frecuencia para la regulación de velocidad de las bombas y sopladores.

Esta medida puede repercutir hasta en un 50% en el consumo de electricidad por parte de los equipos anteriormente mencionados, estimándose en este estudio un ahorro de 25% por la poca probabilidad en la consecución del ahorro máximo.

El porcentaje anterior se va a aplicar sobre el consumo en los sistemas de bombeo en el periodo de 2.021, el cual fue de 574.059 kWh, además de tomar un precio de la electricidad medio de  $0,112 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ .

Con la instalación de variadores de frecuencia, el consumo se reduce a 430.544,25 kWh y el coste a 48.220,96 €.

|                        | Coste (€) |
|------------------------|-----------|
| Sistema sin variadores | 64.262,00 |
| Sistema con variadores | 48.220,96 |
| Ahorro                 | 16.041,04 |

Tabla 5.13 Ahorro económico con la medida (Fuente: Elaboración propia)

Los gastos se componen del equipo de mantenimiento, los cuales son empleados del hotel.



| Ahorros (€) | Gastos (€) | Beneficio (€) |
|-------------|------------|---------------|
| 16.073,65   | 1.000      | 15.073,65     |

Tabla 5.14 Beneficio anual con variadores de frecuencia (Fuente: Elaboración propia)

Una vez estimado el beneficio anual de la instalación, se procede al cálculo de los parámetros de viabilidad.

#### 5.2.4.1. VAN

A continuación, se muestran tanto los datos empleados como los cálculos relativos al VAN para determinar si la inversión es o no rentable.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 182.935,06 €
- Tipo de interés ( $k$ ): 3%
- Tiempo ( $t$ ): 20 años
- Flujo de caja ( $V$ ): 15.073,65  $\frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$VAN = \left( \frac{15.073,65_1}{(1 + 0,03)^1} + \frac{15.073,65_2}{(1 + 0,03)^2} + \dots + \frac{15.073,65_t}{(1 + 0,03)^t} \right) - 182.935,06$$

$$VAN = 41.833,22 \text{ €}$$

La operación es viable económicamente debido a que el valor resultante es superior a 0.

#### 5.2.4.2. TIR

La aplicación del parámetro TIR reafirmará si la inversión es viable, por lo que seguidamente se procede a su cálculo.

$$0 = \left( \frac{15.073,65_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{15.073,65_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{15.073,65_t}{(1 + TIR)^t} \right) - 182.935,06$$

$$TIR = 5,32\%$$

De esta manera, se reafirma la postura de viabilidad de la operación ya que su tasa interna de retorno se encuentra muy por debajo del valor en el que el VAN se iguala a 0.

5.2.4.3. *Periodo de retorno*

Una vez calculados los indicadores de viabilidad, se calcula el periodo de amortización de la instalación de biomasa mediante la inversión inicial y el flujo de caja anual.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 182.935,06 €
- Flujo de caja (V):  $15.073,65 \frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$PR = \frac{182.935,06 \text{ €}}{15.073,65 \frac{\text{€}}{\text{año}}}$$

**$PR = 12,14 \text{ años}$**

Para este tipo de inversión, la operación se amortizaría a partir de los 8 años de su instalación, inferior a la vida útil estimada para los variadores de frecuencia.

Seguidamente se adjunta la tabla 5.15 y el gráfico 5.4, donde se puede observar la tendencia de recuperación de la inversión.

| Periodo de retorno (años) | Beneficio acumulado (€) | Flujo de caja (€) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| 0                         | 0                       | -182.935          |
| 1                         | 15.073,65               | -167.861,41       |
| 2                         | 30.147,30               | -152.787,76       |
| 3                         | 45.220,96               | -137.714,10       |
| 4                         | 60.294,61               | -122.640,45       |
| 5                         | 75.368,26               | -107.566,80       |
| 6                         | 90.441,91               | -92.493,15        |
| 7                         | 105.515,56              | -77.419,50        |
| 8                         | 120.589,22              | -62.345,84        |
| 9                         | 135.662,87              | -47.272,19        |



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
 CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

|    |            |            |
|----|------------|------------|
| 10 | 150.736,52 | -32.198,54 |
| 11 | 165.810,17 | -17.124,89 |
| 12 | 180.883,82 | -2.051,24  |
| 13 | 195.957,48 | 13.022,42  |
| 14 | 211.031,13 | 28.096,07  |
| 15 | 226.104,78 | 43.169,72  |
| 16 | 241.178,43 | 58.243,37  |
| 17 | 256.252,08 | 73.317,02  |
| 18 | 271.325,74 | 88.390,68  |
| 19 | 286.399,39 | 103.464,33 |
| 20 | 301.473,04 | 118.537,98 |

Tabla 5.15 Beneficio acumulado de la inversión en variadores (Fuente: Elaboración propia)

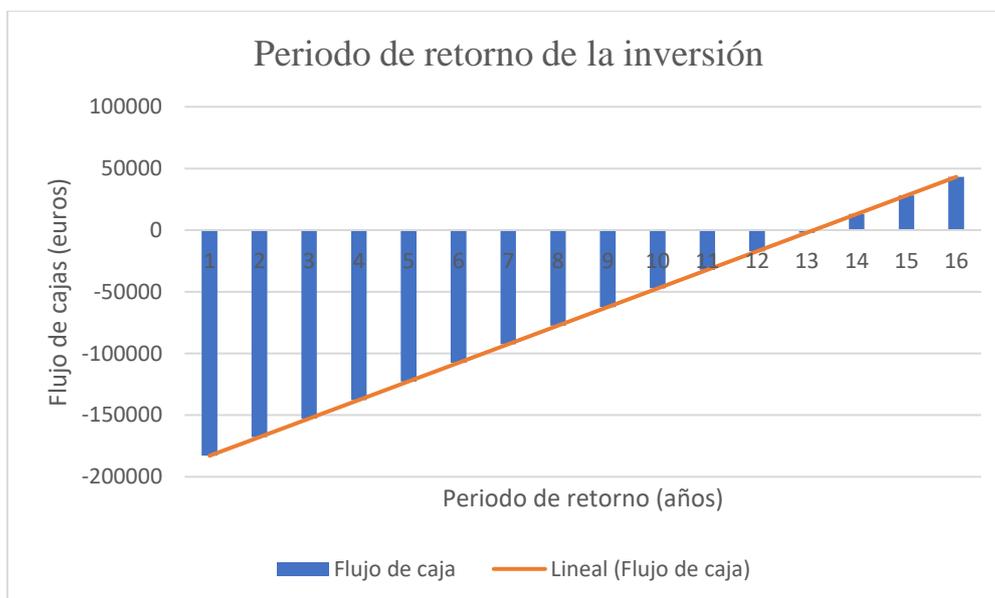


Gráfico 5.4 Periodo de retorno de la inversión en variadores (Fuente: Elaboración propia)

Para concluir se expone una tabla resumen con los resultados tras los cálculos de los indicadores.

| Indicadores de viabilidad | Resultado   |
|---------------------------|-------------|
| VAN                       | 41.833,22 € |
| TIR                       | 5,32%       |
| Periodo de retorno        | 12,14 años  |

Tabla 5.16 Resumen de los indicadores de la inversión en variadores de frecuencia (Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.5. Sistema de gestión energética

El retorno de la inversión de los sistemas de gestión energética (SGen) según varios estudios es difícil de cuantificar, llegando al punto de la no recuperación del dinero invertido.

En el caso de la implementación de estos sistemas en el hotel, el gasto anual estimado según las fuentes está entorno a los 4.500 euros al tratarse de una empresa mediana, los cuales están enfocados principalmente al coste de la certificación ISO 50001 y al mantenimiento de dicha certificación.

A continuación, se muestra el ahorro anual tanto en consumo como económicamente basado en las cifras de 2.021 para de esta manera poder visualizar la propuesta de mejora, aplicando un porcentaje 10% por la improbabilidad de situarse la mejora en el caso más favorable. También se mantienen los precios del propano y la electricidad para simplificar los cálculos.

|          | Consumo (kWh) | Costes (€) |
|----------|---------------|------------|
| Sin SGen | 4.129.918     | 299.816    |
| Con SGen | 3.716.926,20  | 269.834,40 |
| Ahorro   | 412.991,80    | 29.981,60  |

Tabla 5.17 Ahorro tras implantar SGen (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla expuesta seguidamente se indica el beneficio anual a obtener con dicha implementación.

| Ahorros (€) | Gastos (€) | Beneficio (€) |
|-------------|------------|---------------|
|-------------|------------|---------------|



|           |       |           |
|-----------|-------|-----------|
| 29.981,60 | 4.500 | 25.481,60 |
|-----------|-------|-----------|

Tabla 5.18 Beneficio anual con SGEn (Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.5.1. VAN

Una vez definidos tanto el ahorro como el gasto anual, así como el beneficio anual, se puede calcular el VAN.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 18.150 €
- Tipo de interés ( $k$ ): 3%
- Tiempo ( $t$ ): 10 años
- Flujo de caja ( $V$ ): 25.481,60  $\frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$VAN = \left( \frac{25.481,60_1}{(1 + 0,03)^1} + \frac{25.481,60_2}{(1 + 0,03)^2} + \dots + \frac{25.481,60_t}{(1 + 0,03)^t} \right) - 18.150$$

$$VAN = 217.363,22 \text{ €}$$

La operación es viable económicamente debido a que el valor resultante es superior a 0.

### 5.2.5.2. TIR

La aplicación del parámetro TIR reafirmará si la inversión es viable, por lo que seguidamente se procede a su cálculo.

$$0 = \left( \frac{25.481,60_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{25.481,60_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{25.481,60_t}{(1 + TIR)^t} \right) - 18.150$$

$$TIR = 140,37\%$$

### 5.2.5.3. Periodo de retorno

Una vez calculados los indicadores de viabilidad, se calcula el periodo de amortización de la implementación del sistema de gestión energética mediante la inversión inicial y el flujo de caja anual.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 18.150 €

- Flujo de caja (V):  $25.481,60 \frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$PR = \frac{18.150 \text{ €}}{25.481,60 \frac{\text{€}}{\text{año}}}$$

**$PR = 0,71 \text{ años}$**

Para este tipo de inversión, la operación se amortizaría antes del primer año de su implantación, inferior al periodo estimado de 10 años para recuperar la inversión.

Seguidamente se adjunta la tabla 5.19 y el gráfico 5.5, donde se puede observar la tendencia de recuperación de la inversión.

| Periodo de retorno (años) | Beneficio acumulado (€) | Flujo de caja (€) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| 0                         | 0                       | -18.150           |
| 1                         | 25.481,60               | 7.331,60          |
| 2                         | 50.963,20               | 32.813,20         |
| 3                         | 76.444,80               | 58.294,80         |
| 4                         | 101.926,40              | 83.776,40         |
| 5                         | 127.408                 | 109.258           |
| 6                         | 152.889,60              | 134.739,60        |
| 7                         | 178.371,20              | 160.221,20        |
| 8                         | 203.852,80              | 185.702,80        |
| 9                         | 229.334,40              | 211.184,40        |
| 10                        | 254.816                 | 236.666           |

Tabla 5.19 Beneficio acumulado con SGE<sub>n</sub> en el periodo de 10 años (Fuente: Elaboración propia)

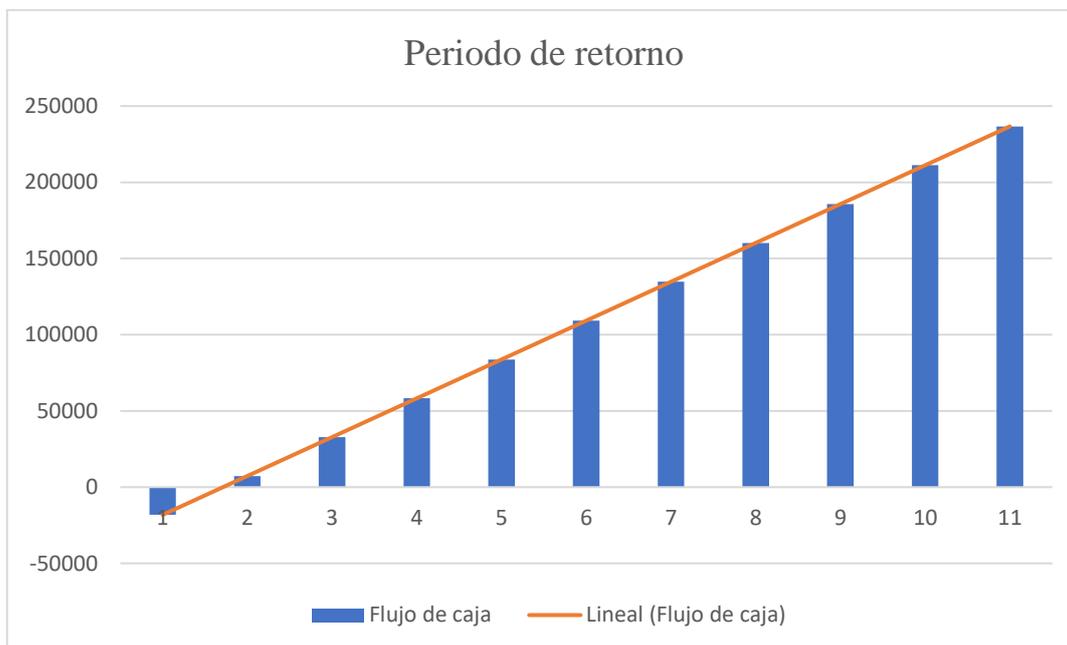


Gráfico 5.5 Periodo de retorno de la inversión en SGE<sub>n</sub> (Fuente: Elaboración propia)

Para concluir se expone una tabla resumen con los resultados tras los cálculos de los indicadores.

| Indicadores de viabilidad | Resultado    |
|---------------------------|--------------|
| VAN                       | 217.363,22 € |
| TIR                       | 140,37%      |
| Periodo de retorno        | 0,71 años    |

Tabla 5.20 Resumen de los indicadores de viabilidad (Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.6. Mitigación de armónicos

Como consecuencia de la falta de información acerca del volumen y tipología de los armónicos a mitigar, es imposible dimensionar el filtro mitigador dificultando de esta manera la realización de una estimación de costes y la viabilidad económica de la viabilidad.

Por esta razón, en este apartado solo se expondrá el ahorro energético y económico de la propuesta de mejora en función del porcentaje estimado por profesionales del sector, siendo en este caso de 10%.

Se han tomado como referencia los valores del periodo de 2.021 para así acotar el rango de ahorro potencial a obtener.

|                         | Consumo (kWh) | Costes (€) |
|-------------------------|---------------|------------|
| Sin filtro de armónicos | 1.471.946     | 164.776    |
| Con filtro de armónicos | 1.324.751,40  | 148.372,16 |
| Ahorro                  | 147.194,60    | 16.403,84  |

Tabla 5.21 Ahorro energético y económico en función de valores de 2.021 (Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.7. Producción eléctrica

En este apartado se procede al cálculo de la viabilidad del proyecto de instalación de cogeneración mediante biomasa densificada. Al tratarse de equipos fabricados a medida para cubrir la demanda del hotel tanto eléctrica como térmica y poder ubicarse en el lugar donde no ocupe demasiado espacio del parking de clientes, se van a estimar los valores de la inversión inicial conforme a lo observado y el mantenimiento de los equipos, lo que implica que el coste puede diferir del real, pudiendo ser inferior o superior del que se va a enunciar.

De acuerdo con lo observado, se va a estimar una inversión inicial de 700.000 euros para esta propuesta de mejora y un coste de mantenimiento anual de 55.430 euros donde se disgrega en salarios operarios de mantenimiento y retirada de cenizas.

Como se ha enunciado en el apartado 4.5.7, el consumo térmico se estima en 2.700.000 kWh mientras que el eléctrico en 1.500.000 kWh para 2.022 con unos precios de  $0,057 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$  y  $0,300 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$  respectivamente.

|                  | Consumo (kWh) | Costes (€) |
|------------------|---------------|------------|
| Sin cogeneración | 4.200.000     | 603.900    |
| Con cogeneración | 2.700.000     | 153.900    |
| Ahorro           | 1.500.000     | 450.000    |

Tabla 5.22 Ahorro tras implantar cogeneración (Fuente: Elaboración propia)



Como consecuencia de la cogeneración, no existe un consumo eléctrico proveniente de la red de ahí el ahorro producido tanto energéticamente como económicamente.

En la tabla expuesta seguidamente se indica el beneficio anual a obtener con dicha implementación, tras deducir los gastos, siendo estos además del mantenimiento, el consumo de los pellets de 153.900 euros.

| Ahorros (€) | Gastos (€) | Beneficio (€) |
|-------------|------------|---------------|
| 450.000     | 201.771,39 | 248.228,62    |

Tabla 5.23 Beneficio anual con cogeneración (Fuente: Elaboración propia)

### 5.2.7.1. VAN

Una vez definidos tanto el ahorro como el gasto anual, así como el beneficio anual, se puede calcular el VAN.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 700.000 €
- Tipo de interés (k): 3%
- Tiempo (t): 25 años
- Flujo de caja (V): 248.228,62  $\frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$VAN = \left( \frac{248.228,62_1}{(1 + 0,03)^1} + \frac{248.228,62_2}{(1 + 0,03)^2} + \dots + \frac{248.228,62_t}{(1 + 0,03)^t} \right) - 700.000$$

$$VAN = 3.622.441,54 \text{ €}$$

### 5.2.7.2. TIR

La aplicación del parámetro TIR reafirmará si la inversión es viable, por lo que seguidamente se procede a su cálculo.

$$0 = \left( \frac{248.228,62_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{248.228,62_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{248.228,62_t}{(1 + TIR)^t} \right) - 700.000$$

$$TIR = 35,44\%$$

5.2.7.3. *Periodo de retorno*

Una vez calculados los indicadores de viabilidad, se calcula el periodo de amortización de la instalación de biomasa mediante la inversión inicial y el flujo de caja anual.

- Inversión inicial ( $I_0$ ): 700.000 €
- Flujo de caja (V): 248.228,62  $\frac{\text{€}}{\text{año}}$

$$PR = \frac{700.000 \text{ €}}{248.228,62 \frac{\text{€}}{\text{año}}}$$

**PR = 2,82 años**

Para este tipo de inversión, la operación daría beneficios a partir de los 2,82 años de su instalación, rebasando con creces la vida útil estimada para este tipo de instalaciones de biomasa siendo ésta de 25 años.

Seguidamente se adjunta la tabla 5.24 y el gráfico 5.6, donde se puede observar la tendencia de recuperación de la inversión, alcanzándose el retorno antes de la finalización de la vida útil.

| Periodo de retorno (años) | Beneficio acumulado (€) | Flujo de caja (€) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| 0                         | 0                       | -700.000          |
| 1                         | 248.228,62              | -451.771,39       |
| 2                         | 496.457,23              | -203.542,77       |
| 3                         | 744.685,85              | 44.685,85         |
| 4                         | 992.914,46              | 292.914,46        |
| 5                         | 1.241.143,08            | 541.143,08        |
| 6                         | 1.489.371,69            | 789.371,69        |
| 7                         | 1.737.600,31            | 1.037.600,31      |
| 8                         | 1.985.828,92            | 1.285.828,92      |



ESTUDIO ENERGÉTICO EN UN ESTABLECIMIENTO HOTELERO  
CON BALNEARIO Y PROPUESTA DE MEJORAS ENERGÉTICAS

|    |              |              |
|----|--------------|--------------|
| 9  | 2.234.057,54 | 1.534.057,54 |
| 10 | 2.482.286,15 | 1.782.286,15 |
| 11 | 2.730.514,77 | 2.030.514,77 |
| 12 | 2.978.743,38 | 2.278.743,38 |
| 13 | 3.226.972    | 2.526.972    |
| 14 | 3.475.200,62 | 2.775.200,62 |
| 15 | 3.723.429,23 | 3.023.429,23 |
| 16 | 3.971.657,85 | 3.271.657,85 |
| 17 | 4.219.886,46 | 3.519.886,46 |
| 18 | 4.468.115,08 | 3.768.115,08 |
| 19 | 4.716.343,69 | 4.016.343,69 |
| 20 | 4.964.572,31 | 4.264.572,31 |
| 21 | 5.212.800,92 | 4.512.800,92 |
| 22 | 5.461.029,54 | 4.761.029,54 |
| 23 | 5.709.258,15 | 5.009.258,15 |
| 24 | 5.957.486,77 | 5.257.486,77 |
| 25 | 6.205.715,38 | 5.505.715,38 |

Tabla 5.24 Beneficio acumulado con cogeneración en el periodo de 25 años (Fuente: Elaboración propia)

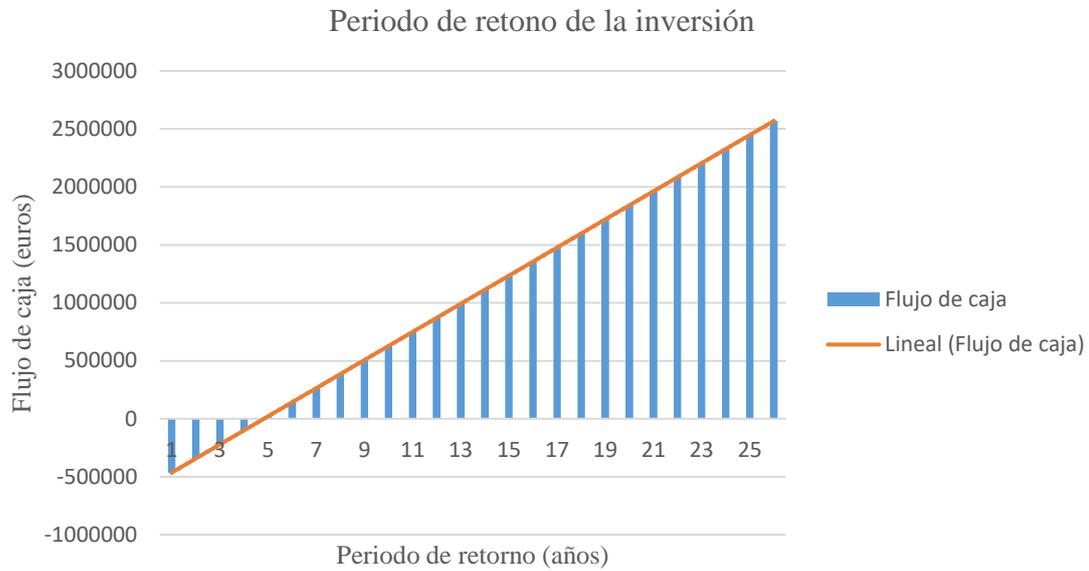


Gráfico 5.6 Periodo de retorno de la inversión en cogeneración (Fuente: Elaboración propia)

Para concluir se expone una tabla resumen con los resultados tras los cálculos de los indicadores.

| Indicadores de viabilidad | Resultado     |
|---------------------------|---------------|
| VAN                       | 3.622.441,54€ |
| TIR                       | 35,44%        |
| Periodo de retorno        | 2,82 años     |

Tabla 5.25 Resumen de los indicadores de viabilidad (Fuente: Elaboración propia)



## 6. CONCLUSIONES

La implantación de las propuestas de mejora descritas en los apartados anteriores sería beneficiosa para el complejo hotelero tanto en el ámbito medioambiental por la reducción de emisiones de  $CO_2$  a la atmósfera, cuya legislación y mercado las regula será más estricto a medida que pasen los años, y fomentando la generación de una imagen positiva de cara a los clientes, como en el ámbito económico, el cual sería potenciado en el medio-largo plazo siendo una empresa aún más competitivo de lo que es en la actualidad.

Como se expone en el apartado 5, las propuestas son viables económicamente a fecha de 2.022 pudiendo variar en el corto-medio plazo por la volatilidad de los mercados energéticos, generándose una incertidumbre en las inversiones, haciendo de esta situación el principal inconveniente para implementar las soluciones expuestas. Sin embargo, en la casuística de no aplicarse puede darse una pérdida de beneficios en el hotel por la escalada de precios, perdiendo competitividad con respecto a otros hoteles de la región, conllevando a un incremento de los servicios prestados para equilibrar las cuentas.

En la actualidad, la instalación se mantendrá igual hasta que estas propuestas no se implanten, proyectándose unos consumos energéticos a futuros de carácter similar respecto a otros años.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] US EPA, OAR. Global Greenhouse Gas Emissions Data. 12 enero 2016.  
[Consulta 3 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- [2] U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM, WUEBBLES, D.J., FAHEY, D.W., HIBBARD, K.A., DOKKEN, D.J., STEWART, B.C. and MAYCOCK, T.K. *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I*. U.S. Global Change Research Program, 2017. [Consulta 27 febrero 2022].  
Disponible en: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
- [3] BBVA. ¿Qué es el protocolo de Kioto y cuál era su objetivo? *BBVA NOTICIAS*.  
[Consulta 27 febrero 2022]. Disponible en:  
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-protocolo-de-kioto-y-cual-era-su-objetivo/>
- [4] Todavía es posible alcanzar la segunda fase de reducción de emisiones de Kyoto pero es necesaria más ambición. [Consulta 28 febrero 2022]. Disponible en:  
<https://unfccc.int/es/news/todavia-es-posible-alcanzar-la-segunda-fase-de-reduccion-de-emisiones-de-kyoto-pero-es-necesaria-mas#:~:text=La%20Enmienda%20reforz%C3%B3%20los%20compromisos,con%20los%20niveles%20de%201990>
- [5] El Acuerdo de París. [Consulta 1 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>
- [6] Un Pacto Verde Europeo. *Comisión Europea - European Commission*.  
[Consulta 1 marzo 2022]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es)
- [7] MITECO. *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030*. 20 enero 2020. MITECO. [Consulta 15 enero 2022]. Disponible en:  
[https://www.miteco.gob.es/images/es/pniecCompleto\\_tcm30-508410.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/pniecCompleto_tcm30-508410.pdf)
- [8] MITECO. *El Gobierno aprueba la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo, que marca la senda para alcanzar la neutralidad climática a 2050*.  
[Consulta 15 enero 2022]. Disponible en:  
<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/el-gobierno-aprueba-la-estrategia-de-descarbonizaci%C3%B3n-a-largo-plazo-que-marca-la-senda-para-alcanzar-la-neutralidad-clim%C3%A1tica-a-2050/tcm:30-516141>
- [9] Las importaciones de gas suben el 8 % en 2021 pero son un 6 % menos que en 2019. [Consulta 5 marzo 2022]. Disponible en:  
<https://www.efe.com/efe/espana/economia/las-importaciones-de-gas-suben-el-8-en-2021-pero-son-un-6-menos-que-2019/10003-4736106>
- [10] El Economista. El alza de los precios de la energía restará 1,3 puntos al PIB este año - elEconomista.es. [Consulta 5 marzo 2022]. Disponible:  
<https://www.eleconomista.es/economia/noticias/11486580/11/21/El-alza-de-los-precios-de-la-energia-restara-13-puntos-al-PIB-este-ano.html>
- [11] *Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España*. Asociación de Empresas de Energías Renovables. [Consulta 10 marzo 2022]. p-39. Disponible en: <https://www.appa.es/wp>

[content/uploads/2020/11/Estudio\\_Impacto\\_Macroeconomico\\_Renovables\\_Espana\\_2019.pdf](content/uploads/2020/11/Estudio_Impacto_Macroeconomico_Renovables_Espana_2019.pdf)

- [12] Precios CO<sub>2</sub> - Sendeco2. [Consulta 22 abril 2022]. Disponible en: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- [13] La eólica en España. *Asociación Empresarial Eólica*. [Consulta 22 abril 2022]. Disponible en: <https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-en-espana/>
- [14] La potencia instalada de solar fotovoltaica en España aumenta casi un 30% en 2021 | Red Eléctrica de España. [Consulta 22 abril 2022]. Disponible en: <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2022/03/potencia-instalada-solar-fotovoltaica-en-espana-aumenta-casi-un-30-por-ciento-en-2021>
- [15] IDAE. [Consulta 25 abril 2022]. Disponible en: <https://www.idae.es/informacion-y-publicaciones/estudios-informes-y-estadisticas>
- [16] Geothermal energy. *geothermal*. [Consulta 21 abril 2022]. Disponible en: <https://www.irena.org/geothermal>
- [17] ¿Qué es la energía geotérmica? *preciogas.com*. [Consulta 30 marzo 2022]. Disponible en: <https://preciogas.com/instalaciones/geotermia>
- [18] Nuevos refrigerantes aplicados a la bomba de calor aerotérmica. *CASADOMO*. [Consulta 18 abril 2022]. Disponible en: <https://www.casadomo.com/comunicaciones/nuevos-refrigerantes-aplicados-bomba-calor-aerotermica>
- [19] ¿Qué es Aerotermia? ¿Cómo funciona? Sistemas e instalación - Toshiba Aire. [Consulta 18 abril 2022]. Disponible en: [https://www.toshiba-aire.es/que-es-aerotermia/?gclid=EA1aIQobChMI383nsvyE-AIVDah3Ch2WDwpNEAAYASABEGlxBvD\\_BwE](https://www.toshiba-aire.es/que-es-aerotermia/?gclid=EA1aIQobChMI383nsvyE-AIVDah3Ch2WDwpNEAAYASABEGlxBvD_BwE)
- [20] CASTILLO, Inma C, ESTEIRE, Eva, MADRID VICENTE, Antonio and MADRID CENZANO, Javier. *Energía solar fotovoltaica y térmica: manual técnico: con diagramas de flujo, tablas, casos prácticos resueltos y otras ilustraciones*. Primera edición. Madrid: AMV Ediciones, 2020. ISBN 978-84-120235-9-6
- [21] RUIZ GÓMEZ, Abraham. *Energía solar fotovoltaica: autoconsumo: energía solar térmica*. Primera edición. Madrid: Centro de Estudios Financieros, 2019. ISBN 978-84-454-3934-0
- [22] BBVA. ¿Qué es la eficiencia energética y cómo se calcula? *BBVA NOTICIAS*. [Consulta 29 abril 2022]. Disponible: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-eficiencia-energetica-y-como-se-calcula/>
- [23] Marco legislativo 2030, Paquete de Invierno. [Consulta 26 abril 2022]. Disponible en: <https://www.idae.es/informacion-y-publicaciones/marco-legislativo-2030-el-paquete-de-invierno>
- [24] CE3X /CEX Programa para la certificación energética de edificios. [Consulta 29 abril 2022]. Disponible en: <http://www.efinova.es/CE3X>
- [25] PVGIS Photovoltaic Geographical Information System. [Consulta 30 abril 2022]. Disponible en: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en)
- [26] Coordenadas. *Google Maps*. [Consulta 30 abril 2022]. Disponible en: <https://www.google.es/maps/place/43%C2%B017'56.7%22N+3%C2%B057'56.1%22W/@43.298695,->

[3.9646484,19.17z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0xbfcd6a45ab9d47b!8m2!3d43.2992572!4d-3.9656441](https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf)

- [27] *Documento Básico HE: Ahorro de Energía*. Código Técnico de la Edificación. 20 diciembre 2019. Ministerio de Fomento. [Consulta 2 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>
- [28] Real Academia Española. [Consulta 9 mayo 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/>
- [29] Clima Puente Viesgo: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Puente Viesgo - Climate-Data.org. [Consulta 9 mayo 2022]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/europe/espana/cantabria/puente-viesgo-210022/>
- [30] JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission. [Consulta 10 mayo 2022]. Disponible en: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)
- [31] *Estudio geotérmico preliminar de Asturias y Cantabria*. Instituto Geológico Minero Español. [Consulta 10 mayo 2022]. Disponible en: [http://info.igme.es/SidPDF/019000/496/19496\\_0001.pdf](http://info.igme.es/SidPDF/019000/496/19496_0001.pdf)
- [32] ¿Cómo prevenir la legionella en instalaciones de ACS? *Saltoki*. [Consulta 14 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.saltoki.com/blog/como-prevenir-legionella-instalaciones-acs>
- [33] SANTAMARIA, Pedro. ¿Qué es la iluminación LED? Especial: Iluminación LED. *Xataka Smart Home*. 17 octubre 2012. [Consulta 5 junio 2022]. Disponible en: <https://www.xatakahome.com/iluminacion-y-energia/que-es-la-iluminacion-led-especial-iluminacion-led>
- [34] Benefits and drawbacks of LEDs. *LEDs Magazine*. 24 enero 2005. [Consulta 5 junio 2022]. Disponible en: <https://www.ledsmagazine.com/architectural-lighting/retail-hospitality/article/16696265/benefits-and-drawbacks-of-leds>
- [35] ¿Cómo elegir la potencia de una bombilla LED? - Intensidad de luz. [Consulta 5 junio 2022]. Disponible: <https://www.silumen.com/es/content/45-como-elegir-la-potencia-de-una-bombilla-led>
- [36] Generador de precios. CYPE Ingenieros S.A [Consulta 20 junio 2022]. Disponible en: <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>
- [37] Ventajas de controlar la iluminación de tu hogar con domótica. *Hogarmania*. 19 mayo 2021. [Consulta 6 junio 2022]. Disponible en: <https://www.hogarmania.com/hogar/tecnologia/control-iluminacion-con-domotica.html>
- [38] Regulación Dali - ¿Qué es y cómo funciona el sistema DALI? *Luz y Color 2000 / Proyectos de iluminación*. [Consulta 7 junio 2022]. Disponible en: <https://www.luzycolor2000.com/noticias/regulacion-dali/>
- [39] *Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España*. 14 enero 2019. IDAE. [Consulta 9 junio 2022]. Disponible en: [https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores\\_emision\\_CO2.pdf](https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf)
- [40] Precio del kWh de gas natural 2022. *preciogas.com*. [Consulta 11 junio 2022]. Disponible en: <https://preciogas.com/faq/precio-kwh>



- [41]CENZANO, Javier M, CASTILLO, I.C and MADRID, A. *La biomasa energética con diagramas de flujo, tablas, casos prácticos resueltos y otras ilustraciones, para la formación de profesionales de esta materia*. AMV Ediciones, 2019. ISBN 9788412095425.
- [42]Boletín de precios de biomasa para usos térmicos. IDAE. [Consulta 11 junio 2022]. Disponible en:  
[https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/docus\\_idae\\_sofia/046\\_boletin\\_precios\\_biomasa\\_mayo\\_2018.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/docus_idae_sofia/046_boletin_precios_biomasa_mayo_2018.pdf)
- [43]Naturbero | Pellet a Granel camión cisterna 13 Toneladas. *Naturbero*. [Consulta 15 junio 2022]. Disponible en: <https://www.naturbero.com/producto/camion-cisterna-1-13-toneladas>
- [44]Energía Solar Térmica | Preguntas frecuentes | Información | Inega: Instituto Enerxético de Galicia. [Consulta 11 junio 2022]. Disponible en:  
[https://www.inega.gal/informacion/preguntas\\_frecuentes/enerxia\\_solar\\_termica.html?idioma=es#:~:text=Como%20referencia%2C%20el%20coste%20de,instalacion es%20con%20tubos%20de%20vac%C3%ADo](https://www.inega.gal/informacion/preguntas_frecuentes/enerxia_solar_termica.html?idioma=es#:~:text=Como%20referencia%2C%20el%20coste%20de,instalacion es%20con%20tubos%20de%20vac%C3%ADo).
- [45]Acumulador de agua Junkers MVV-3500-RB. *Gasfriocalor.com*. [Consulta 11 junio 2022]. Disponible en:  
<https://www.gasfriocalor.com/acumulador-de-agua-junkers-mvv-3500-rb>
- [46]Pros and Cons of Using a VFD. *Energy Management Corporation*. 4 febrero 2021. [Consulta 7 junio 2022]. Disponible en:  
<https://emcsolutions.com/2021/02/04/vfds-pros-and-cons/>
- [47]How VFD and VDS Drives Save Energy | Control Techniques. [Consulta 7 junio 2022]. Disponible en: <https://acim.nidec.com/en-us/drives/control-techniques/downloads/how-drives-save-energy>
- [48]Catálogo BP 2019 *Building Products: Productos y sistemas para edificios confortables y eficientes*. [Consulta 7 junio 2022]. Disponible en: [www.siemens.es](http://www.siemens.es)
- [49]LASKURAIN-ITURBE, Iker, WULANDARI, Maria, HERAS-SAIZARBITORA, Iñaki and CASADESÚS-FA, Martí. Sistemas de gestión energética: ¿resultan rentables? *Revista DYNA. Ingeniería e Industria*. mayo 2015. Vol. 90, p. 270–278. [Consulta 20 junio 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.6036/7291>.
- [50]Precio ISO 50001. *Certicalia*. [Consulta 20 junio 2022]. Disponible en: <https://www.certicalia.com/precio/iso-50001>
- [51]Sources Of Energy Savings With A Harmonics Filter. *Onics Energy Solutions / Total Harmonics Distortion Filter*. [Consulta 8 junio 2022]. Disponible en:  
<https://www.onicsenergy.com/energy-saving-blog/2018/7/11/sources-of-energy-savings-with-a-harmonics-filter>
- [52]Precio kWh hoy: precio de la luz hora a hora en España. *Selectra*. [Consulta 21 junio 2022]. Disponible en: <https://selectra.es/energia/info/que-es/precio-kwh>
- [53]VIAINTERMEDIA.COM. Bioenergía - El invierno se presenta con los precios de pélets y astillas muy por debajo del gas. *Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias*. [Consulta 22 junio 2022]. Disponible en: <https://www.energias-renovables.com/bioenergia/el-invierno-se-presenta-con-los-precios-20191218#:~:text=El%20C3%8Dndice%20de%20Precios%20de,en%20saco%20de%20quinque%20kilos>.

- [54] Precio del GLP para viviendas y vehículos. *preciogas.com*.  
[Consulta 22 junio 2022]. Disponible en:  
<https://preciogas.com/instalaciones/glp/precios>
- [55] ¿Cómo instalar placas solares y cuánto me cuesta? *Selectra*.  
[Consulta 22 junio 2022]. Disponible en:  
<https://selectra.es/autoconsumo/info/instalacion>
- [56] Inversor Red Trifásico 100kW Fronius Tauro D | AutoSolar.  
[Consulta 21 junio 2022]. Disponible en: <https://autosolar.es/inversores-de-red-trifasicos/inversor-red-trifasico-100kw-fronius-tauro-d>
- [56] BBVA. BBVA ESPAÑA. [Consulta 5 junio 2022]. Disponible en:  
<https://www.bbva.es/diccionario-economico/v/valor-actual-neto--van.html>
- [57] Van y TIR: Concepto, diferencias y cómo calcularlos | Economía 3. 9 febrero 2021. [Consulta 5 junio 2022]. Disponible en: <https://economia3.com/van-tir-concepto-diferencias-como-calcularlos/>
- [59] BBVA. BBVA ESPAÑA. 3 junio 2022. [Consulta 5 junio 2022]. Disponible en:  
<https://www.bbva.es/diccionario-economico/t/tasa-interna-de-rendimiento.html>
- [60] Plazo de recuperación - Expansion.com. [Consulta 5 junio 2022]. Disponible en:  
<https://www.expansion.com/diccionario-economico/plazo-de-recuperacion.html>
- [61] Tabla Anual de Interés Legal del Dinero y de Demora. [Consulta 20 junio 2022].  
Disponible en: <https://www.reicaz.org/normaspr/tablasdi/tbldiner.htm>