

Trabajo Fin de Grado

Estudio de la eficiencia energética de la Base
"General Menacho". Propuestas de mejora

Autor

Damián Navarro López de Jaureguizar

Director/es

Director académico: Dr. Miguel Ángel García García

Director militar: Cap. D. Jaime Mallol de la Cierva

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022

Agradecimientos

Fiel al refranero español, y concretamente a uno de sus más certeros refranes que reza “es de bien nacido ser agradecido”, quiero dar las gracias a todos aquellos que han hecho posible este trabajo, con el que pongo fin a una de las etapas más importantes de mi vida: la de cadete.

Especialmente a Miguel Ángel, mi tutor durante este trabajo, por su total disponibilidad, y que sin su ayuda y seguimiento no habría sido posible.

También agradecer al personal de la 3ªCIAMZ del RI “Saboya” por acogerme como uno más durante el periodo de las prácticas externas. Por supuesto, agradecer también la colaboración del personal de la sección de Apoyo a Instalaciones, quién facilitó la mayor parte de la información necesaria para este trabajo.

A mi familia, que con su esfuerzo me ha proporcionado la educación que me ha permitido convertirme en la persona que soy hoy en día.

A mis camaradas, especialmente aquellos que decidieron servir a España desde las abnegadas filas de la infantería, que junto a ellos y, remando en la misma dirección, hemos conseguido cumplir con la misión. Con ellos he vivido experiencias que me han forjado en valores tales como el sacrificio, la satisfacción por el deber cumplido y la voluntad de vencer, fundamentales para este trabajo.

A todos vosotros, muchas gracias.

RESUMEN

La eficiencia energética es un campo que se ha desarrollado mucho en los últimos años. Este TFG (Trabajo de Fin de Grado) tiene como uno de sus objetivos principales, proponer mejoras que permitan aumentar la eficiencia energética en la Base “General Menacho”, situada en Badajoz y que alberga a la Brigada “Extremadura” XI.

Este incremento en el interés por la eficiencia energética es una consecuencia de la preocupación de los estados y los organismos internacionales por el medio ambiente. Existe normativa a nivel europeo que obliga a los estados miembros a invertir en eficiencia energética, y, por ende, el Ministerio de Defensa no queda al margen.

La finalidad de este Trabajo es definir las directrices de la política energética, en el medio y largo plazo, que debe seguir la Base para mejorar su desempeño energético.

Para ello se ha establecido una línea base, realizando un inventario de las principales fuentes de consumo de energía que hay (ACS, iluminación y climatización). Posteriormente se ha estudiado cuánto consumen cada uno de ellos para poder agruparlos según la fuente primaria de energía.

Posteriormente, teniendo en cuenta las tecnologías actuales, se han propuesto una serie de medidas que permiten aumentar la eficiencia energética. Además, se ha realizado un análisis económico de la viabilidad de las medidas, calculando el ahorro tanto energético como económico y el periodo de retorno de la inversión.

Finalmente, se definen unos indicadores de desempeño que permiten llevar un seguimiento de la política energética. Además, también sirven para ayudar a tomar decisiones a la hora de invertir en algún proyecto de mejora. Estos indicadores son fundamentales, ya que nos ofrecen información de primera mano sobre la evolución de la política energética.

Por ello, se puede concluir que el presente TFG tiene dos claros objetivos. Por un lado, mejorar el desempeño energético de la Base “General Menacho” y por otro lado, contribuir a la sostenibilidad del planeta. De esta manera se pretende garantizar, a pequeña escala, un mundo mejor para las siguientes generaciones.

PALABRAS CLAVE

Energía, eficiencia energética, índices de desempeño, medio ambiente, mejoras

ABSTRACT

Energy efficiency is a field that has developed a lot in recent years. One of the main objectives of this TFG (Final Degree Project) is to propose improvements to increase energy efficiency at the "General Menacho" Base, located in Badajoz, which houses the "Extremadura" XI Brigade.

This increased interest in energy efficiency is a consequence of the concern of states and international organisations for the environment. There are European regulations that oblige member states to invest in energy efficiency, and therefore the Ministry of Defence is not left out.

The purpose of this work is to define the medium- and long-term energy policy guidelines that the Base must follow to improve its energy performance.

To this end, a baseline has been established, carrying out an inventory of the main sources of energy consumption (DHW, lighting and air conditioning). Subsequently, we studied how much each of them consumes in order to group them according to the primary energy source.

Subsequently, taking into account current technologies, a series of measures have been proposed to increase energy efficiency. In addition, an economic analysis of the viability of the measures has been carried out, calculating both energy and economic savings and the payback period for the investment.

Finally, performance indicators are defined to monitor the energy policy. In addition, they also help to make decisions when it comes to investing in an improvement project. These indicators are essential, as they provide first-hand information on the evolution of the energy policy.

Therefore, it can be concluded that this dissertation has two clear objectives. On the one hand, to improve the energy performance of the "General Menacho" Base and, on the other hand, to contribute to the sustainability of the planet. In this way, the aim is to guarantee, on a small scale, a better world for future generation

KEYWORDS

Energy, energy efficiency, performance indicators, environment, improvements



INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
Energy, energy efficiency, performance indicators, environment, improvements	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	3
2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE	3
2.2. METODOLOGÍA	3
2.2.1 Entrevistas	3
2.2.1 Normativa	4
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)	5
3.1 Norma UNE-EN ISO 50001:2018 "Sistemas de gestión de energía"	6
4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	8
4.1. INVENTARIO DE CONSUMO	10
4.1.1. Iluminación	10
4.1.2 Climatización frío	13
4.1.3 Calefacción.....	14
4.1.4 Agua caliente sanitaria (ACS).....	15
4.2 Interpretación de resultados	17
5. Propuestas de mejora	19
5.1 Instalación de luminarias LED en el exterior	19
5.1.1 Análisis económico	19
5.2 Instalación de lámparas LED para iluminación interior.....	20
5.2.1 Análisis económico	21
5.3 Calderas de biomasa	22
5.3.1 Análisis económico	24
5.4 Campaña de concienciación.....	24
5.5 Sustitución de las ventanas.....	25
5.5.1 Análisis económico	28



Damián Navarro López de Jaureguizar

5.6 Otras medidas.....	29
6. Indicadores de desempeño (IDEn's).....	30
6.1 IDEn 1. Consumo de energía por servicio.....	30
6.2 IDEn 2. Consumo de energía por equipo.....	31
6.3 IDEn 3. Consumo de energía por persona en la base.....	32
6.4 IDEn 4. Consumo de energía por tipo de combustible.....	32
7. CONCLUSIONES.....	33
8. Referencias.....	34
ANEXOS.....	i
Anexo I. Cálculo detallado de la demanda de energía para ACS.....	iii
Anexo II. Presupuesto caldera de biomasa desglosado (Termosun).....	iv
Anexo III. Detalles técnicos luminaria exterior.....	xi
Anexo IV. Detalles técnicos proyector LED.....	xii



INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Evolución del precio de recursos naturales. Fuente: Bloomberg	1
Ilustración 2. Desglose de la ETID. Fuente: Elaboración propia.....	6
Ilustración 3. Ciclo PHVA. Fuente UNE EN ISO 50001	7
Ilustración 4. Consumo de gasoil en los últimos 4 años. Fuente: Elaboración propia	8
Ilustración 5. Consumo de electricidad (kW) en los últimos 4 años. Fuente: elaboración propia.....	10
Ilustración 6. Luminaria exterior sobre soporte de pared, bombilla de vapor de mercurio de alta presión. Fuente: elaboración propia.....	12
Ilustración 7. Luminaria exterior sobre soporte viario, bombilla de vapor de sodio de alta presión. Fuente: elaboración propia	13
Ilustración 8. Caldera ACC 1. Fuente: elaboración propia	15
Ilustración 9. Caldera ACC 2. Fuente: elaboración propia	15
Ilustración 10. Caldera ACS1. Fuente: elaboración propia	16
Ilustración 11. Caldera ACS 2. Fuente: elaboración propia	17
Ilustración 12. Equipos de aerotermia. Fuente: elaboración propia	17
Ilustración 13. Comparación de consumos. Fuente: elaboración propia	18
Ilustración 14. Instalación de caldera de biomasa. Fuente: Herz	23
Ilustración 15. Cartel de la campaña de concienciación. Fuente: Gobierno de Aragón	25
Ilustración 16. Ventana del edificio de PLMDD. Fuente: elaboración propia	26
Ilustración 17. Comparativa de ventanales. Fuente: ANDIMA	27
Ilustración 18. Ventana PVC 4-12-4. Fuente: BricoDepot.....	28



Damián Navarro López de Jaureguizar



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo de gasoil (litros) en los últimos 4 años. Fuente: USBA "General Menacho"	8
Tabla 2. Distribución de central térmica 1. Fuente: Elaboración propia.....	9
Tabla 3. Distribución de central térmica 2. Fuente: Elaboración propia.....	9
Tabla 4. Consumo de de electricidad (kW) en los últimos 4 años. Fuente: USBA "General Menacho"	9
Tabla 5. Inventario de potencia del alumbrado interior. Fuente: elaboración propia	11
Tabla 6 Inventario de potencia del alumbrado exterior. Fuente: elaboración propia.	11
Tabla 7. Estimación de horas de uso de las luminarias exteriores. Fuente: Elaboración propia.....	12
Tabla 8. Inventario de potencia de la climatización frío. Fuente: elaboración propia	13
Tabla 9. Inventario de calderas dedicas a ACC. Fuente: elaboración propia	14
Tabla 10. Inventario de los equipos encargados del ACS. Fuente:elaboración propia	16
Tabla 11. Comparación luminarias exteriores actuales y luminarias LED. Fuente: elaboración propia	19
Tabla 12. Inventario de potencia alumbrado exterior y coste de la inversión. Fuente: Elaboración propia.	20
Tabla 13. Tabla 11. Comparación luminarias interiores actuales y luminarias LED. Fuente: elaboración propia	21
Tabla 14. Tabla 11. Comparación luminarias interiores actuales y luminarias LED. Fuente: elaboración propia.....	21
Tabla 15. Tabla 11. Comparación luminarias interiores actuales y luminarias LED. Fuente: elaboración propia.....	21
Tabla 16. Inventario de potencia alumbrado interior y coste de la inversión. Fuente: Elaboración propia..	22
Tabla 17. Comparativa de ventanales. Fuente: ANDIMA	27
Tabla 18. Cálculo del ahorro tanto energético como económico debido a las pérdidas de los ventanales.	28





ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACC	Agua caliente calefacción
ACS	Agua caliente sanitaria
AENOR	Asociación española de normalización y certificación
BAE, s	Bases, acuartelamientos y establecimientos
Bri	Brigada
CEN	Comité europeo de normalización
EN	European norm
ETID	Estrategia de tecnología e innovación para la defensa
Eur	Euros
FAS	Fuerzas Armadas
IDAE	Instituto para la diversificación y ahorro de energía
IDEn's	Indicadores de desempeño energético
ISO	Organización internacional de estandarización
LED	Diodo emisor de luz
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PVC	Policloruro de vinilo
REE	Red Eléctrica Española
TOA	Transporte Oruga Acorazado
UNE	Una norma española
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura
USBA	Unidad de servicios de la Base
VCI	Vehículo de combate de infantería
VEC	Vehículo de exploración de caballería





1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la humanidad es notablemente dependiente de la energía. Es por ello, que, al haber recursos limitados, el empleo de la energía siempre ha tratado de regularse, desde el precio del crudo hasta, incluso la luz solar (conocido como impuesto al sol, que gravaba las facturas de aquellos que optaban por el autoconsumo eléctrico).

Como es lógico, en un contexto en el que unos países dependen energéticamente de otros países, los recursos energéticos siempre han sido un objetivo geopolítico, provocando grandes crisis energéticas como las crisis del petróleo (1973, 1979), debido al apoyo occidental a Israel, en sus guerras contra sus países vecinos. Por tanto, una crisis energética se podría definir como una repentina escasez o una repentina subida de los precios de los recursos energéticos. En la actualidad nos encontramos ante esta situación, como puede observarse en la Ilustración 1, y es por ello que el concepto de eficiencia energética se encuentra a la orden del día.

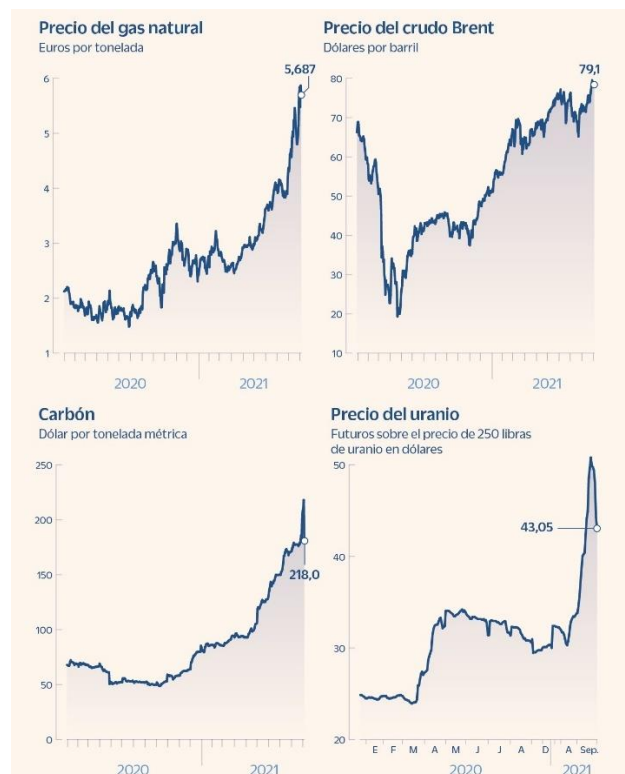


Ilustración 1. Evolución del precio de recursos naturales. Fuente: Bloomberg

Pero, ¿qué es la eficiencia energética? Aunque en ocasiones es un concepto que se mezcla con el medio ambiente, no es más que conseguir mantener o aumentar unos niveles de producción de bienes o servicios, y también de creación de confort, utilizando menos recursos. En ocasiones es realmente complicado de conseguir, ya que tiene que haber un avance de la tecnología para conseguir esa reducción de consumo de recursos. Es por ello que existe un campo de investigación muy amplio. Además, muchos gobiernos se han volcado con la idea, ofreciendo ayudas a la I+D+i en este ámbito., ya que tienen intereses tanto en reducir el consumo de recursos, como en mejorar el medio ambiente (de cara a cumplir sus compromisos organismos internacionales, como la Unión Europea o la ONU).



Damián Navarro López de Jaureguizar

El Gobierno de España no es ajeno a estos intereses, por tanto, ha implementado medidas en todos sus ámbitos para mejorar el desempeño energético. Entre los afectados, se encuentra el Ministerio de Defensa, que, como se explicará más adelante, ha emitido normativas y artículos al respecto, consiguiendo que algunas de sus bases, acuartelamientos y establecimientos (BAE, s) sean certificadas siguiendo normas internacionales de eficiencia energética.

La Bri. "EXTREMADURA" XI se encuentra alojada, en su mayoría, en la Base "General Menacho", ubicada en la localidad de Bótoa, a 20 kilómetros al norte de la ciudad de Badajoz. En ella se encuentran unidades de todas las especialidades, como el Regimiento de Infantería "Saboya" nº6, el Regimiento Acorazado "Castilla" nº16, el Grupo de Artillería de Campaña XI, el Batallón de Zapadores XI y el Grupo Logístico XI, entre otras unidades. La Brigada cuenta con medios acorazados y mecanizados, como el VCI "Pizarro", el TOA, el CC "Leopardo 2E" o el VEC, además también cuenta con medios de artillería autopropulsados.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

Esta memoria tiene como objetivo principal establecer las directrices de la política energética que debe llevar a cabo en la Base "General Menacho" en un horizonte a medio plazo, aplicando diferentes herramientas y procedimientos que se muestran más adelante.

Para conseguir el objetivo principal es necesaria la consecución de una serie de objetivos secundarios que se exponen a continuación:

- Estudiar la diferente normativa. Para la realización de este trabajo ha sido necesario estudiar normativa tanto a nivel europeo como normativa interna del Ministerio de Defensa (ver capítulo 3 "Antecedentes y marco teórico")
- Conocer las distintas formas de consumo energético de la Base. Para ello fue necesaria la colaboración con la sección de Apoyo a Infraestructuras, perteneciente a la USBA, la cual facilitó un inventario con las diferentes vías de consumo que hay en la Base.
- Investigar y comparar nuevas tecnologías que mejoran la eficiencia energética. Ha sido necesario leer numerosos artículos de diferentes fuentes para conseguir la opción más óptima.
- Valorar la implementación de dichas tecnologías. Aunque de manera breve, se ha estimado el periodo de retorno de la inversión.
- Establecer unos indicadores que permitan medir el desempeño energético. Estos indicadores son fundamentales para controlar que la política energética se va cumpliendo.

Ciertamente, no se tratan todas las medidas que se podrían llevar a cabo. De entre todas las que hay se han elegido unas pocas que se pueden adoptar en un corto periodo de tiempo. A pesar de ello, se muestran más medidas que no son objeto del Trabajo, pero que se deberían tener en cuenta en el futuro para mejorar aún más la eficiencia energética de la Base (ver subcapítulo 5.6 "Otras mejoras").

2.2. METODOLOGÍA

Para realizar la memoria, se han empleado principalmente dos fuentes de información: entrevistas y la consulta de la normativa vigente.

2.2.1 Entrevistas

- Entrevistas a empresas privadas. Para la obtención de documentación relativa a las posibles mejoras fue necesario ponerse en contacto con empresas privadas, concretamente con el grupo Mainjobs y con Termosun.
En el caso de Mainjobs, son los encargados de impartir los cursos que se ofrecen a miembros de las FAS para la gestión Ambiental en las BAEs.
Por otro lado, Termosun facilitó un presupuesto detallado de las nuevas calderas de biomasa (ver anexo II "Presupuesto calderas de biomasa").



Damián Navarro López de Jaureguizar

- Entrevistas a personal de la USBA. El principal objetivo de estas entrevistas es localizar las deficiencias existentes en la Base y realizar un inventario que permitiese llevar a cabo una estimación de consumos.

2.2.1 Normativa

A la hora de aplicar la normas vigentes se ha tenido en cuenta, principalmente tres normas:

- Directiva Europea 2012/27/UE de 25 de octubre. Como se explica en el siguiente capítulo, las Directivas Europeas son de obligado cumplimiento para todos los estados miembros. Por tanto, tienen una alta prioridad a la hora de ser aplicadas.
- La Instrucción 56/2011 de 3 de Agosto del Subsecretario de Defensa sobre la sostenibilidad Ambiental y eficiencia energética en el ámbito del Mnisiterio de Defensa. Esta norma es la base sobre la que se introduce la eficiencia energética en las FAS.
- Normativa ISO. Se han utilizado dos de ellas, por un lado, y principalmente, la ISO 50001:2018 "Sistemas de Gestión de Energía", aunque también se ha consultado la ISO 14001, mediante la que se certifica a empresas y organismos en gestion Ambiental.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)

Las Fuerzas Armadas (FAS) son pioneras en el compromiso con el medio ambiente respecto al resto de la Administración Pública. Desde la aprobación de la Directiva 107/1997, de 2 de junio, del Ministerio de Defensa sobre protección del Medio Ambiente en el ámbito del departamento, existen numerosos documentos y proyectos respecto a la sostenibilidad y la eficiencia energética.

En el mundo civil, el Parlamento Europeo y el Consejo emitieron la Directiva 2012/27/UE, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética. En ella se detalla tanto el uso (Capítulo II), como el suministro (Capítulo III) de energía (Parlamento Europeo, 2012). Al tratarse de una Directiva Europea todos los estados miembros están obligados a cumplirla, por ello, la Administración española aprobó el Real Decreto 56/2016, de 13 de febrero de 2016 (Consejo de Ministros, 2016), por el que se transponía dicha directiva en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. A modo de resumen, este RD obliga a las empresas calificadas como grandes empresas a someterse a una auditoría energética cada cuatro años.

Sin embargo, el Ministerio de Defensa, llevaba adoptando medidas de eficiencia y ahorro energético desde el año 2011, como consecuencia de la crisis económica que atravesaba el país. Fue en ese año cuando el Secretario de Estado de Defensa aprobó la Instrucción 56/2011, de 3 de agosto sobre sostenibilidad ambiental y eficiencia energética en el ámbito del Ministerio de Defensa. (Ministerio de Defensa, 2011) Dicha norma define la política energética de Defensa, teniendo en cuenta el Principio de Prevención recogido en el artículo 174 del Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea y el Principio de Prevención de la Contaminación estipulado en la norma UNE-EN ISO 14001. (Organización Internacional de Estandarización (ISO), 2015)

La política energética de Defensa está enfocada, principalmente, a implementar sistemas de ahorros energéticos en infraestructuras, a la racionalización del gasto de energías, a la formación y concienciación del personal, y a una apuesta por las energías renovables.

En la actualidad, la Subdirección General de Planificación y Medio Ambiente está trabajando en el Plan Estratégico de Eficiencia Energética, el cual está pendiente de salir publicado. En esta nueva normativa se marcan una serie de objetivos, tales como que las nuevas construcciones sean pasivas, es decir de emisiones casi nulas, un plan de rehabilitación de edificios, como la mejora de la envolvente térmica de edificios representativos o la sustitución de las antiguas calderas de diésel por otras de gas natural. Asimismo, establece como objetivo fomentar el uso de las energías renovables, mediante la instalación de paneles solares fotovoltaicos, generadores eólicos o incluso la utilización de la geotermia. Para ello, el Ministerio de Defensa va a recibir la suma de unos 250 millones de euros, que distribuirá entre 165 proyectos, entre los que se encuentran la implementación de energías renovables en la Base Naval de Rota o la mejora de la eficiencia energética del hospital Gómez Ulla de Madrid. (Muñoz, 2021)

Toda esta normativa está alineada con los objetivos que define la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa 2020 (ETID). Este documento incluye acciones de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) que ha de llevar a cabo el Ministerio de Defensa en diferentes ámbitos. Entre ellos cabe destacar la "Sostenibilidad energética".



Damián Navarro López de Jaureguizar

Para cada uno de estos ámbitos la ETID marca diferentes objetivos tecnológicos, entre los que se encuentra la "Generación de energía y eficiencia energética en bases e infraestructuras aisladas". Para poder alcanzarlos define una serie de líneas de acción, denominadas líneas de I+D+i, como lo son: sistema integrado de generación de energía eléctrica renovable para bases en zona de operaciones, climatización y ACS integrada y eficiente, edificaciones inteligentes y eficientes para bases y campamentos... (Ministerio de Defensa, 2020)

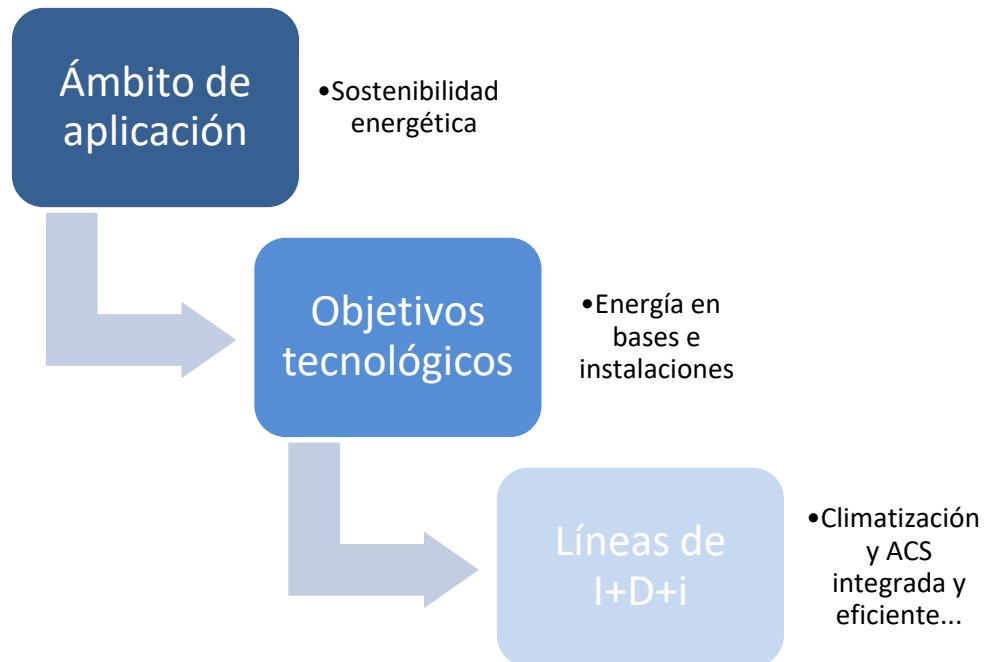


Ilustración 2. Desglose de la ETID. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el ahorro y la eficiencia es algo que también atañe a otros ejércitos aliados. La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), se ha ocupado de la conservación del medio ambiente desde antes incluso de que España se incorporara a la misma (Vilaro, 1976). Ejemplo de ello es la introducción del término de *Smart Energy*, en las normas NATO, con el que trata de fomentarse el uso, en las operaciones y misiones de esta Alianza, de nuevos equipos y materiales energéticamente eficientes. De esta manera, se conseguiría aumentar la independencia energética respecto a países que no pertenecen a la coalición. Además, de llevarse a cabo, se reduciría el impacto medio ambiental de las operaciones tanto en territorio nacional como en las misiones desplegadas en el exterior. (NATO, 2015)

3.1 Norma UNE-EN ISO 50001:2018 "Sistemas de gestión de energía"

Existen numerosas organizaciones y reglamentos comprometidas con la eficiencia energética. Tanto es así que existe una propia normativa ISO que tiene la finalidad de "establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar continuamente el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso de la energía y el



Damián Navarro López de Jaureguizar

consumo de energía" (Organización Internacional de Estandarización (ISO), 2018). Por otra parte, en Europa, el encargado de aprobar las normas de estandarización europea es el CEN (Comité Europeo de Normalización). Una vez la norma es aprobada por el CEN recibe el prefijo de EN (European Norm). Lo mismo ocurre a nivel nacional, en España las normas deben ser aprobadas por la Asociación Española de Normalización (AENOR), quien otorga el prefijo de UNE (Una Norma Española). De esta manera nace la UNE-EN ISO 50001:2018 "Sistemas de gestión de energía".

Dicha norma es aplicable a cualquier organización, como puede ser la Base "General Menacho", que en el año 2005 obtuvo la certificación de la UNE-EN ISO 14001 "Sistemas de gestión ambiental". (Ministerio de Defensa, 2005)

La gestión de la energía según la ISO 50001 sigue el ciclo de mejora continua: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), que puede perfilarse como se desarrolla a continuación.

- Planificar: durante este proceso se define la política energética de la organización. Asimismo, se establecen los indicadores de desempeño energético (IDEn's), para llevar un control cuantitativo del proceso.
- Hacer: se llevan a cabo las medidas necesarias para cumplir con los objetivos de la política energética.
- Verificar: Se realiza un seguimiento del desempeño energético por parte de los responsables de la Organización en la que se aplica la norma.
- Actuar: se emprenden acciones para solventar las no conformidades y mejora continua del desempeño energético.



Ilustración 3. Ciclo PHVA. Fuente UNE EN ISO 50001

El cumplimiento con la ISO 50001, no sólo consigue aumentar la eficiencia energética, sino que también proporcionará una base sólida para anticiparse a las regulaciones futuras en materia de ahorro energético y mejora de la huella de carbono.



4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se va a realizar un análisis del consumo energético que existe en la Base. Para ello, se va a realizar una estimación de las horas de uso de los sistemas que la consumen y posteriormente, para validar la estimación, se llevará a cabo una comparación entre los datos reales de facturación de energía y datos. De esta manera, y a través de los indicadores de desempeño (IDEn's), se obtiene una estimación aproximada de dónde hay que invertir en mejorar la eficiencia.

Las principales fuentes de energía utilizadas en la Base son el gasoil y la electricidad. Para la realización de este trabajo, se ha considerado como periodo de estudio desde enero de 2018 hasta el mes de agosto de 2021. En la tabla 1 y en la ilustración 4 se puede observar el consumo de gasoil de este periodo.

	2018	2019	2020	2021
Enero	28176,8	33823,4	28301,6	33911,7
Febrero	19965,9	24833,4	22505,2	25733,8
Marzo	27240	21288,1	23138,8	15831,8
Abril	14004,5	9695	11066,3	11175
Mayo	10409	11127,9	10134,6	11080,5
Junio	9039,3	6890,6	9970,7	9048,4
Julio	8153,1	7354,3	7005,1	9150,03
Agosto	7801,1	8035,3	8319,3	6835,5
Septiembre	5163,4	8175,3	8373,4	
Octubre	10897,2	12087,2	14961,6	
Noviembre	14612,9	12718,7	16230,2	
Diciembre	30954,4	27208,9	30732,6	
TOTAL	186417,6	183238,1	190739,4	122766,73

Tabla 1. Consumo de gasoil (litros) en los últimos 4 años. Fuente: USBA "General Menacho"

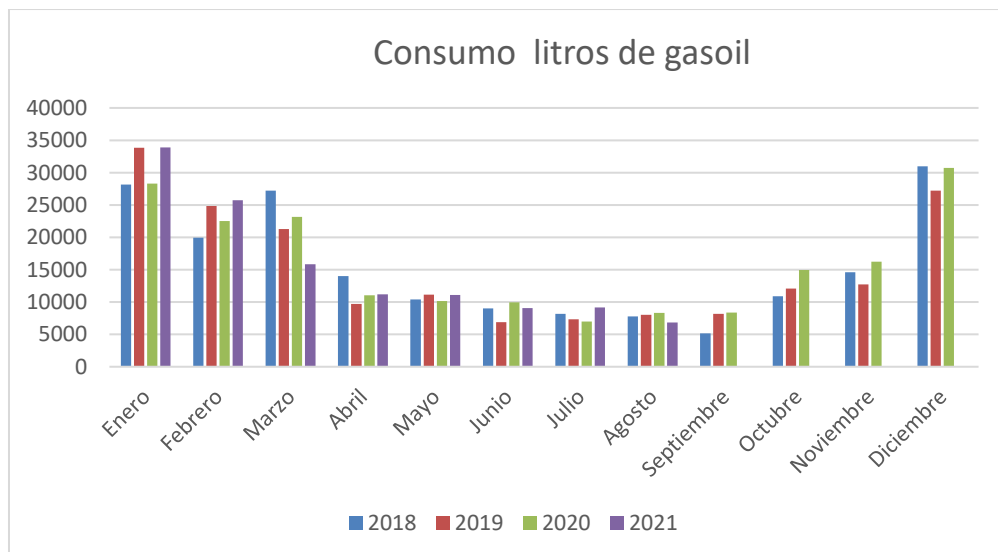


Ilustración 4. Consumo de gasoil en los últimos 4 años. Fuente: Elaboración propia



Damián Navarro López de Jaureguizar

Como se puede observar, el consumo de gasoil, varía significativamente dependiendo de la época del año. Sin embargo, la diferencia entre los diferentes años es prácticamente insignificante.

Este gasoil se emplea para la generación de ACC (Agua Caliente para Calefacción) y ACS (Agua Caliente Sanitaria). Este proceso se lleva a cabo, mediante de cuatro calderas repartidas en dos centrales térmicas. Una vez se calienta el agua, se procede a su distribución subterránea mediante bombas de impulsión. En cada una de las centrales térmicas se encuentra una caldera que produce ACC y otra para ACS, como se muestra en las tablas 2 y 3.

	Uso	Combustible	Potencia (kWatios)	Fecha de fabricación
Caldera 1	ACC	Gasóleo C	1163	07/02/1990
Caldera 2	ACS	Gasóleo C	1163	07/02/1990

Tabla 2. Distribución de central térmica 1. Fuente: Elaboración propia

	Uso	Combustible	Potencia (kWatios)	Fecha de fabricación
Caldera 1	ACC	Gasóleo C	418	20/06/1983
Caldera 2	ACS	Gasóleo C	290.7	03/02/1994

Tabla 3. Distribución de central térmica 2. Fuente: Elaboración propia

Actualmente la única fuente de suministro de electricidad de la Base es Iberdrola, transportada a través de la Red Eléctrica de España (REE). Los datos extraídos de la facturación del consumo de energía eléctrica de la Base que se muestran en la tabla 4 han sido proporcionados por la USBA.

	2018	2019	2020	2021
Enero	463261	500384	431927	453391
Febrero	320751	317074	323070	367573
Marzo	299634	327005	333424	297870
Abril	255263	302375	308998	286270
Mayo	281881	282731	251330	230242
Junio	279667	280291	289382	241426
Julio	290678	308426	325210	323992
Agosto	285605	308030	323238	292001
Septiembre	271864	298099	297375	
Octubre	309230	325677	300444	
Noviembre	384808	353086	365708	
Diciembre	289172	381789	413187	
TOTAL	3731814	3984967	3963293	2492765

Tabla 4. Consumo de de electricidad (kW) en los últimos 4 años. Fuente: USBA "General Menacho"



Damián Navarro López de Jaureguizar

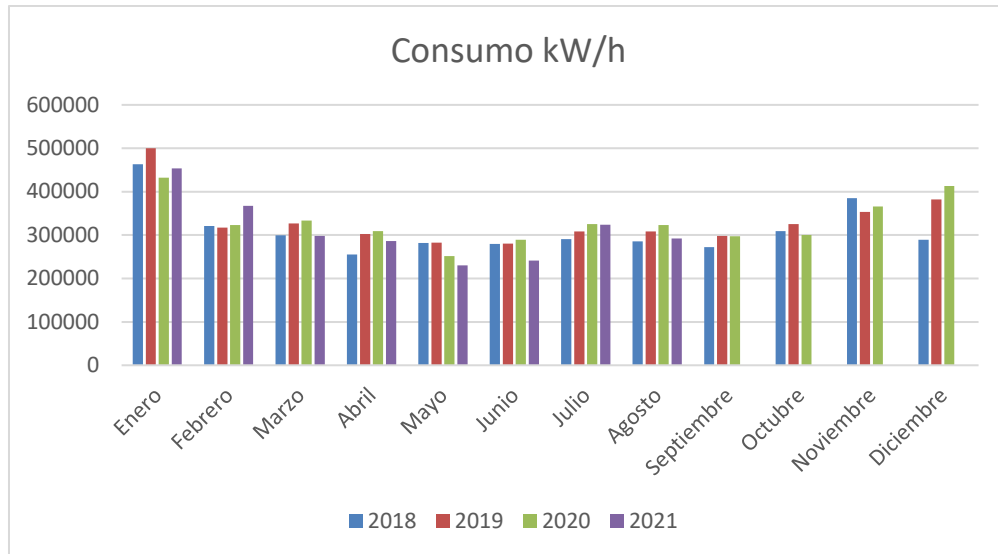


Ilustración 5. Consumo de de electricidad (kW) en los últimos 4 años. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, el consumo eléctrico se mantiene más o menos constante a lo largo del año y sin grandes variaciones entre los diferentes años.

Por tanto, la primera conclusión que puede extraerse de estos datos es que, si durante 4 años los consumos se han mantenido significativamente iguales, todo parece indicar que no se han llevado a cabo acciones en la Base encaminadas a una reducción del consumo de energía.

4.1. INVENTARIO DE CONSUMO

En este subcapítulo se va a realizar primero un inventario de los elementos que consumen energía en la Base, para posteriormente poder realizar una estimación del consumo de cada uno de los equipos. Para ello se han agrupado los equipos según iluminación, refrigeración, calefacción y ACS.

4.1.1. Iluminación

En este apartado se han inventariado las luminarias que existen en la Base. Además, se tiene en cuenta el consumo de potencia activa de los equipos auxiliares que son necesarios para su funcionamiento, como ocurre en las lámparas de descarga o los tubos fluorescentes. Dicha potencia no se traduce en luz, pero es fundamental para el funcionamiento de los sistemas.

Los equipos auxiliares más utilizados son los balastos, los cebadores, los condensadores y, en algunos casos, los transformadores. Además, en los equipos auxiliares se utilizan diferentes tecnologías:

- Resistiva: utiliza una resistencia a modo de balasto. Es muy poco eficiente.
- Inductiva: basados en la creación de campos electromagnéticos. Es más eficiente que las puramente resistivas, pero su consumo aún es elevado
- Electrónica: un equipo electrónico realiza las funciones de cebador y balasto. Es la opción más eficiente.



Damián Navarro López de Jaureguizar

Dependiendo del tipo de equipo auxiliar que se utilice, las pérdidas de potencia variarán. Son menos eficientes aquellos que utilizan tecnologías resistivas, seguidos de los que utilizan tecnología inductiva y por último los electrónicos.

En el caso de las luminarias de la Base utilizan como equipo auxiliar un balasto electromagnético, es decir, con tecnología inductiva. Este tipo de equipos produce unas pérdidas de entorno al 10% de la potencia consumida por lámparas fluorescentes y halógenas de baja tensión. (Instituto para la diversificación y ahorro de energía, 2012).

El inventario, tanto de luminarias de iluminación interior presentes en la Base, así como la estimación de sus consumos, viene reflejado en la tabla 5:

ALUMBRADO INTERIOR					
	TIPO LÁMPARA	POTENCIA UNITARIA CONSUMIDA (Wattios)	POTENCIA UNITARIA EQUIPO AUXILIAR	TOTAL LUMINARIAS	POTENCIA TOTAL CONSUMIDA(Wattios)
Luminarias 1	Fluorescentes tipo 1	18	1,8	7659	151648,2
Luminarias 2	Fluorescentes tipo 2	36	3,6	5941	235263,6
Focos	Halógenos GU10	50	3	2136	113208
Lámparas de escritorio	Lámparas incandescentes	60	0	435	26100
TOTAL					526219,8

Tabla 5. Inventario de potencia del alumbrado interior. Fuente: elaboración propia

De la misma manera, el inventario del alumbrado exterior viene reflejado en la tabla 6:

ALUMBRADO EXTERIOR				
	TIPO LÁMPARA	POTENCIA UNITARIA CONSUMIDA (Wattios)	TOTAL LUMINARIAS	POTENCIA TOTAL CONSUMIDA(Wattios)
Proyectores	Halogenuros metálicos	150	112	16800
Luminarias sobre soporte de alumbrado viario	Vapor de sodio de alta presión (1)	250	343	85750
Luminarias sobre soporte de pared	Vapor de mercurio de alta presión (2)	250	329	82250
TOTAL				184800

Tabla 6 Inventario de potencia del alumbrado exterior. Fuente: elaboración propia.



Damián Navarro López de Jaureguizar

- (1) Ver ilustración 7. Luminarias sobre soporte de alumbrado viario.
- (2) Ver ilustración 6. Luminarias sobre soporte de pared.

Para realizar una estimación del consumo de energía se ha tomado como año de estudio el 2020, de acuerdo a la siguiente expresión.

$$W_{Alumbrado\ interior} = P_{Total\ Al.interior} * (6h * 248días + 2h * 117días)$$
$$W_{Alumbrado\ interior} = 906.15MW$$

Como se puede observar, se tiene en cuenta el uso medio de los equipos, según días festivos y lectivos. Para ello se estima que la ocupación de la Base durante días festivos es de un tercio de lo habitual (unidad de seguridad, personal alojado en instalaciones...).

Para el alumbrado exterior, sin embargo, hay que tener en cuenta los horarios de funcionamiento de los equipos. Dicha estimación se recoge en la tabla 7.

Periodo	Horario	Número de horas
Invierno (noviembre-abril)	18:00-08:00	14
Verano (mayo-octubre)	21.00-07:00	10

Tabla 7. Estimación de horas de uso de las luminarias exteriores. Fuente: Elaboración propia

Los proyectores se encienden en su totalidad en caso de emergencia real, estando, en situación normal, encendidos uno de cada cuatro. Por tanto, la ecuación para estimar el consumo es:

$$W_{Alumbrado\ exterior} = \left(P_{Luminarias\ 1} + P_{Luminarias\ 2} + \frac{P_{proyectoros}}{4} \right) * (14 * días_{invierno} + 10 * días_{verano})$$

$$W_{Alumbrado\ exterior} = 755,6\ MW$$



Ilustración 6. Luminaria exterior sobre soporte de pared, bombilla de vapor de mercurio de alta presión. Fuente: elaboración propia



Damián Navarro López de Jaureguizar



Ilustración 7. Luminaria exterior sobre soporte viario, bombilla de vapor de sodio de alta presión. Fuente: elaboración propia

4.1.2 Climatización frío

La refrigeración de las instalaciones se consigue a través de una serie de equipos de aire acondicionado compuestos por dos elementos. Por un lado, el *split* ubicado en el interior de la habitación que se quiere refrigerar y, por otro, su correspondiente unidad exterior. En la Base hay diferentes equipos con diferentes potencias nominales. A modo de resumen, se pueden observar tanto la cantidad como la potencia de los equipos en la tabla 8. Estos se encuentran agrupados según su potencia nominal. Esta agrupación la no es fruto del azar, es la que sigue la sección de Apoyo a instalaciones en función del mantenimiento a llevar a cabo.

EQUIPOS	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA MEDIA kW/h	POTENCIA TOTAL kW/h
Pn<=12kW	139	1,697841727	236
12kW<Pn<=70kW	19	32,79526316	623,11
Pn>70kW	14	127,0428571	1778,6
TOTAL	172	15,33552326	2637,71

Tabla 8. Inventario de potencia de la climatización frío. Fuente: elaboración propia

Para realizar una estimación del consumo de energía de estos equipos, se debe tener en cuenta las horas de funcionamiento. En primer lugar, los equipos de refrigeración se emplean únicamente en los meses más calurosos del año, es decir desde junio hasta finales de septiembre. Además, se emplean tan solo unas horas durante el día. Al igual que el alumbrado interior, se va a suponer un uso promedio de 6 horas los días laborales y de 2 horas los fines de semana y festivos (periodo mayo-octubre del año 2020)

$$W_{refrigeración} = P_{total\ refrigeración} (6 * día_{laboral} + 2 * día_{festivo})$$

$$W_{refrigeración} = 1561,52\ MW$$



Damián Navarro López de Jaureguizar

4.1.3 Calefacción

La calefacción de las instalaciones se consigue mediante la combustión de gasoil a través de dos calderas situadas en las centrales térmicas. La potencia nominal de los equipos viene recogida en la tabla 9.

	Uso	Fuente de energía	Potencia kW
Caldera tipo 1 (1)	ACC	Gasoil	418
Caldera tipo 2 (2)	ACC	Gasoil	1163

Tabla 9. Inventario de calderas dedicadas a ACC. Fuente: elaboración propia

- (1) Ver ilustración 8. Caldera ACC 1
- (2) Ver ilustración 9. Caldera ACC 2

Para realizar la estimación de consumo de energía basta con tener en cuenta el consumo de ambas calderas y el número de horas que se utilizaron durante el año 2020. Sin embargo, al igual que la refrigeración, la calefacción solo se utiliza en determinados periodos del año. En este caso se ha establecido el periodo desde noviembre hasta principios de abril. Además, se ha aumentado la estimación de horas de uso diarias, dado que durante el invierno para calentar una camareta donde está viviendo personal, es necesario tener los equipos en funcionamiento durante más tiempo. Por ello se ha establecido que están en funcionamiento durante 10 horas los días lectivos y durante 3 horas los festivos. De esta manera se obtiene:

$$W_{ACC} = (P_{Caldera 1} + P_{Caldera 2}) * (10 * días_{lectivos} + 3 * días_{no lectivos})$$
$$W_{ACC} = 1.691,67 MW$$



Ilustración 8. Caldera ACC 1. Fuente: elaboración propia



Ilustración 9. Caldera ACC 2. Fuente: elaboración propia

4.1.4 Agua caliente sanitaria (ACS)

Al igual que la calefacción, el ACS se genera mediante dos calderas, a excepción de los dos nuevos vestuarios para mandos y personal de tropa, que funcionan con aerotermia (aunque estos equipos son capaces de encargarse de la climatización de los edificios, se trata en este subcapítulo debido a que su uso principal es la de producir ACS para los vestuarios). Los



Damián Navarro López de Jaureguizar

diferentes equipos que intervienen en la producción y distribución de ACS vienen recogidos en la tabla 10.

	Uso	Fuente de energía	Nº Equipos	Potencia unitaria kW	Potencia kW
Caldera tipo 3 (1)	ACS	Gasoil	1	1163	1163
Caldera tipo 4 (2)	ACS	Gasoil	1	290,7	290,7
Bomba tipo 1	Impulsión del ACS	Electricidad	8	11	88
Bomba tipo 2	Impulsión del ACS	Electricidad	12	7.5	90
Aeroterminia 1 (3)	ACS	Electricidad	1	79,4	79.4
Aeroterminia 2	ACS	Electricidad	1	10,51	10.51

Tabla 10. Inventario de los equipos encargados del ACS. Fuente: elaboración propia

- (1) Ver ilustración 10. Caldera ACS 1
- (2) Ver ilustración 11. Caldera ACS 2
- (3) Ver ilustración 12. Equipos de aeroterminia.

Asimismo, la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica" (AENOR, 2005) estima el consumo de ACS de los cuarteles en 28 litros por persona y día. Además, sabiendo que la ocupación media de la Base es de 2000 personas, el consumo diario es de 56 metros cúbicos diarios.

De esta manera se puede aplicar la siguiente fórmula que viene desglosada mensualmente en el anexo I

$$D_{ACS} = V_{ACS} * C_E * (t_u - t_r)$$

Donde;

Dacs: Demanda energética de ACS (kW)

Vacs: Volumen consumido de ACS a la temperatura de uso (metros cúbicos)

Ce: Calor específico (kWh / (m³.°C)), para el agua toma el valor 1,16

Tu: Temperatura de uso (se va a utilizar una media de 38°C)

Tr: Temperatura del agua de la red de la ciudad de Badajoz

De esta fórmula se obtiene:

$$D_{ACS} = 566,39 \text{ MW}$$



Ilustración 10. Caldera ACS1. Fuente: elaboración propia



Ilustración 11. Caldera ACS 2. Fuente: elaboración propia



Ilustración 12. Equipos de aerothermia. Fuente: elaboración propia

4.2 Interpretación de resultados

Para comprobar que la estimación de consumos, desglosada por utilidades, es correcta, se compara los datos estimados con los datos reales de facturación de energía proporcionados por la USBA, de los cuales no se dispone de un desglose. En esta comparativa solo se van a utilizar los datos del 2020, dado que son los que se han utilizado a la hora de realizar el inventario de consumo. El siguiente gráfico muestra dicha relación.



Damián Navarro López de Jaureguizar

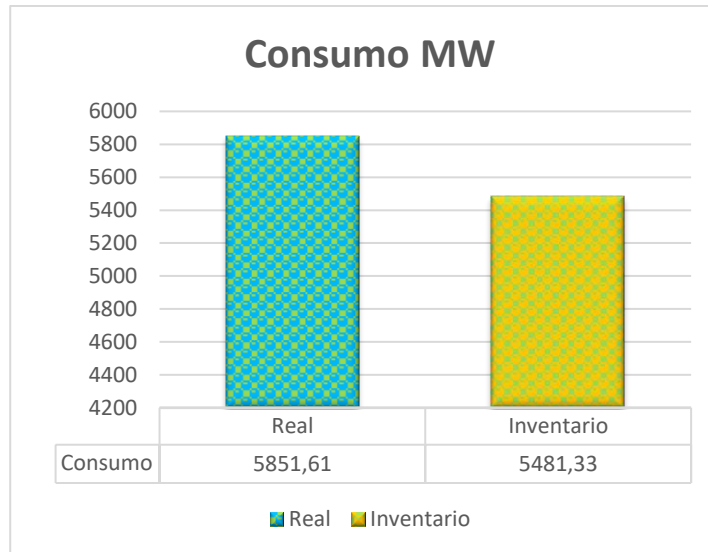


Ilustración 13. Comparación de consumos. Fuente: elaboración propia

Se observa que existe una cierta variación entre la estimación y la realidad, esto se debe a que el alcance del proyecto es limitado y no se han tenido en cuenta otros equipos de más difícil cuantificación de consumo, como los calefactores eléctricos conectados a la red, la maquinaria del escalón, los ordenadores... Sin embargo, la estimación es bastante precisa, ya que únicamente varía un 6,33% de la realidad.

$$\text{Variación} = 100 - \left(\frac{\text{Energía estimada} * 100}{\text{Energía real}} \right)$$
$$\text{Variación} = 6,33\%$$



5. Propuestas de mejora

En este apartado se proponen una serie de medidas enfocadas a reducir el consumo energético en la Base. Asimismo, se va a proceder a realizar un pequeño análisis económico de cada una de las mejoras, calculando una estimación del coste de la inversión, el ahorro anual (tanto económico como energético) que supone y el periodo de retorno de la inversión.

5.1 Instalación de luminarias LED en el exterior

A la hora de implementar esta medida hay que tener en cuenta que el alumbrado exterior de la Base se lleva a cabo mediante tres tipos de luminarias (como ya se ha visto en el capítulo 4): proyectores con lámparas de halogenuros metálicos, luminarias sobre soporte de alumbrado viario con lámparas de vapor de sodio de alta presión y luminarias sobre soporte pared con lámparas de vapor de mercurio de alta presión.

En el caso de las luminarias de soporte de pared y de soporte viario, dada la compatibilidad, se ha decidido cambiar por un mismo modelo de luminaria. De esta manera se consigue ahorrar tanto en la compra como en el mantenimiento. Por otro lado, se ha realizado un estudio entre diferentes luminarias que hay en el mercado y se ha optado por el modelo BGP702 LED60-4S/730 DM11 DDF27 D18 SRG10 de segunda generación de la familia Luma de Philips, que consume una potencia de 40,5 vatios y ofrece 133lm/w, llegando a alcanzar en algunos puntos un pico de 5400 lm.

Por otro lado, para los proyectores, se ha elegido el modelo BVP650 LED140-4S/740 PSU S ALU de la familia Clear Flood de Philips. Dicho proyector ofrece un total de 12460 lm y consume 82 vatios.

A modo de resumen, en la tabla 11 se puede observar que el nuevo alumbrado LED es mucho más eficiente, dado que la relación entre el flujo luminoso y el consumo de potencia es mucho mayor en el caso de las lámparas de descarga tradicionales.

	Flujo luminoso (lúmenes)	Potencia (vatios)	Relación lm/w
Vapor de sodio	4500	250	18
Vapor de mercurio	3000	250	12
LED Philips Luma	5400	40.5	133
Halogenuros metálicos	8500	150	57
LED Philips Clear Flood	12460	82	152

Tabla 11. Comparación luminarias exteriores actuales y luminarias LED. Fuente: elaboración propia

Se puede observar la gran diferencia entre las lámparas de descarga tradicionales y las lámparas LED. Es decir, con el mismo número de luminarias se obtiene alrededor de 80 veces más de luz (flujo luminoso). Es por ello por lo que, de llevar a cabo esta medida, se debería estudiar reducir el número de puntos de luz, pudiendo de esta manera reducir más todavía el consumo.

5.1.1 Análisis económico

Para realizar el análisis económico de esta primera medida, se va a calcular el periodo de retorno de la inversión. Para ello es necesario calcular unos flujos de caja, los cuales se han



Damián Navarro López de Jaureguizar

realizado basándose en el ahorro obtenido en el caso de llevar a cabo la mejora.

Para calcular ese ahorro es necesario calcular previamente la energía consumida. Para ello, se ha procedido de manera muy similar que en el Capítulo 4, calculando previamente la potencia total de los nuevos sistemas. Estos cálculos vienen reflejados en la tabla 12.

ALUMBRADO EXTERIOR LED					
	Cantidad	Consumo W	Precio unitario (Eur)	Precio total (Eur)	Consumo total (W)
LUMINARIAS	672	40,5	309,66	208091,52	27216
PROYECTORES	112	82	214,73	24049,76	9184
TOTAL				232141,28	36400

Tabla 12. Inventario de potencia alumbrado exterior y coste de la inversión. Fuente: Elaboración propia

Una vez conocido cuanto consumen el total de los sistemas, hay que calcular cuántos vatios se van a utilizar anualmente, para ello se utiliza la misma fórmula que en el Capítulo 4, con una pequeña modificación dado que solo hay un tipo de luminaria. La fórmula es la siguiente:

$$W_{\text{Alumbrado exterior}} = \left(P_{\text{Luminarias}} + \frac{P_{\text{proyectoros}}}{4} \right) * (14 * \text{días}_{\text{invierno}} + 10 * \text{días}_{\text{verano}})$$

$$W_{\text{Alumbrado exterior}} = 129,49 \text{ MW}$$

Sabiendo el consumo estimado y el precio medio del MW del año 2020 (30,7 eur) se puede realizar una estimación del ahorro, tanto económico como energético. Además, conociendo este dato, podemos realizar una estimación del periodo de retorno de la inversión. De esta manera se obtiene:

$$\text{Periodo de retorno} = \frac{\text{Coste del proyecto}}{\text{Ahorro anual}}$$

$$\text{Periodo de retorno} = 12,07 \text{ años}$$

Inversión inicial	232.141,28 Eur
Ahorro económico anual	19.221,05 Eur
Ahorro energético	626,11 MW
Periodo de retorno	12,07 años

5.2 Instalación de lámparas LED para iluminación interior.

Al igual que en el caso anterior, se ha llevado a cabo un estudio de mercado para decidir qué sistemas son los más idóneos para sustituir a las lámparas fluorescentes, las lámparas incandescentes halógenas y las lámparas incandescentes.

En el caso de los fluorescentes, se ha optado por la marca alemana OSRAM, que dispone de la línea de modelos SubstiTUBE LED que facilitan el reemplazo de los fluorescentes por tubos led.

Dichos modelos cuentan con equipos auxiliares (cebador y balastro) que hacen que reduzca su eficiencia mínimamente. Sin embargo, como se puede observar en la tabla 13, a



Damián Navarro López de Jaureguizar

pesar de ello, los nuevos equipos consumen menos de la mitad que los fluorescentes, que también cuentan con equipos auxiliares.

	Flujo luminoso (lúmenes)	Potencia (wattios)	Relación lm/w
Fluorescente tipo 1	1350	18+1,8	68,18
SubstiTube 60cm	1000	7,3+0,73	124,53
Fluorescente tipo 2	3350	36+3,6	84,6
SubstiTube 120 cm	2530	16,2+1,62	141,98

Tabla 13. Tabla 11. Comparación luminarias interiores actuales y luminarias LED. Fuente: elaboración propia

La principal conclusión de la tabla es que los tubos LED son más eficientes en cuanto a la luz que producen y la energía que consumen.

Respecto a las lámparas incandescentes halógenas G10, ocurre lo mismo que con los tubos LED. Philips tiene el modelo CorePro LEDspot que facilita el reemplazo de los halógenos de 50 W. Además, como se ha mostrado anteriormente, estas bombillas cuentan con equipos auxiliares que aumentan levemente su consumo de potencia, pero son necesarios para su correcto funcionamiento. La comparativa entre ambas bombillas se aprecia en la tabla 14.

	Flujo luminoso (lúmenes)	Potencia (wattios)	Relación lm/w
Halogenas GU10	330	50+3	6,22
CorePro LED GU10	370	4,6+0,3	75,51

Tabla 14. Tabla 11. Comparación luminarias interiores actuales y luminarias LED. Fuente: elaboración propia

Como se puede observar la diferencia entre ambos sistemas es importante. El sistema LED produce más luz y consume una décima parte de potencia.

Por último, las bombillas incandescentes de 60 W, se ha decidido sustituirlas por las LED E27 de 9W.

	Flujo luminoso (lúmenes)	Potencia (wattios)	Relación lm/w
Lámpara incandescente	710	60	11,83
LED E27	758	9	84,22

Tabla 15. Tabla 11. Comparación luminarias interiores actuales y luminarias LED. Fuente: elaboración propia

Se puede apreciar en la tabla 15 que las bombillas LED son significativamente más eficientes que las incandescentes.

5.2.1 Análisis económico

Se va a proceder de igual manera que con el alumbrado exterior, calculando previamente



Damián Navarro López de Jaureguizar

los consumos de potencia con los nuevos sistemas, y teniendo en cuenta el precio de la electricidad del año 2020, se va a estimar el ahorro de este proyecto, tanto de energía como económico.

ALUMBRADO INTERIOR LED					
	Cantidad	Consumo (W)	Precio unitario (Eur)	Precio total (Eur)	Consumo total (W)
TUBOS LED TIPO 1	7659	8,03	5,57	42660,63	61501,77
TUBOS LED TIPO 2	5941	17,82	5,38	31962,58	105868,62
HALÓGENOS	2136	4,9	3,09	6600,24	10466,4
BOMBILLAS E27	435	9	1,28	556,8	3915
TOTAL				81780,25	181751,79

Tabla 16. Inventario de potencia alumbrado interior y coste de la inversión. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se puede observar el número total de vatios que consumen todos los sistemas encargados del alumbrado interior. Utilizando la misma fórmula que en el capítulo 4, se va a calcularla potencia que se consume durante un año.

$$W_{Alumbrado\ interior} = P_{Total\ Al.interior} * (6h * 248días + 2h * 117días)$$

$$W_{Alumbrado\ interior} = 312,98\ MW$$

Igual que se ha realizado con el alumbrado exterior, conociendo el precio del MW del año 2020 (30,7 eur) se puede realizar una estimación del ahorro, tanto energético como económico.

$$Periodo\ de\ retorno = \frac{Coste\ del\ proyecto}{Ahorro\ anual}$$

$$Periodo\ de\ retorno = 4,49\ años$$

Inversión inicial	81.780,25 Eur
Ahorro económico anual	18.209,25 Eur
Ahorro energético	593,17 MW
Periodo de retorno	4.49 años

5.3 Calderas de biomasa

En lo que respecta al ACS y ACC se ha decidido sustituir las cuatro calderas de las dos centrales térmicas existentes y cambiarlas por una única central térmica en la que se encuentren dos calderas de biomasa policombustibles.

Dichas calderas utilizan astillas y pellets como biocombustible. La principal ventaja de esta tecnología es su eficiencia y su baja emisión de gases contaminantes, siendo considerada energía renovable al depender de recursos naturales casi inagotables.



Entre los modelos existentes en el mercado, se ha optado por la línea BioFire de la marca austriaca Herz. Dicha línea está formada por una serie de calderas que se pueden conectar en cascada entre sí, llegando a producir 20.000 kW. Este tipo de calderas puede generar tanto para ACS como para ACC, lo que nos permite con una única central térmica con dos calderas conectadas entre sí pueda cubrir todas las necesidades de la Base.

La instalación considerada en este trabajo consistiría principalmente en dos calderas de 800 kW conectadas en cascada con dos rotativos con transmisión independiente para la alimentación de cada una de las calderas y un único contenedor externo para las cenizas. De manera similar a la propuesta de la ilustración 14.

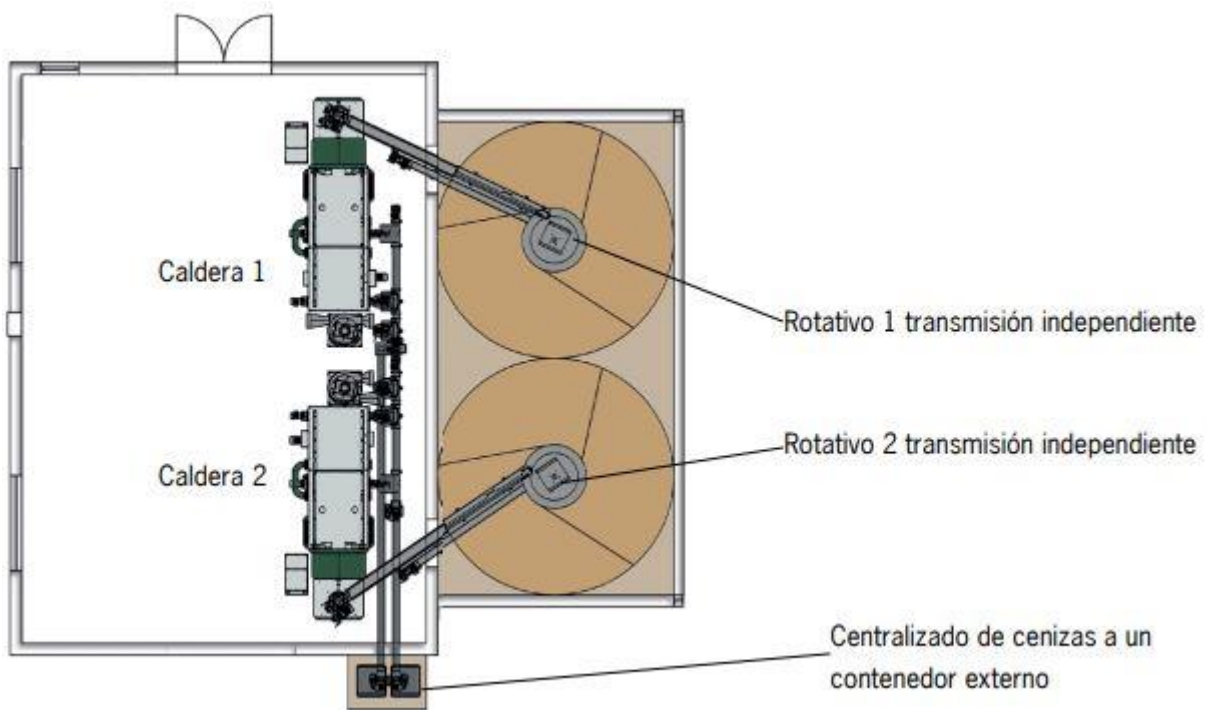


Ilustración 14. Instalación de caldera de biomasa. Fuente: Termosun

Según las especificaciones del producto, el consumo medio diario de cada una de las calderas funcionando 10 horas es de 1,46 toneladas de pellets. De ahí se supone que los días laborables funcionarán durante 3 horas y por tanto consumen 0,44 toneladas. Es decir, a lo largo de un año serían necesarios:

$$\begin{aligned} \text{Masa de pellets} &= N^{\circ} \text{ de máquinas} * (0,44 * \text{Días no lectivos} + 1,46 * \text{Días lectivos}) \\ \text{Masa de pellets} &= 834,12 \text{ Toneladas} \end{aligned}$$

Sabiendo el consumo total de pellets y que, según la empresa Hargassner, el precio medio de la tonelada de pellets es de 221,61 Eur, para el abastecimiento anual de ACS y ACC serán necesarios 184.849,34 Eur.

Por otro lado, para poder llevar a cabo una comparativa hay que tener en cuenta los sistemas actuales tanto de ACS como de calefacción. Como ambos sistemas se alimentan por gasoil, puede calcularse el precio de funcionamiento del año 2020, sabiendo que en ese año se



Damián Navarro López de Jaureguizar

consumieron 190739.4 litros de gasoil y que el precio medio de gasoil tipo C (es el que se utiliza para la calefacción) en Extremadura fue de 0,871 Eur (Expansión, 2020), se obtiene un total de 166.134,02 Eur al año.

5.3.1 Análisis económico

Para estimar el presupuesto de adquisición e instalación de estas calderas se ha contactado con la empresa Termosun, la principal distribuidora de la marca Herz en España. Dicha empresa ha presupuestado el proyecto en 400.309,14 Eur. En ese precio vienen incluidos impuestos y todo el material necesario, además de un plan de formación para su utilización y el desplazamiento de un técnico encargado de la dirección del ensamblaje (el presupuesto viene desglosado y detallado en el anexo II).

Por tanto, se puede afirmar que, al tratarse de una obra pública en la que no hay ningún tipo de subvención (como el Programa de Ayudas para la Rehabilitación Energética de Edificios existentes), que se ofrecen a particulares, el proyecto no resulta económicamente rentable. Además, en el periodo de estudio, el coste de la masa total de pellets, es superior al coste de los litros de gasoil. Sin embargo, si el periodo de estudio fuese el año 2022, debido al elevado precio actual del gasoil, el proyecto tal vez llegase a ser rentable.

Sin embargo, que no sea rentable económicamente no quiere decir que ambientalmente no lo sea. En Europa, los edificios suponen en torno al 40% del consumo energético y del 36 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (Ecodes, s.f.). Es por ello por lo que existe la Directiva Europea 2018/844 sobre la eficiencia energética en los edificios. Tras esta norma, España ha lanzado varios programas para rehabilitar edificios públicos y privados, y dado que la biomasa está considerada como fuente energética renovable, este proyecto es una opción a tener en cuenta en un horizonte no muy lejano.

5.4 Campaña de concienciación

Como ya se ha mencionado anteriormente, la eficiencia energética no consiste únicamente en reducir costes, también busca proteger el medio ambiente (la energía más "verde" es aquella que no se consume). Es por ello que es clave la concienciación de los usuarios para que consuman únicamente la energía estrictamente necesaria. Son numerosos los casos en los que los usuarios llevan a cabo acciones que suponen grandes gastos económicos y energéticos, como puede ser dejar encendida la calefacción o el aire acondicionado durante la noche, mantener luces innecesariamente encendidas... Por tanto, los programas de sensibilización y concienciación son fundamentales para conseguir aumentar la eficiencia energética.

La UNESCO elaboró en 1975 el Programa Internacional de Educación Ambiental, con la finalidad de "lograr que la población mundial tenga conciencia del medio ambiente y se interese por él y por sus problemas relacionados y que cuente con los conocimientos, aptitudes, actitudes, motivación y deseo necesarios para trabajar individual y colectivamente la búsqueda de soluciones a los problemas actuales y para prevenir los que pudieran aparecer en el futuro" (UNESCO, 1975).

Desde entonces se ha elaborado mucha documentación al respecto y el Ministerio de Defensa, concretamente la Dirección General de Infraestructuras (DIGENIN), ya está impartiendo cursos de la mano del grupo Mainjobs. Estos cursos tienen como finalidad proporcionar a los trabajadores del Ministerio los conocimientos teórico-prácticos y las



Damián Navarro López de Jaureguizar

competencias necesarias que le capaciten para el ejercicio de las funciones de Coordinador Ambiental y Energético o Ayudante de Coordinador Ambiental y Energético.

Asimismo, también se imparte el curso de Auditor Jefe, el cual pretende crear auditores de las normativa ISO 14001 en sus respectivos destinos para impulsar el control ambiental con los diferentes Sistemas de Gestión Ambiental.

Sin embargo con esto no es suficiente. Es necesario formar a todos los miembros de las diferentes BAE's respecto a este ámbito, de tal forma que hasta el último soldado sea consciente de las medidas que puede adoptar para ahorrar energía en su lugar de trabajo o puesto de destino.

Un ejemplo de este tipo de campañas de sensibilización es la realizada por el Gobierno de Aragón. La campaña era bastante sencilla y se basaba en tres medios para llegar a todos sus empleados:

- Cartelería y material divulgativo en los diversos edificios edificios del Gobierno de Aragón. (ver ilustración 15)
- Talleres de sensibilización y ecoauditorías en diversos centros de trabajo.
- Se habilitó una web para el envío de sugerencias de mejora ambiental.



Ilustración 15. Cartel de la campaña de concienciación. Fuente: Gobierno de Aragón

Como es lógico, es imposible medir la rentabilidad económica de la inversión, dado que no se puede calcular el ahorro anual que supone. Sin embargo, al tener un coste tan reducido, la relación coste-beneficio es muy positiva, por tanto, debería implementarse en todas las BAE, s del Ejército.

5.5 Sustitución de las ventanas

Las ventanas de edificaciones antiguas tienden a tener una única hoja de vidrio y por tanto el cambio por un vidrio aislante (doble o incluso triple acristalamiento) tiene significativas



Damián Navarro López de Jaureguizar

consecuencias en el ahorro energético tanto en verano como en invierno. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2019)

Este es el caso de la Base "Menacho", dónde actualmente hay un total de 4638 ventanas tanto con marco de aluminio como de hierro, conocidas como de vidrio monolítico con carpintería metálica. La mayoría de ellas son ventanales con vidrios simples de 4mm (ver ilustración 16). Este tipo de cristales tienen una transmitancia¹ muy elevada que supone un gran intercambio de calor con el exterior. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) la transmitancia de este tipo de vidrios es de 5,7 W/m² K. Esto unido a la conductividad del metal de los marcos supone una alta pérdida de energía. Además, el ajuste entre los vidrios y los marcos no es el óptimo a causa del paso del tiempo, y se producen infiltraciones de aire del exterior por estas rendijas.



Ilustración 16. Ventana del edificio de PLMDD. Fuente: elaboración propia

El IDAE ante esta situación propone diferentes alternativas para reducir la transmitancia, tales como cambiar los marcos por otros de PVC o colocar ventanas con más de un vidrio separado por una cámara de aire o gas. En la tabla 17 se muestra el ahorro que supone cambiar estas ventanas con respecto a las actuales de vidrio monolítico:

¹ La transmitancia térmica es la propiedad que poseen los materiales para evitar el intercambio de calor entre los dos medios que separa. A mayor transmitancia, más calor se intercambia y por tanto peor aislamiento.



Damián Navarro López de Jaureguizar

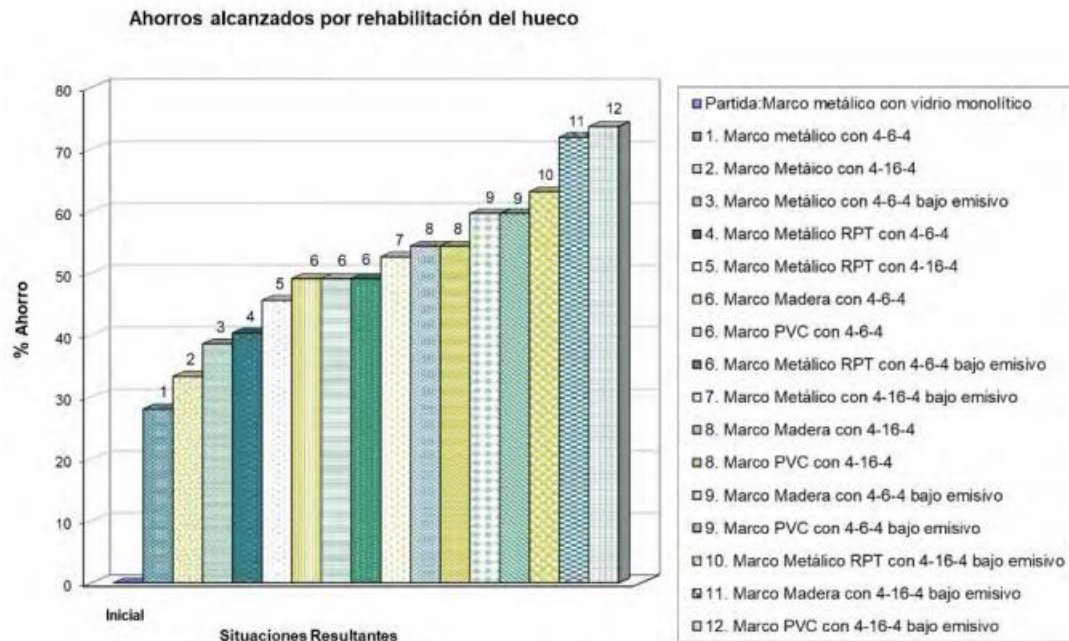
Situación	Tipo de acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*)	Ahorro (**)
Inicial	Vidrio monolítico	-	Metálica	100%	0 %
1	Doble	6	Metálica	72%	28%
2	Doble	16	Metálica	67%	33%
3	Doble bajo emisivo	6	Metálica	61%	39%
4	Doble	6	Metálica RPT	60%	40%
5	Doble	16	Metálica RPT	54%	46%
6	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	51%	49%
6	Doble	6	Madera	51%	49%
6	Doble	6	PVC	51%	49%
7	Doble bajo emisivo	16	Metálica	47%	53%
8	Doble	16	Madera	46%	54%
8	Doble	16	PVC	46%	54%
9	Doble bajo emisivo	6	Madera	40%	60%
10	Doble bajo emisivo	16	Metálico RPT	37%	63%
11	Doble bajo emisivo	16	Madera	28%	72%
12	Doble bajo emisivo	16	PVC	26%	74%

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Tabla 17. Comparativa de ventanales. Fuente: ANDIMA

Asimismo, en la ilustración 17 se muestra la misma información de manera más representativa:



Gráfica 4. Carpintería metálica con vidrio monolítico. Ahorros alcanzados por rehabilitación del hueco

Ilustración 17. Comparativa de ventanales. Fuente: ANDIMA

Es realmente sorprendente que únicamente separando dos vidrios por una capa de aire de 6 milímetros se reduzcan las pérdidas de energía en un 28%.



Damián Navarro López de Jaureguizar

Teniendo en cuenta que para hacer cualquier tipo de mejora hay que cambiar tanto el marco como los vidrios, se ha optado por ventanales con marco de PVC y dos vidrios de 4 milímetros separados 12 milímetros. Con esta opción, la transmitancia térmica ronda los 2,9 W/m² K consiguiendo reducir las pérdidas en algo más del 50%.

Este tipo de ventanas se hacen principalmente por encargo y su precio depende del proveedor y de sus medidas. Para este caso se va a suponer que todas las ventanas son iguales, de 116x100 centímetros, con persiana incluida (ver ilustración 18). Con estas características las ventanas rondan los 190 euros. (Bricodepot, 2022)



Ilustración 18. Ventana PVC 4-12-4. Fuente: BricoDepot

Para este estudio, del total de ventanas de la Base, se va a suponer que el 30% de ellas ya han sido modificadas en reformas anteriores (alojamientos, oficinas...). Asimismo, también se va a suponer que todas las ventanas son dobles, es decir, que, del total del inventario, realmente hay la mitad de ventanas. De esta manera obtenemos que se deben cambiar un total de 1624 ventanales.

5.5.1 Análisis económico

Para estimar el ahorro energético es necesario calcular el ahorro de energía que se genera con esta mejora. Sabiendo el consumo energético debido a la climatización, tanto frío como calor, el ahorro en pérdidas debido a los nuevos ventanales y el porcentaje de pérdidas térmicas debido a las ventanas de una habitación podemos realizar una estimación de dicho ahorro, la cual viene recogida en la tabla 18.

	Pérdidas energía debido a ventanal	Pérdidas Totales (***) (Mw)	Coste de las pérdidas (****) (eur)
Ventanal inicial	30% (*)	975.96	29961.88
Ventanal mejorado	15% (**)	487.97	14980.94

Tabla 18. Cálculo del ahorro tanto energético como económico debido a las pérdidas de los ventanales.

*Fuente: Consejería de economía e innovación. (Agencia Andaluza de Energía, 2020)

**Sabido que la nueva ventana reduce las pérdidas en torno al 50%

*** Consumo total de climatización frío y calefacción es 3253,19 Mw

****Coste medio del Mwh en 2020 es de 30,7 euros

Por tanto, conociendo el coste de la inversión de 308.560 euros y el ahorro anual, el



Damián Navarro López de Jaureguizar

periodo de retorno se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Periodo de retorno} = \frac{\text{Coste del proyecto}}{\text{Ahorro anual}}$$

$$\text{Periodo de retorno} = 20.59 \text{ años}$$

Inversión inicial	308.560 Eur
Ahorro económico anual	14.980,94 Eur
Ahorro energético	487.97 MW
Periodo de retorno	20.59 años

5.6 Otras medidas

En este subcapítulo se va a proceder a nombrar otras medidas posibles que se debería estudiar a la hora de realizar las mejoras, pero que, sin embargo, se escapan del alcance del proyecto:

- Instalación de detectores de presencia. Pueden suponer un ahorro considerable en zonas de ocupación no continua tales como pasillos, aseos... al apagar la iluminación cuando no hay personas presentes en estos espacios.
- Mejorar del aislamiento térmico de la envolvente térmica del edificio. Básicamente, consiste en mejorar la estanqueidad del edificio, frente a todo tipo de amenazas, como la humedad, el viento, etcétera.
- Redistribución de luminarias. Como se ha visto anteriormente, las nuevas lámparas LED, producen mucho más flujo luminoso, por tanto, se podría realizar un estudio para tratar de reducir los puntos de luz en el interior, manteniendo el mismo nivel de flujo luminoso. Para ello, se podría utilizar el programa Dialux, que, de manera sencilla, ayuda significativamente a calcularlo.
- Instalación de aerotermia. En el caso de que se desestime la opción de la caldera de biomasa, la aerotermia es una de las opciones más eficientes que existen a día de hoy para obtener, tanto climatización como ACS.
- Sectorizar la calefacción. Como es lógico, si en vez de calentar todo un edificio, se calienta únicamente aquellas partes que lo requieran, el ahorro puede ser considerable.
- Instalación de termostatos en el interior de los edificios. Con esta medida se pretende cumplir con el Real Decreto 1826/200 (Reglamento de Instalaciones térmicas en edificios), que establece que la temperatura estará comprendida entre 21°C y 26°C.



6. Indicadores de desempeño (IDEn's)

Teniendo en cuenta el ciclo PHVA de la ISO 50001, en la fase de planificación se han de definir los IDEn's para llevar un control cuantitativo del proceso de mejora. Su correcta interpretación es realmente útil a la hora de ejecutar planes de acción que contribuyen a la mejora de la eficiencia energética. De entre la infinidad de posibilidades, se han definido los IDEn,s que a continuación se detallan:

- IDEn 1: Consumo de energía por servicio
- IDEn 2: Consumo de energía por equipo.
- IDEn 3: Consumo de energía por persona en la Base
- IDEn 4: Consumo de energía por tipo de combustible

La selección de estos IDEn's no es fruto del azar, se ha optado por los que nos ofrecen información real de donde centrar las mejoras.

Es necesario llevar un seguimiento de los mismos. Por ello es necesario designar un encargado, perteneciente a la USBA (Unidad de Servicios de la Base), cuya misión principal sea realizar una auditoría de consumo anual y compararla con la del año anterior. Este mismo encargado también ha de tener la potestad de tomar medidas, aplicar sanciones y proponer mejoras.

Asimismo, también es necesario fijar unos objetivos de mejora tangibles, como, por ejemplo:

- Año 0: consumo energético 5851,61 MW
- Año 1: $0,85 * (\text{consumo energético año 0}) = 4973,87 \text{ MW}$
- Año 2: $0,9 * (\text{Consumo energético año 1}) = 4476,48 \text{ MW}$
- Año 3: $0,95 * (\text{consumo energético año 2}) = 4028,83$
- ...

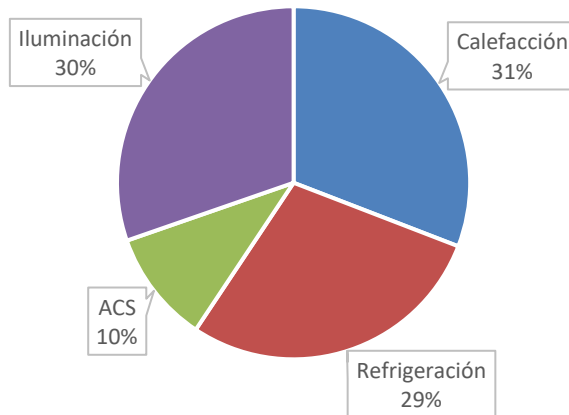
Estos porcentajes son un ejemplo de mejora continua, que vendría marcada, como es lógico, por el avance de la tecnología y por las mejoras realizadas durante el año en la Base.

6.1 IDEn 1. Consumo de energía por servicio

Cuando se habla de servicio, se refiere a las cuatro principales fuentes de consumo de toda edificación, que son la climatización (en este caso diferenciaremos entre calefacción y refrigeración), ACS e iluminación. De los datos obtenidos en el inventario de consumo, obtenemos el siguiente gráfico:



Consumo

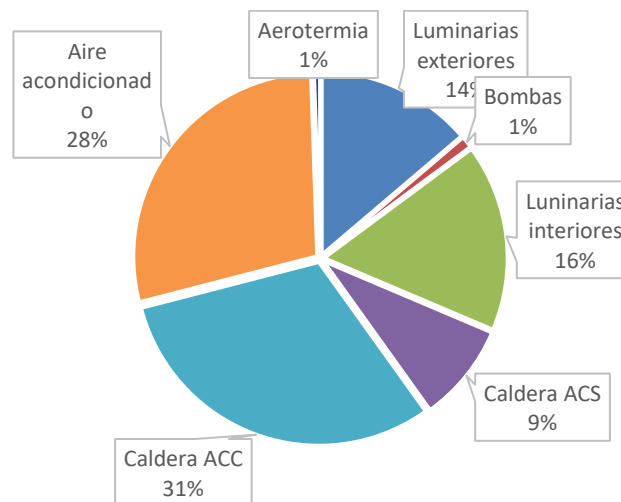


Servicio	Consumo (MW)
ACS	566.39
Calefacción	1691.67
Refrigeración	1561.52
Iluminación	1661.75

Como se puede observar en el gráfico, la principal fuente de consumo energético de la Base es la climatización. Sabiendo este dato, parece que este ha de ser el primer servicio para el que buscar medidas que mejoren su eficiencia.

6.2 IDEn 2. Consumo de energía por equipo

Si tenemos en cuenta la diferente maquinaria que permite materializar los servicios del IDEn 1, obtenemos unas estadísticas mucho más detalladas. Es decir, en vez de fijarnos únicamente en la producción de ACS, tenemos en cuenta el consumo de las calderas, las bombas de distribución y los sistemas de aerotermia. De esta forma obtenemos:



Equipo	Consumo (MW)
Caldera ACC	1691.67
Aires acondicionados	1561.52
Luminarias interiores	906.15
Luminarias exteriores	755.6
Caldera ACS	478.25
Bombas de distribución	58.56
Aerotermia	29.58



Gracias a la información proporcionada por este indicador y el anterior, a la hora de empezar con las mejoras se debería priorizar en aquellas que tengan una influencia directa sobre la climatización (como la sustitución de ventanas).

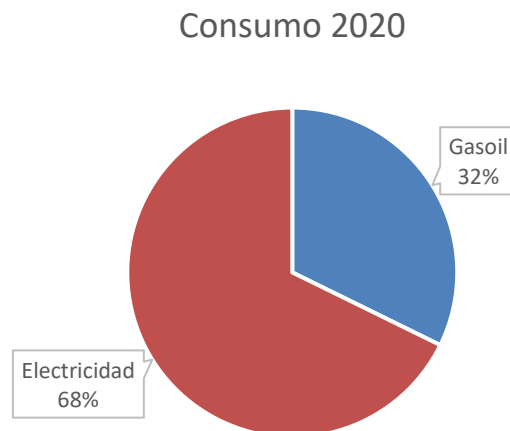
6.3 IDEn 3. Consumo de energía por persona en la Base

El personal presente en la Base es muy variable, ya que depende de los ciclos de tropa que lleguen, el personal que se encuentre viviendo en la misma, personal de maniobras, despliegues en misiones internacionales... Es por ello que resulta realmente complejo hacer una estimación del consumo de energía por persona, sin embargo, conseguir cifras exactas de ocupación resulta realmente útil, ya que se pueden tener en cuenta todos esos gastos extraordinarios (consecuencia de la ocupación), como poner a cargar el móvil, encender la televisión, conectar el compresor... De esta manera, medidas de mejora como la sensibilización de los miembros de la Base pasan de ser algo intangible a tener resultados que se pueden medir.

6.4 IDEn 4. Consumo de energía por tipo de combustible.

Este indicador se debe tener en cuenta, sobre todo, en el largo plazo. Como ya se ha hablado anteriormente, hay normas europeas que tienen como objetivo reducir las emisiones de CO_2 , por tanto la combustión de combustibles fósiles puede suponer problemas en el futuro. Es por ello que se debe tratar de minimizar el uso del diesel como combustible y tratar de sustituirlo por otras alternativas.

El consumo de gasoil supone un 32 % de la energía total consumida. De esta forma se obtiene:



Actualmente en la Base únicamente se utiliza el gasoil para la generación de ACS y ACC. Sin embargo, como se ha visto en los IDEn's 1 y 2, supone una gran parte de la energía total. Por tanto, este indicador también da pie a que durante la priorización de medidas de mejora, se apueste primero por aquellas que influyan sobre climatización.



7. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la actual crisis energética, no cabe ninguna duda de que es necesario invertir en todo aquello que pueda reducir el consumo energético, tanto a nivel estatal, reduciendo la dependencia energética, como a nivel individual, recurriendo a la concienciación.

Asimismo, las diferentes normativas obligan, en un horizonte no muy lejano, a reducir la contaminación. Por tanto, si se quiere mantener el nivel de confort actual, tanto a nivel calefacción, refrigeración, transporte, etcétera, es necesario una inversión en sistemas que consigan producir la misma energía, o incluso más, consumiendo menos recursos y, por tanto, emitiendo menos contaminación.

Otra opción, lógicamente, es el desarrollo de energías limpias, que no produzcan ningún tipo de contaminación, tales como energía solar, eólica o geotérmica. En algunas BAE,s se instalaron hace años paneles fotovoltaicos, sin embargo, la tecnología no estaba lo suficientemente madura y la generación de energía no alcanzaba los valores previstos inicialmente..

No cabe ninguna duda de que, en la Base "General Menacho", es necesario aplicar medidas para mejorar su desempeño energético, para ello es necesario definir una política energética propia de esta Base.

Por otro lado, las inversiones de las mejoras propuestas tienen un periodo de retorno medianamente reducido, lo que anima aún más a llevarlas a cabo.

La clave del éxito de esta política será llevar un control exhaustivo, tanto de la evolución de las diferentes inversiones en mejoras, como de las diferentes vías de consumo. En este punto es donde hay que recalcar la importancia de los IDEn's, fundamentales para llevar a cabo dicho control.

Asimismo, es necesario realizar un estudio detallado que permita priorizar medidas. Por ejemplo, como se ha mostrado en los IDEn's, el campo que mayor gasto supone es la climatización, por tanto, en cuanto se decida emprender alguna acción en pos de la mejora de la eficiencia energética de la Base, se deberá enfocar en mejorar este aspecto.

Se estima que el estudio, implementación y control de medidas encaminadas a la mejora de la eficiencia energética de la Base requieren el esfuerzo y la dedicación exclusiva de una persona destinada en ella. Por tanto, es necesario la creación de una pequeña sección que se encargue exclusivamente de este cometido, y que además sea la encargada de investigar la viabilidad del uso en la Base de nuevas tecnologías, buscando siempre la mejora continua.

Sin embargo, es necesario que el Plan Estratégico para la Eficiencia Energética del Ministerio de Defensa, que está pendiente de publicación, defina una política propia, que marque objetivos a todas las BAE, s y sea capaz de repartir el presupuesto en función de las necesidades de las BAE,s. Todo ello dentro del marco de las ISO 50001 y la ISO 14001.



8. Referencias

- AENOR, 2005. UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica".
- Agencia Andaluza de Energía, 2020. *Aislamiento de ventanas*, s.l.: s.n.
- Bricodepot, 2022. Ventana de PVC corredera 116 x 100 cm.
- Consejo de Ministros, 2016. *Real Decreto 56/2016, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas y acreditación de proveedores de servicios*, s.l.: s.n.
- Ecodes, s.f. Hacia una Europa saludable y renovada: edificios rehabilitados. *Ecodes*.
- Expansión, 2020. *datosmacro*.
- Instituto para la diversificación y ahorro de energía, 2012. *Guía técnica de iluminación eficiente*, s.l.: s.n.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2019. Guía Técnica para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios.
- Ministerio de Defensa, 2005. Informe ambiental. p. 15.
- Ministerio de Defensa, 2011. *Instrucción 56/2011, de 3 de agosto sobre la sostenibilidad ambiental y la eficiencia energética en el ámbito del Ministerio de Defensa*, s.l.: s.n.
- Ministerio de Defensa, 2020. *Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID)*, s.l.: s.n.
- Muñoz, G. J. E., 2021. Gral. Muñoz Infraestructura: "Defensa recibirá 250 millones de Europa para 165 proyectos de eficiencia energética". *Infodefensa*.
- NATO, 2015. [En línea]
Available at: https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_101896.htm
- Organización Internacional de Estandarización (ISO), 2015. *UNE-EN ISO 14001:2015 sistemas de gestión ambiental*, s.l.: s.n.
- Organización Internacional de Estandarización (ISO), 2018. *UNE-EN ISO 50001:2018 Sistemas de gestión de energía*, s.l.: s.n.
- Parlamento Europeo, 2012. *Directiva Europea 2012/27/ue*. Estrasburgo, s.n.
- UNESCO, 1975. *Carta de Belgrado*. Belgrado, s.n.
- Vilaro, R., 1976. La OTAN, preocupada por el deterioro ambiental. *El país*, 23 Octubre.



ANEXOS

Anexo I. Cálculo detallado de la demanda de energía para ACS

	Días/mes	Demanda diaria m^3	Demanda mensual	Temperatura de uso $^{\circ}C$	Temperatura de red $^{\circ}C$	Diferencia de temperaturas	Demanda de energía mensual KW
Enero	31	56	1736	38	9	29	58399,04
Febrero	29	56	1624	38	10	28	52747,52
Marzo	31	56	1736	38	11	27	54371,52
Abril	30	56	1680	38	13	25	48720
Mayo	31	56	1736	38	15	23	46316,48
Junio	30	56	1680	38	18	20	38976
Julio	31	56	1736	38	20	18	36247,68
Agosto	31	56	1736	38	20	18	36247,68
Septiembre	30	56	1680	38	18	20	38976
Octubre	31	56	1736	38	15	23	46316,48
Noviembre	30	56	1680	38	12	26	50668,8
Diciembre	31	56	1736	38	9	29	58399,04
Total anual							566386,24

Anexo II. Presupuesto caldera de biomasa desglosado (Termosun)

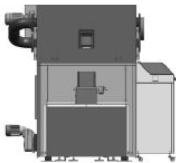
PRESUPUESTO

Solicitado por Cliente: .	Nº Presupuesto	Fecha	Cód. Cliente	Divisa
		10 ene. 2022		EUR
Dirección: ESPAÑA	Referencia de Obra: 2xBF800			
	Su Referencia:			

TERMOSUN ENERGÍAS, S.L.

BIOMASA, TU FUENTE DE ENERGÍA

Referencia	Descripción	Unidades
H178000-001	CALDERA HERZ BIOFIRE 800 T-CONTROL	2



Rango de potencia: 240-800kW

Presión máxima de trabajo: 5bar (opcionalmente 6bar)

Características de combustible:

Astilla M40 (contenido de humedad máx. 40%) según norma:

- EN ISO 17225-4: Clase A1, A2, B1 y tamaño de partículas P16S, P31S

Pellets según norma:

- EN ISO 17225-2: Clase A1, A2

Temperatura máx. de trabajo: 102°C

Superficie parrilla móvil: 0,83m²

Conexión eléctrica (V, Hz, A): 3x400, 50, 32

Diámetro exterior salida de humos: 300mm

Depresión mínima chimenea: 5Pa

Depresión máxima chimenea: 10Pa

Cuerpo de la caldera formado por 2 módulos (combustión e intercambio) ambos refrigerados por agua, **Water Jacket**, y con aislamiento térmico de alta eficiencia que garantiza mínimas pérdidas de calor.

La zona de combustión **Water Jacket** presenta las siguientes ventajas:



- **Ausencia total de estrés térmico:** Durante el encendido y la modulación del régimen térmico y durante el cambio de combustible de húmedo a seco.
- **Refrigeración de los refractarios:** Los refractarios utilizados por HERZ son de SiC (Carburo de Silicio) para altas temperaturas. Al estar refrigerados por agua en toda la cámara de combustión, se evitan temperaturas elevadas y se mejora la durabilidad.
- **Permite la construcción de calderas más compactas, más robustas y con menor peso.**

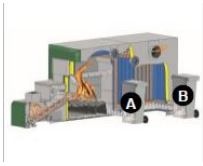





Mejor rendimiento: Se aprovecha toda la superficie para producir energía, mejorando el rendimiento respecto las calderas que no disponen de Water Jacket donde sólo se intercambia calor en los intercambiadores.

Módulo de combustión formado por:

Una parrilla móvil principal con control en 3 zonas y una parrilla móvil debajo de la parrilla principal para la recogida de cenizas. También está provista de 2 zonas de aire primario y 2 zonas de aire secundario, controladas cada una por un ventilador con control de velocidad

Referencia	Descripción	Unidades
	<p>independiente. Con el movimiento de la parrilla de combustión se consigue la limpieza de los elementos de la parrilla. De esta manera, se proporciona un óptimo caudal de aire que garantiza una combustión eficiente.</p> <p>Zona de combustión recubierta de refractario, siendo todo el cuerpo, incluso la zona de combustión, refrigerado por agua.</p> <p>Elementos de la parrilla fabricados con materiales de fundición de alta calidad: aleación de cromo del 29%.</p> <p>La zona de combustión está recubierta de refractario de SiC (resistencia hasta 1550°C), siendo todo el cuerpo, incluso la zona de combustión, refrigerado por agua.</p> <p>La parrilla móvil con movimiento continuo regulable en velocidad, a 2 tramos controlando la velocidad en cada tramo por separado generando así 3 zonas de combustión. Las principales ventajas de la parrilla móvil son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño industrial. • Limpieza totalmente automática. • Evita la formación de escoria. • Optimización del tiempo de residencia del combustible en función de sus características (regulando el tiempo de avance de la parrilla). • Módulo de combustión formado por: <ul style="list-style-type: none"> • Una parrilla móvil principal con control en 3 zonas. • Parrilla con aleación de cromo del 29%. • Apta para astillas con contenido de agua de hasta el 40%. • Se pueden sustituir las parrillas de manera individual. <p>Módulo de intercambio formado por:</p> <p>Sistema automático de extracción de cenizas del módulo de combustión y del módulo de intercambio. Con sinfín de transporte a 2 amplios contenedores de cenizas de capacidad 240l cada uno.</p> <p>Opcionalmente con sistema de descarga de cenizas a depósito central dispuesto por el usuario.</p> <p>Intercambiadores de calor verticales con sistema de limpieza automática linealmente independiente, que se activan incluso durante el funcionamiento de la caldera. El sistema proporciona un mayor rendimiento de la caldera, un elevado nivel de eficiencia, bajo consumo de combustible y garantizan una limpieza máxima de los pasos de humos. Su disposición vertical mejora el mantenimiento de la caldera e implica menores limpiezas manuales.</p> <p>El sistema de limpieza del intercambiador de HERZ, al no ser un muelle de cuerpo hueco, crea una turbulencia aumentando el recorrido de gases. Al aumentar el tiempo de residencia se mejora el rendimiento y se eliminan más partículas.</p> <p>Regulación mediante sonda Lambda, que supervisa de forma permanente los valores de los gases y reacciona a las distintas calidades de combustible, para la obtención de valores de combustión ideales y valores de emisiones muy reducidos.</p> <p>Cuadro de potencia, gestión y comunicaciones integrados en el bloque de la caldera, caldera cableada en su totalidad a excepción de los elementos externos.</p> <p>Visualización a distancia integrada de serie y gestión remota vía programa VNC y/o web "myHERZ" y/o protocolo ModBus TCP.</p> <p>Regulación integrada de serie mediante sistema T-CONTROL con pantalla táctil que permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulación de la combustión. • Regulación del depósito de inercia mediante 3 sondas para una mejor estratificación. • Regulación de la depresión. • Regulación del sistema de elevación de temperatura de retorno (válvula mezcladora motorizada y bomba). 	

Referencia	Descripción	Unidades
	<ul style="list-style-type: none"> Regulación de la válvula motorizada para un rápido calentamiento de los circuitos de calefacción. Regulación mediante sonda Lambda que controla el flujo de aire de combustión y entrada de combustible. Visualización y gestión remota vía programa VNC o web "myHERZ". Envío de datos vía Modbus TCP (de serie) y envío de mail en el caso de anomalía. <p>Sistema alimentación de combustible formado por:</p> <ul style="list-style-type: none"> Depósito intermedio de combustible con control de nivel mediante sensores infrarrojos. Introduccion con doble sinfín de alimentación con compuerta hermética antirretorno de llama. Sistema de extracción de humos con variador de frecuencia en el ciclón. Control de aire primario y secundario (I y II) con 4 ventiladores independientes de velocidad variable. <p>Elementos de seguridad de la caldera formados por:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sistema de protección de sobre temperatura mediante intercambiadores de seguridad. Caldera dotada de TUB (Protección térmica para almacén de combustible). Protección RZS contra retroencendido, capa de barrera de combustible. Control de depresión en la cámara de combustión (DÚF) Control de temperatura en la cámara de combustión (TÚF) Sistema automático de apertura de la compuerta de humos con salida directa a chimenea en caso de corte de suministro eléctrico. Control de nivel de almacén intermedio mediante sensores infrarrojos. <p>Se incluye en el suministro:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sondas de impulsión y retorno de caldera. Sondas depósito de inercia, superior, inferior y media. <p>Otras características:</p> <ul style="list-style-type: none"> Encendido automático mediante soplador de aire caliente. Caldera precableada internamente. Instrucciones de instalación y funcionamiento. 	
7070000-300	<p>CONTROL EN CASCADA PARA T-CONTROL (TERMINAL Y ACTIVACION) PARA CALDERA NUEVA</p>  <p>Necesario para cada caldera en cascada. Son posibles hasta 8 calderas en cascada (según esquemas HERZ).</p>	2
E013000-311	<p>CICLON DE HUMOS PARA BF600-800/BF800 (P45S)/BF500 (P45S+M50)</p>  <p>Conjunto del sistema de combustión de los gases compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ciclón doble - Ventilador extractor - Carenado con aislamiento - Conexiones antivibratorias (2 piezas, una delante y otra después del ciclón) 	2
H176007-200	<p>DEPOSITO DE CENIZAS 240 L PARA HERZ BIOFIRE 500-1500</p> <p>(A) Depósito cenizas quemador (B) Depósito cenizas volátiles</p>	4

Referencia	Descripción	Unidades
		
H176007-215	DEPOSITO DE CENIZAS 240 L CICLON PARA HERZ BIOFIRE 500-1500	2
		
5010216-158	VALVULA TERMICA DE SEGURIDAD TEMPERATURA DE APERTURA 108 °C, ROSCA INTERIOR 3/4"	4
	<p>En caso de sobrecalentamiento de la caldera, 108°C, la válvula abre automáticamente y la caldera se refrigera.</p> <p>Precaución: Está prohibido poner en marcha la instalación si no funciona la válvula térmica de seguridad.</p>	
4100250-038	REGULADOR DE TIRO D = 250 MM CON CLAPETA DE SOBREPRESION	2
	<p>Elemento obligatorio para estabilizar el tiro en chimeneas de más de 7 metros.</p>	
X000100-113	CUADRO DE CONTROL SISTEMA DE ALIMENTACION PARA 2 MOTORES 400 V PARA FM20-501 Y BF500-1500	2
	<p>1 sinfín de alimentación (AS1) + 1 sinfín de alimentación (AS2) o agitador (RW)</p>	
A566002-000	KIT BASICO MODULAR DE SINFIN DE ALIMENTACION CANAL ABIERTO D = 6,0 M PARA BF500-1000 (LTOTAL = 6,25 M)	2
	<p>Compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motor - Sinfín tramo abierto y pasamuros - Canal para sinfín (parte superior e inferior) - Pie de soporte (6) <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diámetro rotativo: 4,0 / 4,5 / 5,0 / 5,5 / 6,0 (m) - Longitud tramo abierto (interior silo): máx. 6 m - Longitud tramo cerrado (extensiones): máx. 5 m - Longitud tramo cerrado de transmisión: máx. 6 m - Altura máx. pellets: 4 m - Altura máx. astillas: 6 m - Ángulo: máx. 15° 	

Referencia	Descripción	Unidades
A066002-290	<p>- 2 ballestas</p> <p>PIE DE SOPORTE PARA EL SINFIN DE ALIMENTACION (TRAMO ABIERTO)</p> <p>Es necesario:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cada 2 m de sinfín (en tramo cerrado) - A partir de 5,5 m de diámetro (en tramo abierto) 	4
A066003-210	 <p>TRAMO CERRADO DE SINFIN DE ALIMENTACION PARA BF500-1000 L = 1000 MM</p> <p>Compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Canal para sinfín cerrado (parte superior e inferior) - Sinfín 	2
A106009-899	 <p>KIT AGITADOR ROTATIVO CON TRANSMISION INDEPENDIENTE D = 6,0 M PARA BF500-1000</p> <p>Compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motor para transmisión independiente, disco del rotativo, transmisión y 2 ballestas (3) - Pie de soporte (7) 	2
A100009-898	 <p>TRAMO CERRADO PARA AGITADOR ROTATIVO CON TRANSMISION INDEPENDIENTE LONGITUD MAX. 6 M (PRECIO POR METRO)</p> <p>Compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parte superior e inferior de canal cerrado - Eje 	8
A082003-290	 <p>PIE DE SOPORTE PARA LA TRANSMISION INDEPENDIENTE INCLINADA</p> <p>Nota: Necesario cada 2 m.</p>	2
A021500-100	 <p>SOBRECOSTE POR EXTRACTOR SECCIONADO PARA FM249-501 Y BF500-1000 (A PARTIR DE 4 M DE LONGITUD DEL SINFIN)</p> <p>Nota: Para la caldera BioFire 500-1000 los sinfines seccionados requieren trabajos de soldadura en obra.</p>	4
XD000BF-000	<p>DIRECCION DE ENSAMBLAJE Y CONEXIONADO INTERNO PARA BIOFIRE</p> <ul style="list-style-type: none"> • TERMOSUN desplazará un técnico que realizará la Dirección del ensamblaje de todos los equipos HERZ de acuerdo con el plano de ubicación, y el Conexionado interno hasta el cuadro de conexiones HERZ. 	2

Referencia	Descripción	Unidades
	<ul style="list-style-type: none"> El instalador deberá tener un mínimo de 2 montadores electromecánicos para la realización de los trabajos. Los operarios dispondrán de herramientas apropiadas para la realización de su trabajo. En caso de no disponer de los operarios cualificados solicite la opción "Ensamblaje y conexionado interno". No está incluido el conexionado hidráulico y térmico a la chimenea y al sistema de calefacción, así como sensores externos, bombas y cableados. No se incluye la descarga y colocación en la sala de las calderas. Los medios de elevación y transporte hasta su ubicación serán provistos por el cliente. Cualquier trabajo adicional de montaje se facturará aparte. 	
XP000BF-000	<p>PUESTA EN MARCHA BIOFIRE</p> <ul style="list-style-type: none"> Incluye la formación básica de usuario, en el caso de estar presente en la Puesta en Marcha. Para la realización de la Puesta en Marcha, la instalación hidráulica debe estar terminada y realizada según esquemas HERZ, así como la instalación eléctrica y la chimenea. La instalación deberá estar llena de agua y se deberá disponer de suficiente combustible. Cualquier trabajo adicional de montaje o puesta en marcha por motivos ajenos a TERMOSUN se facturará aparte. 	2
L000004-DIN	DEPOSITO DE INERCIA NO INCLUIDO EN ESTA OFERTA	
L000004-SLL	SISTEMA DE LLENADO DE SILO NO INCLUIDO EN ESTA OFERTA	
L000004-GAR	<p>CONDICIONES PARA LA VALIDEZ DE LA GARANTIA</p> <p>Sistema de elevación de temperatura de retorno es obligatorio. Consulte características mínimas según la potencia de la caldera. Uso de Combustible según indicaciones del fabricante. Puesta en Marcha: Será obligatorio que la Puesta en Marcha se haya realizado por personal del Servicio de Asistencia Técnica Oficial de TERMOSUN, o con empresa autorizada por TERMOSUN. Revisión Anual: Será obligatorio que la Revisión Anual se haya realizado por personal del Servicio de Asistencia Técnica Oficial de TERMOSUN o con empresa autorizada por TERMOSUN. En el caso que durante un año se hayan superado las 3.000 horas de funcionamiento la revisión anual deberá realizarse con anterioridad a la anualidad. Es obligatorio realizar las revisiones según indicaciones del fabricante Según especificaciones en apartado 8. GARANTIA, del documento "Condiciones generales de Venta, Suministro y Garantía" de TERMOSUN.</p>	
L000004-C30	<p>CONFIRMACION DE PRESUPUESTO</p> <p>Pago del 30% a la confirmación de Pedido. En caso de aceptación del presupuesto solicite el documento "Confirmación de pedido".</p>	

Desglose del I.V.A.			Recargo de Equiv.		Retención	
Base	% IVA	Cuota IVA	% R.E.	Cuota R.E.	Base	% Ret.
330.834,00	21%	69.475,14				

Total presupuesto:	
Suma de Importes:	324.734,00
Dto PP:	
Portes:	6.100,00
Gastos:	
Cuota de IVA:	69.475,14
Cuota R.E.:	
Retención:	
Total Iva Incluido:	400.309,14

Forma de Pago: SEGÚN CONDICIONES COMERCIALES TERMOSUN

Validez de la oferta 60 días

Descarga sobre camión en obra excepto EXW.

El presente presupuesto queda regulado por las "**CONDICIONES GENERALES DE VENTA, SUMINISTRO y GARANTÍA DE TERMOSUN ENERGÍAS S.L.**".

Este presupuesto carece por sí mismo de carácter contractual, y establece de forma orientativa las condiciones generales del material y la forma de pago, que se definirán en el documento "**Confirmación de Pedido**".

A la entrega de materiales, el impago de facturas o la variación de solvencia acreditada por CESCE pueden modificar la forma de pago especificada.

Anexo III. Detalles técnicos luminaria exterior

Rendimiento inicial (conforme con IEC)	
Flujo lumínico inicial (flujo del sistema)	5400 lm
Tolerancia de flujo lumínico	+/-7%
Eficacia de la luminaria LED inicial	133 lm/W
Corr. inic. de temperatura de color	3000 K
Índice de reproducción cromática	>70
Cromacidad inicial	-
Potencia de entrada inicial	40.5 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-11%
	+/-2



Anexo IV. Detalles técnicos proyector LED

Rendimiento inicial (conforme con IEC)	
Flujo lumínico inicial (flujo del sistema)	12460 lm
Tolerancia de flujo lumínico	+/-7%
Eficacia de la luminaria LED inicial	152 lm/W
Corr. inic. de temperatura de color	4000 K
Índice de reproducción cromática	70
Cromaticidad inicial	(0.380, 0.390) SDCM <5
Potencia de entrada inicial	82 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-11%
	+/-7

