



Universidad
Zaragoza

1542

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO E INTEGRACIÓN DE MEDIOS DE SEGURIDAD E ILUMINACIÓN PARA LA MEJOR GESTIÓN ENERGÉTICA DE LAS BAE's DEL ET.

Autor

CAC. D. Alberto Pulido Robles

Directores

Director académico: Dr. Miguel Ángel García García.

Director militar: Cap. Francisco José Toledo Mira.

Centro Universitario de la Defensa- Academia General Militar.

Marzo/2018

AGRADECIMIENTOS.

Quiero aprovechar este espacio para agradecer a los componentes del Grupo de Artillería Antiaérea (GAAA II/30), localizado en la cima del Monte Hacho, en Ceuta, y, en especial, al Jefe del GAAA, el Teniente Coronel Don Borja Pérez-Lombard Martín de Oliva, y a mi director militar el Capitán Don Francisco José Toledo Mira, que desempeña el puesto de Capitán AS3 de la PLMM, que gracias a su formación, conocimientos y experiencia me han guiado en la realización de mi trabajo.

De igual forma, quiero expresar mi gratitud a mi director académico, el Doctor Miguel Ángel García García, quien gracias a su estricta tutela, su interés y sus conocimientos técnicos ha facilitado en gran medida la elaboración de este trabajo.

RESUMEN.

Actualmente, una de las mayores preocupaciones de los jefes de las UCO's es la gestión energética de las BAE's. Desde este punto de vista se han de buscar soluciones que favorezcan la mejor gestión de los recursos energéticos, en concreto para este TFG de la energía eléctrica. Para ello se van a tomar una serie de medidas enfocadas a la racionalización de la iluminación exterior e interior de una BAE, la concienciación de los usuarios en materia de consumo energético, y el aprovechamiento de la luz natural como medio de iluminación de recintos, todo ello bajo una perspectiva particular del acuartelamiento en estudio, el Acuartelamiento "El Hacho", para después tener la posibilidad de extrapolar los datos e ideas a los recintos de una BAE en general.

Se va a considerar también la integración de los sistemas de seguridad e iluminación, para así poder hacer una gestión más eficiente de ambos sistemas. Para esto, se estudiarán las generalidades de la seguridad de una BAE y el amplio abanico de posibilidades en cuanto a medios de seguridad existentes, de lo cual se extraerá una idea general de cómo se pueden integrar ambos sistemas con la ayuda de tecnologías que se utilizan para el control de la iluminación, tales como el protocolo DALI.

ABSTRACT.

Currently, one of the main concerns of the heads of the UCOs is the energy management of the BAE's. From this point of view, solutions have to be found that favor the best management of energy resources, specifically for this TFG of electrical energy. To this end, a series of measures will be taken focusing on the rationalization of the exterior and interior lighting of a BAE, the awareness of the users in terms of energy consumption, and the use of natural light as a means of lighting enclosures, this under a particular perspective of the quartering under study, the "El Hacho" barracks, to later have the possibility of extrapolating the data and ideas to the premises of a BAE in general.

The possibility of integrating the security and lighting systems will also be considered, in order to be able to make a more efficient management of both systems, for which the generalities of the security of a BAE and the wide range of possibilities will be studied. to existing security means, from which a general idea of how both systems can be integrated with the help of other technologies, such as the DALI protocol, will be extracted.

ÍNDICE.

Agradecimientos	II
Resumen.....	III
Abstract.....	III
Lista de ilustraciones	VI
Lista de abreviaturas	VII
Lista de tablas.	VII
1. Introducción.....	1
2. Objetivo y alcance del proyecto.	1
3. Antecedentes y estado del arte.	1
4. Alternativas a la solución adoptada.	2
5. RD 56/2016.....	3
6. Gestión energética de las BAE's.	5
6.1. Análisis de los datos de la BAE “El Hacho”.....	5
6.2. Límites legales para la iluminación de recintos.....	8
6.3. Medidas concretas para el ahorro de energía eléctrica.....	10
6.3.1. Medidas para el ahorro en iluminación interior.	10
6.3.2. Medidas para el ahorro en iluminación exterior.....	17
6.3.3. Medidas para el ahorro en climatización.....	19
7. Métodos para la integración eficiente iluminación-seguridad.....	20
7.1. Introducción al control de la iluminación.	20
7.2. Protocolo Konnex (KNX).	22
7.3. Protocolo DALI.....	22
7.4. Protocolo Lonworks.....	23
7.5. Protocolo DMX512.....	24
7.6. Protocolo ZWave.	25
7.7. Medidas concretas para la integración.....	26
8. Conclusiones.....	29
9. Líneas futuras.....	30
10. Bibliografía.	31
11. Anexos.....	33
11.1. Anexo A. Inventario de equipos consumidores de energía eléctrica.....	33
11.2. Anexo B. Especificaciones técnicas tubos LED OSRAM Substitube Value.....	39

11.3.	Anexo C. Datos obtenidos apartir de los cálculos con dialux para las luminarias T5 philips TBS165.	41
11.4.	Anexo D. Datos obtenidos apartir de los cálculos con dialux para las luminarias Sylvania Start Panel.	43
11.5.	Anexo E. Datos obtenidos apartir de los cálculos con dialux para Luminaria LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 NOC.	44
11.6.	Anexo F. Datos obtenidos apartir de los cálculos con dialux para Luminaria LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 OC.	46
11.7.	Anexo G. Cálculos del VAN para las distintas soluciones.	48
11.8.	Anexo H. Tarifas de productos usados en el análisis económico.	50
11.9.	Anexo I. Tarifa PVCP.	53
11.10.	Anexo J. Imágenes de la situación actual del comedor y simulación de la iluminación propuesta mediante DIALux.	54
11.11.	Anexo K. Carteles sobre concienciación en ahorro de energía eléctrica.	57
11.12.	Anexo L. Distribución de la iluminación exterior.	59
11.13.	Anexo M. Especificaciones técnicas proyectores SYLvania.	60
11.14.	Anexo N. Alternativas para el ahorro en climatización.	62
11.15.	Anexo O. Medios de seguridad.	63

LISTA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración I. Porcentajes de consumos eléctricos. Fuente: elaboración propia.....	8
Ilustración II. Tabla de equivalencias entre lámparas halógenas y lámparas LED. Fuente: Web Nergetia.....	18
Ilustración III. Tabla de equivalencias entre lámparas halogenuros metálicos y lámparas LED. Fuente: Web Proyectores de LED.....	18
Ilustración IV. Relación entre errores cometidos y cantidad y calidad de la iluminación. Fuente: Advanced Lighting Controls: Energy Savings Productivity Technology and Application [11]	21
Ilustración V. Cableado DALI. Fuente: Web Domótica para todos.....	23
Ilustración VI. Integración de protocolo LonWorks. Fuente: [14].	24
Ilustración VII. Arquitectura de red DMX512. Fuente:	25
Ilustración VIII. Arquitectura de comunicaciones ZWave. Fuente: Elaboración propia. ..	25
Ilustración IX. Croquis de la planta de una armería. Fuente: (elaboración propia).....	27
Ilustración X. Integración seguridad e iluminación exterior. Fuente: elaboración propia (Google Earth).	27
Ilustración XI. Focos LED. Fuente: elaboración propia.....	33
Ilustración XII. Cámara IP. Fuente: elaboración propia.	34
Ilustración XIII. Cámara DOMO. Fuente: elaboración propia.	34
Ilustración XIV. Focos halógenos. Fuente: elaboración propia.....	34
Ilustración XV. Lámpara de dos tubos fluorescentes. Fuente: elaboración propia.	36
Ilustración XVI. Desglose de consumos eléctricos. Fuente: elaboración propia.	38
Ilustración XVII. Tarifa PVCP. Fuente: Web Aura Energía.	53
Ilustración XVIII. Distribución actual del comedor. Fuente: elaboración propia.	54
Ilustración XIX. Distribución actual del comedor. Fuente: elaboración propia.	54
Ilustración XX. Modelo 3D del comedor. Fuente: elaboración propia (DIALux).	55
Ilustración XXI. Modelo 3D del comedor. Fuente: elaboración propia (DIALux).	55
Ilustración XXII. Modelo 3D del comedor. Fuente: elaboración propia (DIALux).	56
Ilustración XXIII. Cartel de concienciación. Fuente: Web Rubbin Blog.	57
Ilustración XXIV. Cartel de concienciación. Fuente: Web Ahorro energético blogspot. ..	57
Ilustración XXV. Cartel de concienciación. Fuente: Web El País.	58
Ilustración XXVI. Croquis de la distribución de proyectores LED. Fuente: elaboración propia (Google Earth).	59
Ilustración XXVII. Funcionamiento sistema Free-Cooling. Fuente: Web Eficiencia.....	62
Ilustración XXVIII: Barreras de rayos infrarrojos. Fuente: [24].	66

Ilustración XXIX. Detector de infrarrojos portátil vía radio. Fuente: [24]	67
Ilustración XXX. Barreras microondas. Fuente: [24]	67
Ilustración XXXI. Barreras láser. Fuente: [24].	68

LISTA DE ABREVIATURAS.

BAE	Bases, acuartelamientos y establecimientos
ET	Ejército de Tierra
RD	Real Decreto
SINFRADEF	Sistema de Gestión de Infraestructuras de Defensa
UCO	Unidad, centro y organismo

LISTA DE TABLAS.

Tabla I: Tarifa Acto. Hacho. Fuente: elaboración propia.	5
Tabla II: Facturación Acto. Hacho. Fuente: elaboración propia.....	6
Tabla III: VEEI límite. Fuente: [8].....	9
Tabla IV: Potencias específicas máximas instaladas. Fuente: [8].	10
Tabla V. Ahorro energético tubos LED OSRAM. Fuente: elaboración propia.....	11
Tabla VI. Ahorro energético tubos T5 Philips TBS165. Fuente: elaboración propia.....	11
Tabla VII. Ahorro energético luminaria Sylvania Start Panel. Fuente: elaboración propia.....	12
Tabla VIII. Ahorro energético luminaria LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 NOC. Fuente: elaboración propia.....	12
Tabla IX. Ahorro energético luminaria LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 OC. Fuente: elaboración propia.....	13
Tabla X. Ahorro energético de un proyector halógeno frente a un proyector LED. Fuente: elaboración propia.....	19
Tabla XI. Ahorro energético de un proyector de halogenuros metálicos frente a un proyector LED. Fuente: elaboración propia.....	19
Tabla XII. Cálculo del VAN OSRAM substiTUBE Value. Fuente: elaboración propia.....	48
Tabla XIII. Cálculo del VAN Sylvania Start Panel. Fuente: elaboración propia.....	49
Tabla XIV. Cálculo del VAN Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 NOC. Fuente: elaboración propia.....	49

1. INTRODUCCIÓN.

La siguiente memoria presenta los resultados del Trabajo Fin de Grado de Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar (Zaragoza). Su título es “Integración de los medios de seguridad e iluminación para la mejor gestión energética en las BAE’s”. Dicho TFG ha sido realizado debido a la necesidad existente hoy día de una mejor gestión energética en grandes empresas, con lo que el Ministerio de Defensa y sus BAE’s pueden ser consideradas dentro de esta categoría. Para la resolución del problema propuesto en este TFG se va a hacer un estudio tanto de la mejora de la iluminación como la integración de medios de seguridad con los medios de iluminación existentes hoy día.

El ámbito de aplicación de las medidas que se van a proponer comprende desde un acuartelamiento en particular como una BAE al completo, para que de esta manera, se puedan ir aplicando desde un recinto de la BAE, para ver cómo afectan a una escala menor, y una vez visto que funciona, poder aplicarlas a más recintos de forma paulatina.

2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO.

El objetivo de este TFG es lograr un ahorro en el consumo de energía eléctrica en el acuartelamiento “El Hacho”.

Con la vista puesta en este objetivo también se pretende lograr la integración entre seguridad e iluminación, de manera que los medios utilizados en garantizar la seguridad del acuartelamiento se empleen en el control de la iluminación y, de esta forma, conseguir que las fuentes de iluminación artificial sólo entren en funcionamiento cuando sean verdaderamente necesarias.

3. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.

Los antecedentes que ponen en contexto este TFG vienen de la mano del documento de Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID 2015) [1]. Dentro de esta estrategia, la parte que más concretamente compete al tema de estudio es la MT 3.2.3 “Generación y gestión de energía eléctrica en bases y campamentos”, la cual hace referencia a la disminución de la dependencia energética y a la mejora de la seguridad energética mediante la adaptación y validación para el uso en entorno militar de sistemas de generación y almacenamiento de energía eléctrica y térmica, gestión inteligente y segura de la energía, el incremento de la eficiencia en climatización y la valorización energética de los residuos. Dentro de todos estos ámbitos, son los de la gestión inteligente y segura de la energía y el incremento de la eficiencia de la climatización los incluyen objetivos abarcados por este TFG.

En cuanto al estado del arte, se puede decir que debido a que en el ámbito del Ministerio de Defensa la eficiencia energética es un concepto relativamente nuevo, la falta de

procedimientos y de especialistas en el E.T, hace que sea imposible plantear actualmente la realización de una auditoría energética en la mayoría de los acuartelamientos. Por ello, la solución adoptada en este TFG se centrará en realizar un inventario energético, como forma para empezar a trabajar en pos de unas deseables futuras y regulares auditorías energéticas.

4. ALTERNATIVAS A LA SOLUCIÓN ADOPTADA.

La solución dada en esta memoria no es la única que se puede adoptar para mejorar la situación actual. De hecho existen más posibilidades que pueden dar una solución con un nivel de eficiencia prácticamente igual a la solución adoptada. Otras posibles soluciones son:

- Tratar de forma independiente el sistema de seguridad y el sistema de iluminación. De esta forma se podría analizar más en profundidad las carencias y las virtudes de cada sistema, pero no se podría estudiar la integración de ambos sistemas.
- La alternativa adoptada apuesta por integrar los equipos de ambos sistemas. De esta forma se puede racionalizar y aprovechar las sinergias existentes entre ambos sistemas.

5. RD 56/2016.

A continuación, se va a realizar una introducción acerca del Real Decreto 56/2016 [2], de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE [3] del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía, relacionándolo con la gestión energética de las BAE's.

Uno de los problemas más acuciantes en la gestión de un acuartelamiento es el de la gestión energética del mismo, siendo el gasto en energía uno de los más elevados. Por ello, en este trabajo se va a estudiar mejorar la eficiencia en el consumo de la energía eléctrica desde dos puntos de vista, uno estudiando medidas para conseguir un ahorro en el consumo aumentando las prestaciones de calidad tanto del alumbrado interior como exterior del acuartelamiento, y otro estudiando la forma de integrar los sistemas de iluminación con los medios de seguridad de las BAE's, ya que son dos de los sistemas que más energía consumen debido a que tienen que estar operativos incluso en períodos en los que el acuartelamiento no está al 100% de ocupación. Llevando a cabo una integración de estos sistemas se puede llegar a una solución que desemboque en una mayor eficiencia energética.

En la actualidad, la gestión energética en el Ministerio de Defensa se llevaba a cabo a través de SINFRADEF (Sistema de Gestión de Infraestructuras de Defensa) que es donde se recoge la información referida a consumos y eficiencia energética de los edificios del Ministerio de Defensa, hecho que aparece citado en la Instrucción 56/2011 [4], de 3 de agosto, sobre sostenibilidad ambiental y eficiencia energética en el ámbito del Ministerio de Defensa. Si bien es verdad que algunos documentos publicados por la Secretaría del Estado de Energía, como el titulado “Inventario Energético de los edificios de la Administración General del Estado con superficie útil mayor de 250 m²”, incluyen ciertas directrices aplicables a los edificios del Ministerio de Defensa, éstos no hacen referencia a nada concreto en relación con la gestión energética. Se puede concluir que ninguno de los documentos obligaba al Ministerio de Defensa a cumplir con las directrices medioambientales y de gestión energética que se relacionaban en los documentos anteriormente citados.

Aunque el RD 56/2016 no obliga al Ministerio de Defensa a cumplir las directrices en él establecidas en sus instalaciones, mediante su lectura detallada se ha llegado a la conclusión de que si se considera a dicho Ministerio como una “empresa”, podría resultar interesante, desde el punto de vista de la racionalización del consumo de energía, que las BAE's del citado Ministerio se adecuaran a las directrices de dicho RD, sobre todo en edificios destinados a oficinas y alojamientos.

El RD recoge la obligación de las empresas a las cuales les afecta, de realizar una auditoria energética cada 4 años para comprobar que se ajusta a los requisitos recogidos en dicho documento. Según la norma UNE EN 16247-1:2012 [5] una auditoria energética “constituye un paso importante para una organización de cualquier tipo o tamaño que desee mejorar su eficiencia energética, reducir el consumo de energía y obtener los beneficios medioambientales consiguientes”.

Sin embargo, debido a la envergadura que supondría la realización de una auditoría para una BAE, en este trabajo se sugiere a la realización de un inventario de equipos consumidores de energía eléctrica que permita tener una idea inicial de aquellos equipos e instalaciones que más energía consumen y así poder arbitrar medidas para conseguir mayor eficiencia y conseguir el ahorro en estos consumos.

6. GESTIÓN ENERGÉTICA DE LAS BAE'S.

Para poder emprender acciones en pos de una mejor eficiencia energética, primero de todo, es necesario saber qué equipos consumen energía eléctrica en un acuartelamiento, el número de dichos equipos, además de la factura de energía eléctrica de la BAE. Con todos estos datos y teniendo un esquema general de la distribución de edificios y salas de la BAE, es posible tomar medidas que mejoren la eficiencia energética de la BAE.

Aunque se vaya a proceder en este Trabajo Fin de Grado a dar una solución general aplicable a cualquier BAE, para toma de datos y hacer los cálculos pertinentes, es necesario ajustarse a una BAE en concreto para después extrapolar los resultados a la generalidad del ET. Con ello, se tomará como BAE específica el acuartelamiento del Monte Hacho, Ciudad Autónoma de Ceuta.

6.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA BAE “EL HACHO”.

Se empezará en primer lugar por el análisis de los datos sacados de los últimos dos años de la facturación de energía eléctrica en el acuartelamiento. Como datos destacables en cuanto a la contratación de energía eléctrica, se puede hablar del tipo de tarifa, que, como se ve en la tabla I, es la tarifa 3.1. A. Esta tarifa es de acceso a Alta Tensión (AT) la cual se utiliza para el transporte de energía para largas distancias, desde las centrales productoras de dicha energía hasta los núcleos urbanos de forma que se minimiza la pérdida de energía en la distribución de esta. Los voltajes que se pueden clasificar como Alta Tensión son todos aquellos que superan los 1000 V en corriente alterna.

En cuanto a las características de las tarifas de acceso se ha de mencionar que se componen de dos términos, uno de potencia contratada, en el caso del acuartelamiento son 80 kW, y otro término de energía activa o consumo. El tipo de tarifa 3.1. A está compuesta de tres períodos, de esta forma se permite configurar el consumo de éstos de manera independiente, cumpliendo el imperativo legal de que la potencia contratada en el período 3 sea mayor o igual que la del período 2 y la de este mayor o igual que la del período 1, siendo siempre todas inferiores a los 450 kW.

BAE	Contrato	Tarifa	Períodos	Potencia
Acto. Hacho	45168	3.1 A	3	80 W

Tabla I: Tarifa Acto. Hacho. Fuente: elaboración propia.

En la tarifa 3.1., a las lecturas se realizan en ciclos mensuales como se puede comprobar en la tabla II que recoge los consumos mensuales de los últimos dos años y el coste de dicho consumo. Aunque lo ideal hubiera sido contar con los datos de facturación de más años, estos datos que se muestran en la Tabla II son los únicos que se han podido facilitar desde la USBA de

Ceuta. Estas lecturas se realizan con máximetros de potencia¹, la facturación depende de esta medición, siempre teniendo en cuenta un mínimo de potencia a facturar, que, aunque no se alcance no reducirá el importe de esta facturación. También hay que tener en cuenta el máximo de potencia a facturar, el cual si se excede hará que se penalice de forma abultada en la facturación.

	Año 2017		Año 2018	
	Consumo energía (kWh)	Coste (Euros)	Consumo energía (kWh)	Coste (Euros)
Enero	56120	5231	53408	5151
Febrero	49689	4564	49421	4844
Marzo	49843	4545	49338	4898
Abril	42509	3339	41370	2287
Mayo	43486	3617	40021	2195
Junio	45310	3701		
Julio	43461	3574		
Agosto	46783	3913		
Septiembre	46890	3677		
Octubre	42433	3600		
Noviembre	44429	3744		
Diciembre	45545	4253		
Total año	556498	47763	233558	19377
Media mes	46375	3980	46712	1761

Tabla II: Facturación Acto. Hacho. Fuente: elaboración propia.

¹ Máximo de potencia: tipo de contador que registra los parámetros de energía activa, reactiva y la potencia máxima utilizada.

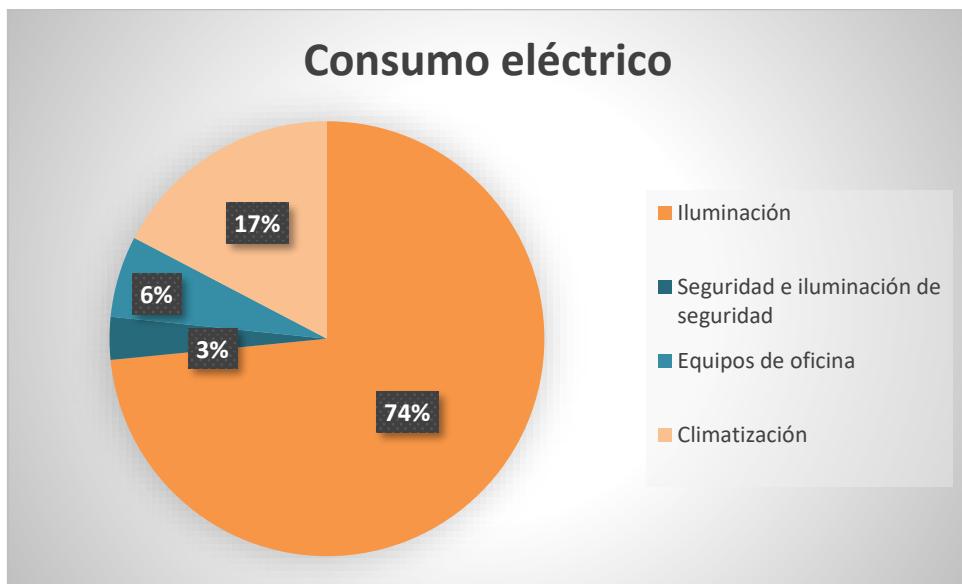
Como se puede observar en la Tabla II, el consumo en los meses de diciembre, enero y febrero es mayor, debido a la necesidad de usar más tiempo la iluminación artificial y usar la calefacción, además son meses de mayor actividad en las BAE's, por lo que hay muchas personas haciendo uso de los recintos y de los equipos de dichas BAE's. En los meses de verano cabría pensar que el consumo también debería ser alto por el uso del aire acondicionado, sin embargo, en la Tabla II se muestra que el consumo disminuye en estos meses, lo que es provocado por el menor uso de la iluminación artificial y por el hecho de que estos meses corresponden con un período de baja intensidad laboral en las BAE's. Se puede observar también como a partir del mes de marzo en ambos años el consumo permanece prácticamente estable, sin embargo, la facturación se reduce en unos 1000 € de media hasta el mes de diciembre, donde vuelve a aumentar en los términos de los primeros meses del año. A pesar de que durante la estancia en la Unidad se intentó conseguir las facturas detalladas del consumo eléctrico remitidas por la compañía suministradora, no fue posible ya que éstas no llegaban al Acuartelamiento. A causa de esta imposibilidad de acceder al detalle de la facturación no ha sido posible investigar las causas del comportamiento de éstas. Es posible que en determinados períodos se superase la potencia máxima y esto haya acarreado penalizaciones.

Si se realiza un análisis más detallado de los consumos eléctricos dentro de las BAE's, tal y como se hace en el Memorial nº4 [6] y el Memorial nº5 [7] de los Ingenieros Politécnicos del Ejército de Tierra, se puede establecer una relación entre los picos de consumo y las épocas del año en el que éstos ocurren. Se comprueba que, en los meses estivales, este pico de consumo coincide con las 12:00 h, correspondiéndose con el horario de mayor actividad en la Unidad. En los meses de invierno este pico coincide con las 09:00 h, correspondiéndose con el horario en el que más luz artificial se usa. Del estudio realizado en dichos memoriales, se puede sacar una clasificación de usos identificados dentro de las BAE's, los cuales se van a enumerar a continuación ordenados de mayor a menor consumo:

1. Iluminación (interior).
2. Alumbrado exterior.
3. Climatización y ventilación.
4. Equipos auxiliares de otros sistemas (distribución de agua, riego, etc.).
5. Instalaciones de seguridad (Cuerpo de guardia, alarmas, cámaras de video, sensores, etc.).
6. Equipos de comunicaciones.
7. Utillaje de cocinas.
8. Cámaras frigoríficas.
9. Equipos informáticos (ordenadores, impresores, faxes).
10. Máquinas de vending.

Este Trabajo de Fin de Grado se centrará en el estudio de unos usos en concreto de esta clasificación los cuales son los más factibles a la hora de integrar los sistemas que los componen, como son la iluminación interior y exterior e instalaciones de seguridad. Además, se incluirá también en el estudio los equipos informáticos debido a que son equipos a los que se le da mucho uso durante la jornada laboral y son bastante abundantes dentro la BAE.

Una vez que se ha hecho esta clasificación basada en el estudio realizado en los memoriales citados anteriormente, hay que ver qué porcentaje del total de la energía consume cada grupo de usos dentro una BAE, y en el caso concreto de este estudio del Acuartelamiento El Hacho. Dicho porcentaje se sacará del inventario de equipos, Anexo A, que consumen energía eléctrica. El mencionado inventario se ha realizado recorriendo todas las dependencias del acuartelamiento e identificando los equipos que consumen energía eléctrica tanto en edificios como en zonas exteriores, para de esta manera tener unos datos lo más precisos posibles para justificar el consumo energético que se produce en el acuartelamiento, los resultados del citado inventario aparecen en la Ilustración I. La necesidad de realizar este inventario ha sido desencadenada por la falta de un estudio externo que proporcione datos fiables del desglose de consumo eléctrico en el acuartelamiento, es decir, no se ha encontrado un estudio tipo auditoría energética donde se exponga qué tipos de equipos consumen energía y en qué porcentaje lo hacen. Con los datos del inventario realizado para este TFG, se podrá determinar en qué perfiles de consumo es factible intervenir y en cuáles no.



6.2. LÍMITES LEGALES PARA LA ILUMINACIÓN DE RECINTOS.

A la hora de hablar de medidas concretas para mejorar la eficiencia de la instalación de iluminación de un recinto, hay que tener en cuenta que, si dentro de esas medidas se encuentra la rehabilitación de la instalación de iluminación, ésta deberá cumplir los valores establecidos por el CTE (Código Técnico de la Edificación). Desde el punto de vista de la eficiencia, dicho Código establece dos límites, uno el de la potencia máxima instalada por metro cuadrado y otro un índice que él llama “Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEII). Este índice, que viene establecido en el Documento Básico HE [8], se calcula según la expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Donde:

- P es la potencia de las lámparas más equipos auxiliares utilizados [W].
- S es la superficie iluminada [m²].
- Em es la iluminancia media horizontal mantenida en la superficie de trabajo [lux].

Los valores máximos que puede tomar el índice VEEI depende de la actividad que se realice en el recinto considerado. Dichos valores límites en función del uso del recinto vienen recogidos en la Tabla III que puede verse más abajo.

En cuanto a la potencia específica máxima que hay instalada en un recinto, ya que este es uno de los datos para obtener el VEEI y, dependiendo del uso del edificio, hay una potencia máxima recomendable. A continuación se exponen estas potencias en la Tabla IV.

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
Administrativo en general	3,0
Andenes de estaciones de transporte	3,0
Aulas	3,5
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
Zonas comunes	4,0
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
Aparcamientos	4,0
Espacios deportivos	4,0
Estaciones de transporte	5,0
Pabellones de exposición	3,0
Salones de actos, salas de reuniones y salas de conferencias	8,0

Tabla III: VEEI límite. Fuente: [8].

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m ²]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Docente	15
Restauración	18
Residencial	12
Otros	10

Tabla IV: Potencias específicas máximas instaladas. Fuente: [8].

6.3. MEDIDAS CONCRETAS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Una vez estudiadas todas las posibilidades existentes para reducir el consumo eléctrico, que como se ha visto en el apartado anterior, se cuenta con un amplio abanico de posibilidades, es el momento de aplicar medidas concretas en un acuartelamiento elegido como muestra para comprobar si dichas medidas son viables y eficaces. Como se ha dicho antes en esta memoria el acuartelamiento de estudio será el Acuartelamiento “El Hacho”.

6.3.1. MEDIDAS PARA EL AHORRO EN ILUMINACIÓN INTERIOR.

Para lograr el objetivo de ahorrar en energía eléctrica se van a llevar a cabo medidas de cuatro tipos en la iluminación interior. Dichas medidas van a ser:

- Sustitución de lámparas y luminarias, tanto en interior como en exterior.
- Concienciación.
- Aprovechamiento de la luz natural.

A continuación, se procederá al análisis de estas medidas.

6.3.1.1. SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS Y LÁMPARAS ANTIGUAS.

para la sustitución de las luminarias y/o antiguas se va a proceder al estudio de 5 distintas soluciones. Una vez planteadas dichas soluciones se realizará un estudio más en profundidad de las dos mejores para obtener la solución más oportuna. Dichas soluciones son las siguientes:

1^a Cambiar tubos fluorescentes T8 por tubos LED.

Esta solución implica la sustitución de los actuales tubos fluorescentes T8 por tubos LED de la empresa OSRAM, modelo substiTUBE Value. Estos tubos supondrán una solución en la que no habría que sustituir las luminarias enteras, sino que simplemente se sustituiría el tubo fluorescente por el tubo LED aprovechando el montaje de la instalación fluorescente. Para el montaje de estos tubos, se colocan éstos directamente en los portalámparas que posee la luminaria y se sustituye el cebador por un equipo de aspecto y geometría similar que aloja un fusible. Cada tubo LED tiene un consumo eléctrico de 16,2 W. Como cada luminaria está formada

por 4 tubos, la potencia total de cada luminaria sería de 32 W, a lo que hay que sumarle la potencia consumida por las dos reactancias de la antigua instalación, que se estima sería de 3 W, como se puede comprobar en la hoja de datos de la gama de productos SubstiTUBE Value que aparece en el Anexo B.

	Luminarias tubo fluorescente T8	Luminaria tubo LED OSRAM
Cantidad	24	24
Consumo [W]	96	38
Horas de uso [h]	8	8
Energía [Wh]	18432	7296
Ahorro energético [kWh]		11,136

Tabla V. Ahorro energético tubos LED OSRAM. Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla V, el ahorro conseguido con esta solución es de 11,136 kWh en una jornada de uso.

2ª Cambiar luminarias con tubos T8 por luminarias con tubos T5 Philips TBS165.

Esta solución implicaría la sustitución de las antiguas luminarias por luminarias Philips que alojan tubos fluorescentes de tipo T5. Los resultados del cálculo en DIALux dicen que es necesario incluir 4 luminarias más, de tal forma que la instalación antigua no serviría y habría que hacerla de nuevo. Cada tubo T5 tiene un consumo de 8 W, como se puede ver en el Anexo C, donde aparecen las especificaciones técnicas del producto, así como una simulación de cómo quedaría la iluminación del comedor con dichos tubos.

	Luminarias tubo fluorescente T8	Luminaria tubo T5 Philips TBS165
Cantidad	24	28
Consumo W	96	61
Horas de uso h	8	8
Energía Wh	18432	13664
Ahorro energético kWh		4,768

Tabla VI. Ahorro energético tubos T5 Philips TBS165. Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla VI, el ahorro energético de esta solución es de 4,768 kWh por jornada de uso.

3ª Cambiar luminarias actuales por paneles LED Sylvana Start Panel.

Esta solución implicaría la sustitución de las actuales luminarias, que contienen lámparas fluorescentes T8, por paneles LED de la empresa Sylvana. Para esta solución se sustituirían las luminarias completas de tubos fluorescentes por los paneles LED, en el mismo espacio que las

antiguas. Esto supondría un total de 24 paneles. La potencia de cada panel es de 30 W como se puede ver en el Anexo D, donde también se puede ver cómo quedaría la distribución de iluminarias en el comedor simulándolo en DIALux.

	Luminarias tubo fluorescente T8	Luminaria Sylvana Start Panel
Cantidad	24	24
Consumo W	96	30
Horas de uso h	8	8
Energía Wh	18432	5760
Ahorro energético kWh		12,672

Tabla VII. Ahorro energético luminaria Sylvana Start Panel. Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla VII, el ahorro energético de esta solución es de 12,672 kWh en una jornada de uso.

4ª Cambiar luminarias actuales por paneles LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 NOC.

Esta solución implicaría la sustitución de las luminarias de tubos fluorescentes por paneles LED de la empresa Philips. En esta solución habría que sustituir las luminarias completas. En pos de la uniformidad se han incluido 8 luminarias más debido a las características del rendimiento lumínico de las luminarias. La potencia de cada luminaria es de 33 W como se puede ver en el Anexo E, además de una simulación realizada por DIALux con dichas luminarias.

	Luminarias tubo fluorescente T8	Luminaria LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 NOC
Cantidad	24	32
Consumo W	96	33
Horas de uso h	8	8
Energía Wh	18432	8448
Ahorro energético kWh		9,984

Tabla VIII. Ahorro energético luminaria LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 NOC. Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla VIII, el ahorro energético de esta solución es de 9,984 kWh, en una jornada de uso.

5ª Cambiar luminarias actuales por paneles LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 OC.

Esta solución es muy parecida a la anterior, es decir, mismo número de luminarias y misma potencia, aunque se diferencia de las anteriores en que tiene unas características fotométricas distintas que pueden ser más interesantes a la hora de conseguir mejores valores de VEEI y uniformidad lumínica en la simulación por DIALux. De igual forma que en el apartado anterior

se han incluido 8 luminarias más en pos de la uniformidad. En el Anexo F se puede ver las características de estos paneles, además de la simulación de esta solución en DIALux.

	Luminarias tubo fluorescente T8	Luminaria LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 OC
Cantidad	24	32
Consumo W	96	33
Horas de uso h	8	8
Energía Wh	18432	8448
Ahorro energético kWh		9,984

Tabla IX. Ahorro energético luminaria LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 OC. Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver en la Tabla IX, el ahorro energético de esta solución en una jornada de uso es idéntico al de la solución anterior.

Una vez realizado el análisis, a “grosso modo” las luminarias más eficientes desde el punto de vista de la energía son las soluciones 1^a, 3^a, 4^a y 5^a, es decir, las que generan un mayor ahorro energético. En concreto es la luminaria Sylvana Start Panel la más eficiente energéticamente hablando. Entre la 4^a y 5^a solución se ha decidido descartar la 5^a por razones económicas, ya que para el mismo ahorro energético las luminarias de la 5^a solución son más caras. Como se puede apreciar en todas las soluciones con tecnología LED, se reduce ampliamente el consumo. Esto es debido a que las lámparas de tipo LED son capaces de trabajar a baja temperatura en relación a su luminosidad por lo que la mayor parte de la energía la convierten en iluminación y no en calor, hecho que no ocurre en otro tipo de lámparas en las cuales se convierte más energía en calor que en iluminación, como pueden ser los tubos fluorescentes.

Para poder decidir entre una de las tres soluciones restantes (1^a, 3^a y 4^a) se va a proceder a realizar un análisis económico. Aunque este TFG va a primar la eficiencia energética por encima de la economía, es una herramienta más a tener en cuenta a la hora de poder tomar una decisión.

Análisis económico de las soluciones restantes.

Para la realización de este análisis se va a utilizar el valor actual neto (VAN), que dará una idea de si los cambios propuestos son rentables económicamente hablando. Se ha establecido un tiempo de duración del proyecto de 6 años para las tres soluciones, que es el tiempo mínimo de recuperación de la inversión. Se comprobará que en 6 años estas soluciones obtienen un VAN positivo. El cambio no sería rentable y no se debería considerar esta solución, si se obtuviera un VAN negativo. La fórmula utilizada para dichos cálculos es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

El desarrollo de dichos cálculos aparece en el Anexo G, donde se muestran las tablas realizadas en Excel para obtener los datos. Así mismo, el precio de cada producto utilizado en el estudio aparece referenciado en el Anexo H. Una vez obtenidos los datos se puede hacer una serie de observaciones acerca de ellos:

- Para la solución de los tubos LED OSRAM substiTUBE Value se ha considerado un precio de la mano de obra para la sustitución de los tubos de 15€/hora, que será la misma en el resto de las soluciones. Además se ha estimado que deberían encargarse dos trabajadores que tardarían una jornada de trabajo (7 horas) en realizar la sustitución, ya que simplemente habría que cambiar las lámparas de las luminarias ya existentes. El precio del kWh se ha obtenido de la tarifa PVPC (Precio Voluntario Pequeño Consumidor), que toma 0,11 €/kWh como el precio medio del kWh en los últimos meses, realizado así debido a la imposibilidad de saber el precio del término de potencia y del término de energía del contrato eléctrico del acuartelamiento. Sin embargo, el precio tomado para los cálculos ha sido de 0,15 €/kWh. Esta diferencia viene dada por la contribución al precio del término de potencia. Dicha tarifa puede ser consultada en el Anexo I. La inversión inicial serían los 10,5 € que cuesta cada tubo por la cantidad total de tubos a reemplazar, a lo que habría que sumarle también los gastos resultantes de la mano de obra. Teniendo en cuenta estos datos se comprueba que esta solución tendría un VAN de 1630,75.
- Para la solución de los paneles LED Sylvania Start Panel se usarían los mismos datos en relación a la mano de obra, ya que usarían la misma instalación, sustituyendo únicamente las luminarias al completo. La inversión inicial sería de 123,9 € por cada luminaria, habiendo un total de 24, y a lo que habría que sumarle los costes derivados de la mano de obra. Con estos datos se comprueba que esta solución obtiene un VAN de 58,09.
- Para la solución de los paneles LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 NOC se modificarán los datos de la mano de obra ya que al tener que cambiar toda la instalación anterior para incluir 8 luminarias más de las 24 existentes anteriormente, se ha considerado que se emplearían 2 jornadas para realizar la sustitución. Para la inversión inicial se ha considerado el precio de cada luminaria que es de 80 € y los costes derivados de la mano de obra. Teniendo en cuenta estos datos esta solución obtiene un VAN de 4,06.

Con estos resultados se comprueba que todas las soluciones generan beneficios a partir del sexto año, sin embargo, como este TFG está enfocado a la eficiencia energética la solución adoptada será la que combine de mejor manera la eficiencia económica con la eficiencia energética, debiéndose inclinar esta siempre hacia la mejor eficiencia energética. Con estas premisas, se observa que la mejor solución energéticamente hablando es la de los paneles LED de la empresa Sylvania, y la mejor solución económicamente hablando es la de los tubos LED de la empresa OSRAM. Un factor importante que no contempla el VAN es el de la vida útil de las lámparas, hecho que hace que la solución OSRAM pierda interés debido a que no está

comprobada la vida útil de los tubos, además de que en esta solución no se sustituirían las luminarias de la instalación anterior con lo que ya se encontrarán en un cierto grado de deterioro. Por otro lado, la solución de la empresa Sylvania es la mejor en ahorro de energía y el VAN obtenido indica que igualmente la inversión inicial estaría recuperada en el plazo de 6 años. Por ello, la solución adoptada será la de sustituir las luminarias de tubos fluorescentes T8 por los paneles LED Sylvania Start Panel. En el Anexo J se puede ver unas imágenes de cómo es la distribución actual del comedor y unas imágenes de cómo quedaría el comedor con las nuevas luminarias Sylvania mediante una simulación por DIALux.

6.3.1.2. CONCIENCIACIÓN.

No solo es necesario que los equipos sean más eficientes, sino que hay que concienciar y educar a las personas que usan día a día estos equipos para que hagan un uso eficiente de la energía. Históricamente, con el desarrollo industrial, el consumo de energía ha ido creciendo a medida que crecía la industria, hecho que ha contribuido a causar la mayor parte de los problemas medioambientales de hoy en día. Debido al papel que desempeña la energía tanto en el ámbito civil como militar, es de vital importancia hacer un uso energético de alta eficiencia y bajo impacto medioambiental. El Ministerio de Defensa se puede considerar en la categoría de gran empresa, por lo que tiene también la oportunidad de aplicar soluciones para disminuir su consumo energético mediante actuaciones que pueden reducir gastos y servir de ejemplo para otras grandes empresas.

La iluminación en oficinas y espacios de uso del personal supone un alto porcentaje del consumo energético total, por lo que, una de las principales medidas a tomar es concienciar a los usuarios en materia de ahorro energético. Con simples acciones se puede llegar a reducir hasta un 50% del consumo energético, tal y como se muestra en el documento titulado “*Ahorra energía mientras trabajas*” [10]. Tales acciones pueden ser:

- Si el recinto cuenta con interruptores que permitan el encendido y apagado por zonas, es conveniente utilizar sólo las luminarias que sean realmente necesarias, ya que se ha comprobado que apagar y encender luces repetidamente consume más que dejarlas encendidas.
- Concienciar a los usuarios en no dejar luces encendidas innecesariamente. Esto se puede conseguir simplemente avisando al último compañero que abandone la sala. El servicio de limpieza, personal de seguridad, etc. también son una pieza clave a la hora de detectar este tipo de actitudes.
- Aplicar medidas de mantenimiento al sistema de iluminación, ya que el nivel de iluminación desciende considerablemente cuando las lámparas y luminarias acumulan suciedad y el flujo luminoso de las lámparas y el rendimiento de las luminarias desciende con el tiempo de utilización.
- Es recomendable que los usuarios de equipos ofimáticos se acostumbren a apagar los ordenadores cuando van a estar sin uso durante períodos largos, o dejar el ordenador suspendido si se trata de períodos cortos sin uso.
- Es aconsejable apagar el monitor del ordenador en las paradas que se hagan y ajustar el brillo de dicho monitor a un nivel bajo, esto puede suponer un ahorro de batería

del 40% respecto a lo que consumiría con niveles de brillo elevados, dicho porcentaje aparece reflejado en el documento citado anteriormente [10].

- Si es posible apagar del todo los equipos ofimáticos, se debe hacer, esto ahorrará la energía consumida por el modo stand-by, que supone el 15% de la energía que consumen los equipos en condiciones normales.
- Otro punto a tener en cuenta son las impresoras y fotocopiadoras, las cuales suponen un gran porcentaje del consumo total de los equipos ofimáticos, por lo que es necesario hacer un uso eficiente de estos equipos.

Debido a la ocupación diaria de la unidad y al presupuesto se ha pensado en dos tipos de medidas adecuadas a estas situaciones:

- Charlas de concienciación: estas charlas estarán lideradas por alguna de las baterías del Grupo Antiaéreo, que se encargarán de dar los conocimientos en materia de concienciación y buenos hábitos, que vienen reflejados en el apartado 3.2. de esta memoria. Estas charlas se impartirían en forma de ciclos, los cuales durarían de 2 a 3 días, de manera que se puedan ajustar a otros ciclos ya existentes como el de combate en población o control de masas.
- Carteles de concienciación sobre ahorro energético: se procederá a la elaboración de unos carteles, los cuales se pueden ver en el Anexo G. Estos carteles irán colocados en las oficinas, salas de conferencias y otras dependencias con un alto uso diario, situados en la pared más cercana a la puerta, de esta manera se intenta llamar la atención de los usuarios cuando vayan a salir de la dependencia con el objetivo de que apaguen todos los dispositivos electrónicos y luces que no son necesarias.

6.3.1.3. APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL.

Debido a que la mayor parte de la jornada laboral dentro de una BAE se realiza durante horario de luz natural, es muy interesante estudiar el aprovechamiento de la luz natural dentro de los edificios de la BAE. Se ha de considerar que los ahorros indirectos mediante la buena aplicación de la luz natural, pueden conducir a un entorno más satisfactorio y de mayor calidad para el usuario, y ser incluso más importantes que los ahorros directos de energía. En relación con este concepto se van a enumerar una serie de aspectos a tener en cuenta, los cuales aparecen también reflejados en la Guía Técnica de Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios [9] :

- Utilizar sistemas de control de alumbrado artificial que tenga en cuenta la luz natural existente para ajustar la luminosidad de las lámparas.
- Integrar la iluminación en el diseño arquitectónico y de interior, de manera que se tenga en cuenta la luz natural desde un principio.

- Se debe tener en cuenta la orientación, forma y dimensiones del edificio, para hacer un mejor uso de la luz natural y evitar deslumbramientos provocados por la luz del sol.
- Utilizar materiales apropiados para las ventanas ya que tienen un efecto crucial sobre la distribución de la luz natural en un espacio concreto.

Es difícil llevar a cabo medidas concretas para el aprovechamiento de la luz natural en edificios antiguos que no fueron construidos pensando en dicho aprovechamiento. Sin embargo, es posible tomar ciertas medidas que pueden favorecer el uso de luz natural en el acuartelamiento.

- Cambiar la orientación de los despachos dentro de las oficinas para aprovechar mejor las entradas de luz natural. Debido al imposibilidad de hacer una reforma de los edificios, la mejor opción es la de distribuir el mobiliario de las dependencias de forma que la luz artificial sea menos necesaria.
- En un futuro, cuando las actuales luminarias empezasen a estar obsoletas, se puede plantear su paulatina sustitución por luminarias equipadas con tubos LED como los citados anteriormente en esta memoria, que tengan la posibilidad de regular su luminosidad. Esto se puede conseguir mediante la instalación de reguladores de intensidad lumínica en cada dependencia o mediante el uso de protocolos de control de la iluminación, de los que se hablará más adelante. De esta forma en las oficinas la luminosidad de las lámparas podría regularse para que se adapte automáticamente en las horas de mayor luz natural, e incluso en salas con varias filas de lámparas se podría ajustar esta luminosidad para que la fila más cercana a las ventanas tuviera un nivel de luminosidad distinto a las filas más lejanas.

6.3.2. MEDIDAS PARA EL AHORRO EN ILUMINACIÓN EXTERIOR.

En el caso del acuartelamiento en estudio, la iluminación exterior está basada en una serie de proyectores de halogenuros metálicos dispuestos alrededor del edificio principal, que alberga las dependencias de las baterías y el edificio de mando, y otros focos dispuestos en el edificio de cantina, los cuales son aprovechados también para la iluminación de los aparcamientos de tropa. Esta distribución se puede ver en el Anexo L. Debido a la forma del acuartelamiento no es necesario la distribución de farolas a lo largo éste, simplemente basta con mantener la ubicación de los actuales puntos de iluminación. Debido a que en la iluminación interior las mejores prestaciones en cuanto ahorro de energía las ha dado la empresa Sylvania, para el ahorro en iluminación exterior se va a utilizar proyectores LED de la misma empresa. Dichos proyectores serán los modelos FloodLED 12 6500K EXTENSIVO con 25 W de potencia y el modelo Sylflood 2 EXTENSIVO + SHP-TS 250W E40 de 250 W de potencia, cuyas especificaciones técnicas se pueden ver en el Anexo M.

Como se puede apreciar en la Ilustración II, que muestra la equivalencia de potencia entre proyectores con lámparas halógenas y proyectores LED, para mantener la misma luminosidad que con los antiguos proyectores de 150 W, es necesario sustituirlos por unos proyectores LED que ronden los 25 W, por lo que se sustituirán por el modelo FloodLED 12 6500K EXTENSIVO. En el caso de las lámparas de halogenuros metálicos, como se puede apreciar en la Ilustración III, para mantener la misma luminosidad que con los antiguos proyectores de 600 W, es necesario sustituirlos por unos proyectores LED que ronden los 240 W, por ello se usará el modelo Sylflood 2 EXTENSIVO + SHP-TS 250W E40 para sustituirlos.

POTENCIA				LÚMENES	
LED	INCANDESCENTE	HALÓGENA	FLUORESCENTE (INCLUIDO BAJO CONSUMO)	Mínimo	Máximo
01 W	09 W	08 W	02 W	70	100
03 W	24 W	21 W	06 W	210	300
05 W	38 W	35 W	10 W	350	500
07 W	49 W	42 W	14 W	490	700
10 W	60 W	55 W	20 W	700	1000
12 W	72 W	66 W	24 W	840	1200
15 W	90 W	83 W	30 W	1050	1500
20 W	120 W	110 W	40 W	1400	2000
25 W	150 W	138 W	50 W	1750	2500
30 W	180 W	165 W	60 W	2100	3000
40 W	240 W	220 W	80 W	2800	4000

Ilustración II. Tabla de equivalencias entre lámparas halógenas y lámparas LED. Fuente: Web Nergetia.

Proyectores LED vs Halogenuros metálicos	
	
Proyector de LED	Halogenuro metálico
20W	50W
30W	80W
60W	150W
100W	220W
120W	250W
160W	350W
240W	600W

Ilustración III. Tabla de equivalencias entre lámparas halogenuros metálicos y lámparas LED. Fuente: Web Proyectores de LED.

	Potencia W	Vida útil (horas)	Ahorro energético
Proyector halógeno exterior	150	21000	80%
Proyector modelo FloodLED 12 6500K EXTENSIVO	25	30000	

Tabla X. Ahorro energético de un proyector LED frente a un proyector halógeno. Fuente: elaboración propia.

	Potencia W	Vida útil (horas)	Ahorro energético
Proyector halogenuros metálicos exterior	600	21000	40%
Proyector modelo Sylflood 2 EXTENSIVO + SHP-TS 250W E40	240	50000	

Tabla XI. Ahorro energético de un proyector LED frente a un proyector de halogenuros metálicos. Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver en la Tabla X, la sustitución de los proyectores halógenos por unos proyectores LED equivalentes en luminosidad supondría un ahorro energético de un 80% a lo largo de toda su vida útil. De igual forma, como se puede apreciar en la Tabla XI, la sustitución de los proyectores de halogenuros metálicos supondría un ahorro energético de un 40 %. Este ahorro permitiría incluso la colocación de más proyectores en zonas poco iluminadas que se detectasen en un futuro. El ahorro en iluminación exterior se va a ver complementado con el ahorro que se produzca con la colocación de tecnología de detección de presencia que se estudiará más adelante en este TFG.

6.3.3. MEDIDAS PARA EL AHORRO EN CLIMATIZACIÓN.

En cuanto a el ahorro en climatización, debido al elevado coste que conllevaría la sustitución de los actuales aparatos de aire acondicionado por unos más modernos y eficientes, la mejor solución sería la de concienciar al personal del acuartelamiento en un uso responsable de la climatización al igual que se realizó anteriormente con el ahorro en iluminación. Sin embargo, como medidas a largo plazo, que se podrían realizar en un futuro estudio para la mejora de la eficiencia en climatización, se proponen un total de cuatro alternativas (4) que se pueden consultar en el Anexo N.

7. MÉTODOS PARA LA INTEGRACIÓN EFICIENTE ILUMINACIÓN-SEGURIDAD.

En este apartado se estudiará las distintas posibilidades en relación con la combinación de ambos sistemas mencionados, de forma que se puedan aprovechar de una manera más eficiente las capacidades de los equipos que forman este sistema.

7.1. INTRODUCCIÓN AL CONTROL DE LA ILUMINACIÓN.

Para poder tener una visión de conjunto de cómo realizar esta integración se debe introducir un concepto que es el del control de la iluminación, es decir, es necesario implementar medios y protocolos que permitan gestionar de forma eficiente la iluminación de una dependencia. Esta introducción estará apoyada en la publicación Advanced Lighting Controls: Energy Savings Productivity Technology and Application [11].

Los sistemas de control de la iluminación han ganado un gran índice de popularidad en los últimos años debido a la rapidez con la que se puede recuperar su inversión con los ahorros que suponen en energía eléctrica. Además esta demanda de sistemas de control ha provocado que la industria se invierta en dichos sistemas con el objetivo de hacerlos más eficientes y reducir su coste, así como hacerlos incluso más versátiles. Esta idea se ha visto potenciada por el bajo coste de fabricar elementos electrónicos hoy en día debido a la producción en masa de estos elementos. Todo esto, unido a la reciente concienciación existente sobre la necesidad de los edificios modernos de estar actualizados en materia de eficiencia energética, ha hecho que los sistemas de control de iluminación sean la primera opción a valorar cuando se necesita crear un entorno más eficiente.

Se va a proceder a analizar un poco más en detalle los sistemas de control de iluminación en general, para ello primero se va a exponer las funciones con las que cuentan dichos sistemas. Muchos de ellos solo cuentan con algunas de ellas y otros son capaces de asumir varias, lo cual es muy común dentro del mercado de sistemas de control, como se verá más adelante. Las 7 funciones con las que pueden contar son: on/off, detección de presencia, programación, ajuste de tareas, aprovechamiento de la luz natural, compensación de la depreciación lumínica y control de la demanda energética. [no sé si explicarlos un poco todos].

Para entender por qué se plantea la opción de incluir estos sistemas como método para ahorrar energía se va a proceder a describir algunos de los beneficios que se obtienen con dichos sistemas. Dichos beneficios no solo se limitan al ahorro de energía sino que abarca otras muchas áreas:

- Ahorro de energía: como ya se ha mencionado anteriormente estos sistemas de gestión de la iluminación pueden ayudar al uso óptimo de la energía así como reducir los derroches de energía. De esta forma, se puede controlar que se proporcione la cantidad de energía requerida para llevar a cabo el funcionamiento del edificio asegurándose de que no se malgasta. En la publicación anteriormente mencionada, Advanced Lighting Controls: Energy Savings Productivity Technology and

Application [11], se ha demostrado que independientemente de la eficiencia con que se haya diseñado la instalación, la máxima eficiencia no se puede conseguir de otra forma que no sea mediante este tipo de controladores.

- Ahorro económico: este beneficio está muy unido al anterior, de hecho uno es consecuencia del otro.
- Incremento de la productividad de los trabajadores: para que un trabajador pueda trabajar de forma eficiente es imprescindible que se le proporcione unas condiciones lumínicas óptimas. Un reciente estudio del Illuminating Engineer Research Institute (IERI) puso en relación la cantidad de errores que comenten los trabajadores con la cantidad y calidad de la iluminación que se había proporcionado, como se puede ver en la Ilustración IV. Esto convierte la iluminación en un factor muy a tener en cuenta dentro de la eficiencia de los trabajadores.

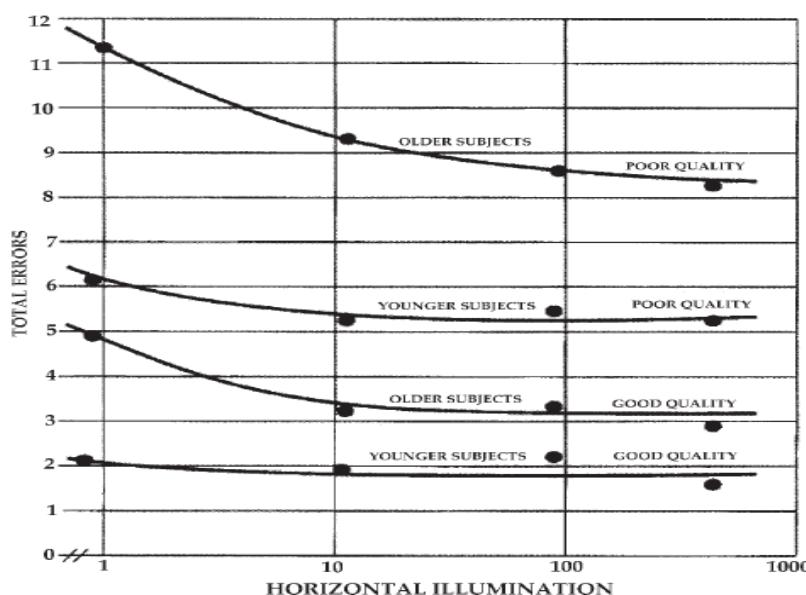


Ilustración IV. Relación entre errores cometidos y cantidad y calidad de la iluminación. Fuente: Advanced Lighting Controls: Energy Savings Productivity Technology and Application [11]

- Prevención de la contaminación: indirectamente provocado por el ahorro de energía debido a que previene la contaminación ocasionada por la producción de energía eléctrica. Como ejemplo, el 35% de las emisiones de CO₂, un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global, son producidas por los servicios eléctricos. El 65% de las emisiones de SO₂, el gas que más contribuye a la lluvia acida, son producidas por los servicios eléctricos. Por ello, la implantación de los sistemas de control puede llevar a un ahorro de 5,5 kg de emisiones de los gases mencionados.

Sin embargo, existe una infinidad de protocolos de control de iluminación en el mercado. Por ello, se va a proceder a realizar un estudio de los más interesantes para el caso de estudio de este TFG, con lo que una vez realizado se procederá a elegir el más adecuado para implantar en algunos recintos del acuartelamiento. Para realizar dicho estudio, los siguientes apartados estarán basado en la publicación Lighting Control Protocols [12], de donde se extraerá gran parte de la información.

7.2. PROTOCOLO KONNEX (KNX).

Este protocolo fue desarrollado fruto de la unión de la European Installation Bus (EIB) y la European Home Standards Association (EHSA), de tal forma que se creó dicho protocolo para servir como estándar de sistema de control de la iluminación para casas y edificios completos. El uso de dicho protocolo se ha centrado básicamente en el continente europeo, especialmente en Alemania, Austria y Suiza. En cuanto a su funcionamiento, el protocolo Konnex permite la comunicación entre los controles de usuario y los dispositivos consumidores de energía eléctrica, además de servir como columna vertebral entre los dispositivos de distintos niveles. El sistema es capaz de soportar tres modos de funcionamiento:

- Automático (A): este modo permite a los dispositivos simples conectarse y operar con unos modos predeterminados como son, on/off y predefinido.
- Fácil (E): permite un pequeño grado de programación para imponer nuevos comandos a los dispositivos.
- Sistema (S): este modo utiliza un paquete de software que permite personalizar los dispositivos de un sistema, además de proporcionar comunicación entre los controladores que se encuentren en red.

Otra característica importante de este protocolo es que usa cableado de par trenzado para conectar los dispositivos de usuario, aunque puede operar también sin topología pero a una velocidad menor.

7.3. PROTOCOLO DALI.

Las siglas DALI hacen referencia a Digital Addressable Lighting Interface, el cual fue creado por un consorcio de empresas dedicadas al sector de la iluminación y de la electrónica. Este protocolo de control de iluminación se ha convertido, debido a su gran éxito, en el estándar que se toma de ejemplo para la mayoría de las instalaciones eléctricas de hoy en día. Dicho estándar queda reflejado en la norma IEC 62386 [13].

Este protocolo es esencial cuando hay grandes superficies a iluminar, en las cuales se da la necesidad de tener una gran cantidad de luminarias para dar cobertura a toda la superficie. Es fundamental poder controlarlas todas, y no simplemente los usos cotidianos como son encender, apagar y regular, sino también controlar otras posibilidades que ofrece este protocolo como agrupar luminarias, ejecutar escenas y la capacidad de poder reportar averías y ver el estado de mantenimiento de cada unidad desplegada en el recinto.

Lo interesante del control de luminarias mencionado anteriormente, es la capacidad de controlar cada luminaria de manera individual, lo que permite el ajuste de cada una de ellas a la luminosidad necesaria realmente en cada espacio a iluminar, con el consecuente ahorro energético.

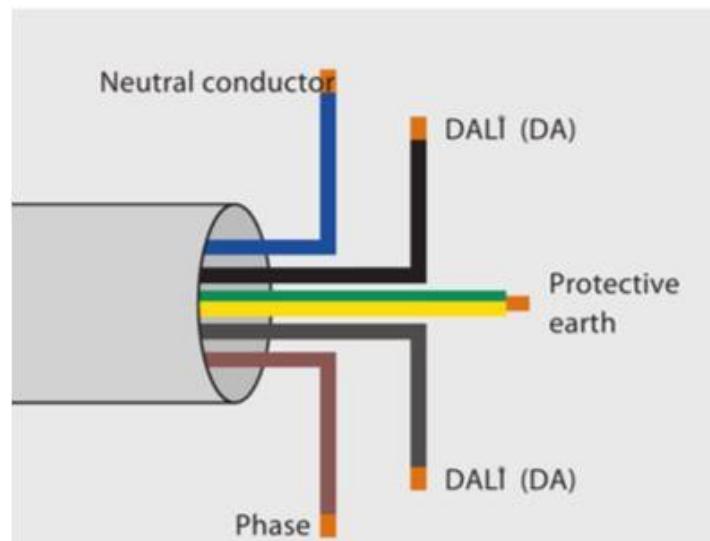


Ilustración V. Cableado DALI. Fuente: Web Domótica para todos.

Una de las ventajas de este sistema es su fácil instalación. La diferencia con las instalaciones convencionales radica en que las luminarias DALI se controlan con dos conductores adicionales sin polaridad por lo que en las instalaciones DALI es normal tener un cable en el cual encontramos 5 hilos: fase, neutro, tierra y dos para el Bus DALI, como se puede ver en la Ilustración V. Esto significa que la instalación de un sistema de este tipo conlleva prácticamente el mismo trabajo que una instalación normal. Un segmento de un sistema DALI puede tener hasta 64 luminarias manejadas por una misma cabecera, y a su vez, cada luminaria puede pertenecer a 15 grupos y a 15 escenas diferentes, lo que lo convierte en un sistema con una gran versatilidad a la hora de organizar la iluminación de espacios grandes.

Además, no solo es capaz de integrar las luminarias de un edificio, sino que, hablando en términos de seguridad, también es capaz de organizar los distintos sensores y cámaras CCTV, de manera que se pueda hacer un uso más eficiente de estos medios, sin perder capacidades operativas y eficacia en la seguridad. Esto es debido a que es un sistema integrable con otros sistemas de control más complejos, ya que no fue creado como un sistema aislado.

En pos de la integración, los detectores de presencia se utilizarán, además de para seguridad, para a través del bus DALI controlar encendido y apagado de luminarias, tanto de interior, en el caso de baños, pasillos, áreas poco concurridas, como exteriores en el caso de la iluminación perimetral.

7.4. PROTOCOLO LONWORKS.

Este protocolo, creado por Echelon Corporation, se configura como una red P2P en la que todos los dispositivos que la integran pueden comunicarse entre sí. Cada dispositivo o nodo de la red contiene un microprocesador que permite enviar el código del protocolo a los distintos dispositivos conectados. Estos microprocesadores se diferencian de dos tipos: núcleos neuronales o chips, los cuales contienen 3 procesadores, dos para comunicar el protocolo y uno para la aplicación del nodo.

Normalmente, este protocolo usa microprocesadores de 8 bits, aunque puede llegar a usar de 16, 32 o 64 dependiendo de la complejidad del proyecto a realizar. Además, permite un amplio abanico de conexiones para sus dispositivos como: par trenzado, Ethernet, líneas eléctricas, fibra o TCP/IP.

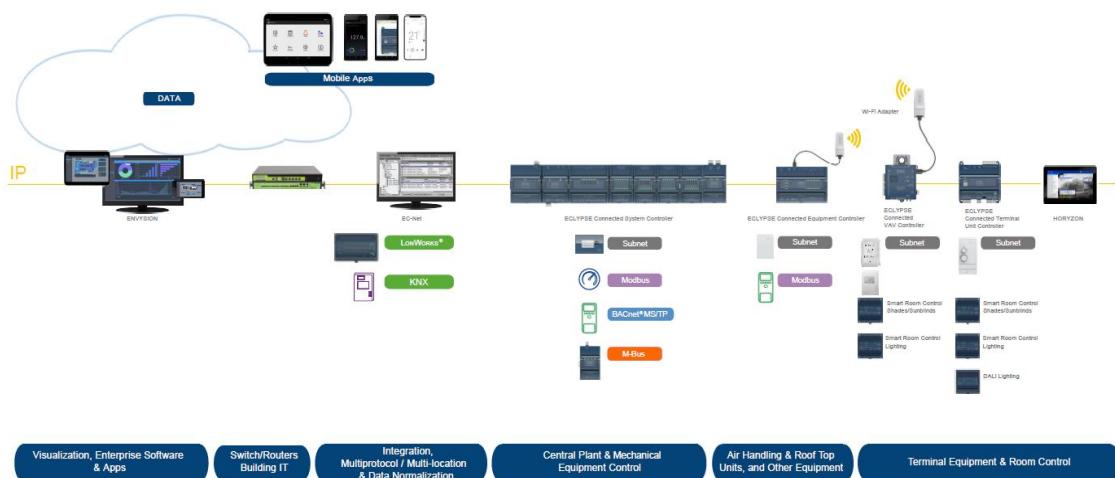


Ilustración VI. Integración de protocolo LonWorks. Fuente: [14].

El sistema de control LonWorks trabaja completamente descentralizado, por lo que todos los nodos se comunican entre ellos. Esto permite que la comunicación entre nodos no se interrumpa debido al mal funcionamiento de uno de los nodos. A todo esto hay que añadir que el código de este protocolo es libre.

7.5. PROTOCOLO DMX512.

Este protocolo fue creado en 1986 por el USITT (United States Institute for Theatre Technology, Inc.). Dicho protocolo fue concebido como un método digital de transmisión de datos entre los controladores y la iluminación, sus equipos y accesorios. La comunicación en una red DMX512 se realiza de manera unidireccional y no proporciona detección de errores ni corrección, por ello, la fiabilidad se ha de alcanzar mediante el envío repetido de paquetes de información.

Un controlador DMX512 es capaz de enviar paquetes que contienen entre 24 y 512 valores de datos de un solo byte. De manera que, todos los dispositivos conectados en el cable XLR, como se puede ver en la Ilustración VII, deben configurarse para que sean capaces de interpretar los valores de datos que se están aplicando.

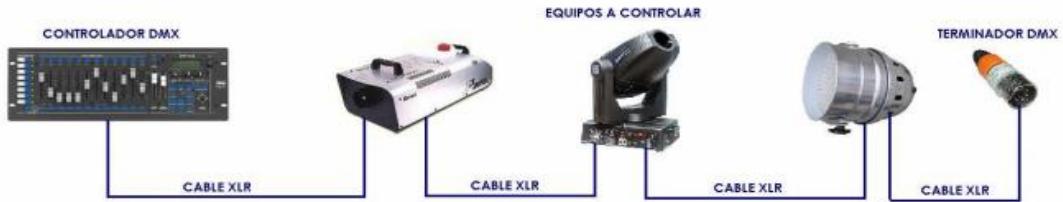


Ilustración VII. Arquitectura de red DMX512. Fuente:

Este tipo de protocolo se usa mayoritariamente en escenografía, y no tanto en domótica, debido a que no es un sistema direccionable, es decir, no permite mandar una orden a una luminaria en concreto sino que hay que mandar órdenes a grupos de luminarias.

7.6. PROTOCOLO ZWAVE.

Protocolo desarrollado por la empresa danesa Zensys y la Alianza Z-Wave. Es un sistema de comunicación inalámbrico diseñado para dispositivos de baja potencia y bajo ancho de banda, como puede ser domótica y redes de sensores y control. El protocolo de comunicación se divide en tres capas, como se puede ver en la Ilustración VIII:

- Capa radio: es la encargada de definir la manera de intercambiar señales entre transmisor y receptor.
- Capa de red: es la capa encargada de hacer el intercambio de datos de control.
- Capa de aplicación: es la capa encargada de definir los mensajes que se transmiten entre aplicaciones específicas del sistema.



Ilustración VIII. Arquitectura de comunicaciones ZWave. Fuente: Elaboración propia.

ZWave está centrado en el control remoto y la gestión de dispositivos y sistemas domóticos. Dentro del amplio abanico de los protocolos inalámbricos de control de iluminación, es uno de los más completos, siendo además un software libre.

7.7. MEDIDAS CONCRETAS PARA LA INTEGRACIÓN.

En este apartado se complementa el ahorro en iluminación exterior del apartado 6.3.2. de esta misma memoria. Una vez estudiados los distintos protocolos que más pueden adecuarse a la situación del acuartelamiento, es necesario elegir uno de ellos para llevar a cabo la propuesta. Para ello se ha llegado a la conclusión de que el protocolo DALI es el más adecuado debido a su amplio uso en diferentes ámbitos y a la abundancia de equipos que pueden usar dicho protocolo. Las conclusiones a las que se ha llegado para descartar el resto de los protocolos son las siguientes:

- DMX512: es un protocolo que no se centra en domótica sino que su uso principal es el de escenografía, además no es direccionable como ya se ha dicho anteriormente.
- Konnex: este protocolo está concebido para la gestión integral de un edificio y no para integrarlo únicamente en ciertos espacios de un edificio o acuartelamiento.
- LonWorks: la principal desventaja de este protocolo frente a DALI es su popularidad. Existen muy pocos equipos que puedan operar con este protocolo, por lo que adquirir equipos con este protocolo es mucho más costoso que adquirir equipos con protocolo DALI, el cual está mucho más extendido.
- ZWave: debido a que es un protocolo que funciona a través de comunicación inalámbrica por lo que su seguridad es mucho menos fiable que el protocolo DALI, y más aun teniendo en cuenta que va a gestionar áreas de máxima seguridad dentro del acuartelamiento.

A la hora de tomar medidas concretas para la integración de la seguridad y la iluminación, hay que tener en cuenta que dicha integración se consigue utilizando los elementos del sistema de seguridad para la automatización del sistema de control de la iluminación. De esta forma, un detector volumétrico cumpliría dos funciones simultáneamente, una sería la de detectar una intrusión y la otra sería la de detectar una presencia de personas en zonas no muy transitadas para encender la iluminación sólo cuando es necesaria. La comunicación entre ambos sistemas se logra a través de los protocolos estudiados anteriormente. Para concretar esta integración se han tomado como ejemplo dos espacios distintos del acuartelamiento en estudio, la armería, que por motivos de seguridad no se corresponde con la distribución real del acuartelamiento, y el perímetro del propio acuartelamiento, para la distribución de cámaras de vigilancia, de igual forma, la distribución de cámaras no se corresponde con la realidad por motivos de seguridad. Para tener una visión general del gran abanico de posibilidades a la hora de medios de seguridad y vigilancia, se ha realizado un estudio de los más comunes, dicho estudio se puede ver en el Anexo O.

En cuanto a la armería se ha adoptado una distribución de recintos en la que cada batería tiene su propio armero separado del resto, como se puede ver en la Ilustración IX. La integración en este espacio consistiría en colocar una cámara IP con videosensor en un lugar que pueda controlar todos los accesos a las armerías. De esta forma mediante los detectores de presencia como podrían ser volumétricos o el propio videosensor, se activaría la cámara y la luz sorpresiva para que la cámara tuviese iluminación suficiente para grabar la intrusión. De esta manera no sería necesario tener la luz y la cámara continuamente funcionando, con lo que conseguiría un

ahorro energético respecto a la situación actual, en la que ambos sistemas siempre están en funcionamiento.

CROQUIS DE LA PLANTA DE LA ARMERIA.

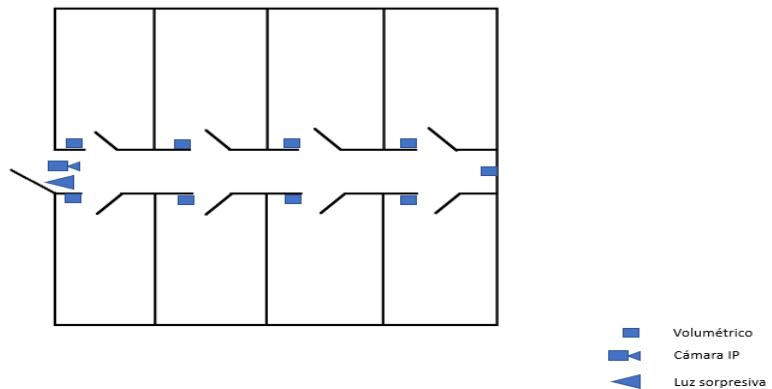


Ilustración IX. Croquis de la planta de una armería. Fuente: (elaboración propia).

En cuanto a la integración de la seguridad e iluminación exterior, se ha considerado la colocación de 25 cámaras IP con videosensor, las cuales van acompañadas de un proyector LED con tecnología DALI, y 12 proyectores LED con tecnología DALI independientes de las cámaras IP, como se puede ver en la Ilustración X, además de un volumétrico para la entrada principal.



Ilustración X. Integración seguridad e iluminación exterior. Fuente: elaboración propia (Google Earth).

De esta forma, las 25 cámaras IP y los proyectores LED con tecnología DALI, podrían estar siempre apagadas y que activarían solo cuando el videosensor detecte una intrusión, lo que también activaría los proyectores LED a modo de luz sorpresiva. Los otros 12 proyectores irían colocados allí donde la iluminación exterior necesitara un mayor nivel de luminosidad, además otro aspecto a tener en cuenta, es que la seguridad también se consigue con la presencia. Estos focos sí que estarían encendidos en condiciones normales durante las horas de oscuridad para

hacer ver que el acuartelamiento está activado y hay personal en él haciendo labores de seguridad. En la entrada principal se ha contemplado la colocación de un volumétrico, ya que se podría considerar un punto sensible del perímetro, que puede funcionar como un segundo sistema de activación de las cámaras y los proyectores.

8. CONCLUSIONES.

Hoy día la eficiencia energética y la gestión de la energía es uno de los temas que más preocupan a las grandes empresas, en gran medida, de cara a su imagen pública. Esto es así por las cada vez más alarmantes noticias sobre la mala utilización de la energía y la creciente preocupación por el cambio climático. En este sentido, el Ministerio de Defensa se podría considerar como una de estas grandes empresas y que comparte esas mismas preocupaciones, ya que es un organismo que mueve gran cantidad de personal y material, con el correspondiente gasto energético y económico.

Durante la elaboración del TFG se ha detectado que en materia de ahorro de energía es posible dar algunos pasos en pos de una mejor gestión, ya que la situación existente hoy en día, es cuanto menos, mejorable en términos de eficiencia. De hecho, uno de los síntomas que ponen en evidencia esta situación es la necesidad para la elaboración de este TFG de realizar un inventario y una clasificación de consumos, clasificación que en la actualidad no existe y que aboca a una falta de racionalización de los consumos eléctricos. La principal conclusión a la que se ha llegado con este TFG es que la gran mayoría de equipos dedicados a la iluminación están obsoletos, lo que provoca un sobrecoste importante tanto en términos económicos como en términos energéticos. Así mismo, históricamente no se le ha dado la importancia suficiente a la concienciación de los usuarios en materia de ahorro de energía, cosa que ha contribuido a que el malgasto de la energía eléctrica sea importante. Esta misma conclusión podría ser aplicable al área de la seguridad, en donde muchas veces se encuentran sistemas de seguridad duplicados, es decir, dos sistemas de seguridad cumplen la misma misión, cuando con simplemente con uno de ellos la misión se cumpliría de igual forma. Ciento es que en términos de seguridad siempre hay que tener presente que es mejor pecar por exceso que por defecto.

La siguiente conclusión a la que se ha llegado con esta memoria es que la mayoría de las soluciones para estas situaciones es simple. Además de ser soluciones simples no suponen un gran desembolso de dinero, y permiten utilizar la tecnología obsoleta y la tecnología nueva a la vez, por lo que la conversión puede realizarse de forma paulatina. Sin embargo, la solución a la segunda idea de estas conclusiones, la concienciación, sí que es de una mayor complejidad debido al escaso tiempo con el que se cuentan en las unidades para realizar charlas sobre concienciación. Además hay que considerar el factor humano, es decir, por muy concienciados que estén los usuarios siempre cabe la posibilidad de que cometan un fallo involuntario. Esto hace que a corto plazo, la concienciación no conlleve importantes ahorros, o no tan espectaculares como la renovación de lámparas y luminarias, pero en el largo plazo sí que pueden suponer ahorros significativos. En cuanto al aspecto de la seguridad se pone en valor la contribución que se ha hecho considerando la integración de los sistemas de iluminación y seguridad, que tradicionalmente, y en general, se han diseñado por separado.

9. LÍNEAS FUTURAS.

Para terminar con esta memoria, se pueden considerar una serie de líneas futuras de actuación, con las que se podría seguir mejorando la eficiencia energética y la integración de los sistemas de iluminación y seguridad.

- Para un futuro estudio más completo, un simple inventario de equipos quedaría incompleto para este estudio, por lo que sería interesante contemplar la posibilidad de realizar una auditoría energética.
- Sería interesante también seguir investigando la aportación de la luz natural en la iluminación de los recintos, ya que puede conllevar a unos ahorros energéticos significativos.
- Actualmente, la iluminación exterior del acuartelamiento está basada en iluminación con proyectores LED o de halógenos metálicos, hecho que no siempre es la solución más eficiente, por lo que se podría estudiar la posibilidad de sustituir ciertos proyectores por farolas que cumplan la misma misión pero de forma más eficiente.
- En una instalación de iluminación, una importante pérdida de eficiencia se debe a que las lámparas y las luminarias se degradan paulatinamente con su uso, degradándose el flujo lumínoso que emiten y, por tanto, su rendimiento lumínico. Desde el punto de vista de la eficiencia energética sería recomendable confeccionar un plan de mantenimiento y limpieza de las luminarias y de cambio de lámparas. Esto permitirá conseguir que el rendimiento lumínico no disminuya y se pueden ir sustituyendo, de manera programada, las lámparas y luminarias actuales por otras más eficientes.

10. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación, “Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa ETID - 2015,” 2015.
- [2] España. Ministerio de Industria Energía y Turismo., “Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, 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, acreditación de proveedor,” *Boletín Oficial del Estado*, no. 38, 13 de febrero, pp. 11655–11682, 2016.
- [3] DOCE Diario Oficial de la Unión Europea, “Directiva 2012/27/UE del parlamento Europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética,” *Diario Oficial de la Unión Europea*, pp. 1–56, 2012.
- [4] España. Ministerio de Defensa., “Instrucción 56/2011, Sostenibilidad ambiental del Ministerio de Defensa,” *Boletín Oficial del Ministerio de Defensa.*, pp. 21811–21818, 2011.
- [5] AENOR, “Auditorías energéticas,” *UNE-EN 16247-1*, 2014.
- [6] S. Martín Rodríguez, “Consumo Eléctrico En Las BAE Del ET,” *Memorial del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos*, pp. 114–123.
- [7] S. Martín Rodríguez, “Consumo Eléctrico En Las BAE Del ET (2),” *Memorial del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos*, no. 2, p. 31, 2016.
- [8] Código Técnico de la Edificación, “Documento básico HE. Ahorro de energía,” 2017.
- [9] Comité Español de Iluminación y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la, *Guía Técnica Aprovechamiento de la Luz Natural de Edificios*. 2005.
- [10] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, “Ahorra energía mientras trabajas.”
- [11] C. Dilouie, *Advanced Lighting Controls : Energy Savings Productivity Technology and Application..*
- [12] The IES Controls Protocol Committee, *Lighting Control Protocols..*
- [13] B. Automation, “DALI - digital standard for room-related light management.” *IEC 62386*, 2010.
- [14] C. Calafat, “Sistema abierto LonWorks,” *LonUsers España*, 2005.
- [15] A. Technology, “Sistemas IP,” p. 44.
- [16] Bunker Seguridad Electrónica S.L., “Ficha técnica PT&MB.”
- [17] Texecom Limited, “Installation Manual Prestige External TD.”
- [18] H. Wendschlag, “Product environmental attributes – THE ECO DECLARATION,” vol. 1, no. 6, pp. 2–7.

- [19] HP Development Company, L.P., "Soporte al cliente de HP: base de conocimientos," 2019. [Online]. Available: <https://support.hp.com/es-es/document/c00638913#AbT6>.
- [20] Texecom Limited, "Prestige CW Cloackwise Dual Technology Detector."
- [21] Panasonic, S.A., "Línea Residencial SERIE YS CS-YS12TKV," 2019. [Online]. Available: <https://www.panasonic.com/cr/consumo/aires-acondicionados/residencial/cs-ys12tkv.specs.html>.
- [22] Mando de Adiestramiento y Doctrina., "Jefe de base, acuartelamiento o establecimiento," *OR7-028*.
- [23] Ministerio de Defensa, "Reales Ordenanzas de las FAS," *Boletín Oficial del Estado*, pp. 13008–13028, 2009.
- [24] Escuela de guerra del Ejército de Tierra, "Unidad Didáctica : Soportes de Protección . Medios materiales ,," *Curso Avanzado de Inteligencia y Seguridad*.
- [25] Escuela de Guerra del Ejército de Tierra., "Unidad Didáctica : Soportes de Protección . CCTV, Iluminación y Control de Rondas.," *Curso Avanzado de Inteligencia y Seguridad*.
- [26] Escuela de Guerra del Ejército de Tierra, "Unidad Didáctica : Seguridad Contraincendios .," *Curso Avanzado de Inteligencia y Seguridad*.

11. ANEXOS.

11.1. ANEXO A. INVENTARIO DE EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

El inventario mostrado a continuación corresponde al Acuartelamiento “El Hacho”, en el cual se pueden encontrar equipos que consumen energía eléctrica tanto en el exterior de los edificios como en el interior.

- Exterior:

- 50 proyectores que equipan lámparas led. Se diferencian dos tipos como se ve en la Ilustración XI, pero sus características son significativamente idénticas, siendo ambos de una potencia de 10 W.



Ilustración XI. Focos LED. Fuente: elaboración propia.

- 34 cámaras IP que, como puede verse en la ilustración XII, están dotadas de un proyector que contiene una lámpara de halógenos metálicos de 250 W de potencia cada uno. Cada cámara tiene un consumo aproximado de 3,5 W, este dato está basado en la ficha técnica de los productos de la empresa Alhua Technology [15]

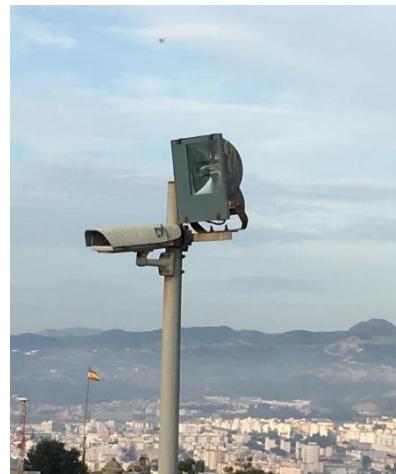


Ilustración XII. Cámara IP. Fuente: elaboración propia.

- 1 cámara domo. De igual forma la potencia de este sistema esta sacado de la misma ficha técnica que las cámaras IP de la empresa Alhua [15], el cual es de 12 W.



Ilustración XIII. Cámara DOMO. Fuente: elaboración propia.

- 8 proyectores que equipan una lámpara incandescente halógena de 500 W.



Ilustración XIV. Focos halógenos. Fuente: elaboración propia.

- 22 sensores de infrarrojos, los cuales son usados para formar las barreras de infrarrojos perimétricas. La potencia de dichos sensores está basada en la ficha técnica de la barrera infrarroja PT&MB fabricada por la empresa Bunker

Seguridad Electrónica S.L. [16]. Dicha potencia es de 42 W para cada uno de los sensores.

- 4 volumétricos. Siendo la potencia de cada uno de ellos de 0,448 W según el manual de instalación del modelo Prestige External TD de la empresa Texecom Limited [17].
- Interior del edificio de las Baterías.

- 23 ordenadores, de los cuales se ha utilizado el modelo más numeroso para obtener los datos de consumo. Dicho modelo es el HP Compaq Elite 8300 CMT PC. Para calcular dicho consumo se ha tenido en cuenta sus tres modos de funcionamiento: On, Stand-by y Off. Siendo el consumo para dichos modos el siguiente:
 - On: 48,75 W.
 - Stand-by: 1,817 W.
 - Off: 0,791 W.

Dicha información ha sido sacada de la declaración de certificaciones medioambientales de la empresa HP [18]. Todos los ordenadores que aparecen enumerados en este inventario son del mismo modelo, por lo que la potencia es idéntica.

- 2 impresoras, las cuales son el modelo HP LaserJet serie 1020. El consumo de energía de este modelo se divide en dos modos, ya que en el modo Off no consume energía. Dichos modos son:
 - Impresión: 250 W.
 - Preparada: 2 W.

Los datos han sido obtenidos de la web oficial de la marca HP en su sección de Soporte al cliente de HP [19]. De igual forma que con los ordenadores, las impresoras de este inventario son del mismo modelo, por lo que estos datos son aplicables al resto.

- 34 luminarias conteniendo cada una de ellas 4 tubos fluorescentes de 18 W. La potencia total de cada luminaria será la suma de la potencia de cada lámpara más la potencia de los balastos. La potencia de cada lámpara es de 18 W y la potencia de la reactancia o balasto es de 12 W.

$$W_{Total} = (W_{Lámpara} \times 4) + (W_{Reactancia} \times 2)$$

Usando la fórmula anterior, la potencia total de una luminaria será de 96 W.

- 4 luminarias conteniendo cada una de ellas 2 tubos fluorescentes de 36 W. Para obtener la potencia total se utiliza la siguiente fórmula, siendo la potencia de cada lámpara 36 W y la potencia de cada balasto 18 W.

$$W_{Total} = (W_{Lámpara} \times 2) + (W_{Reactancia} \times 1)$$

De esta forma la potencia total de cada luminaria de este tipo será de 90 W.

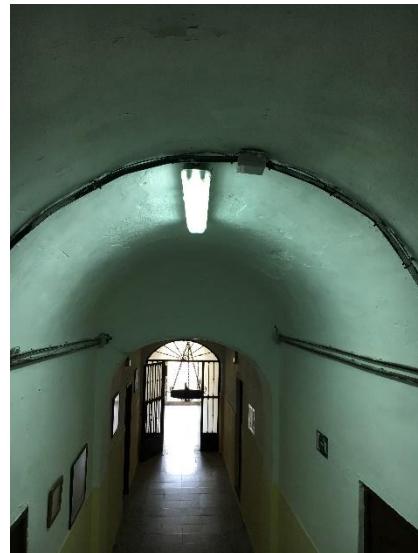


Ilustración XV. Lámpara de dos tubos fluorescentes. Fuente: elaboración propia.

- 1 volumétrico. Siendo la potencia de este de 0,192 W según el manual del modelo Prestige CW Cloakwise Dual Technology Detector de la empresa Texecom Limited [20]. Varía respecto al anterior volumétrico debido a que éste es un modelo de interior. Los volumétricos de interior que aparecen en este inventario están basados en el mismo manual y modelo.
- 3 aparatos de aire acondicionado, de los cuales el modelo más común en el acuartelamiento y por ello el utilizado para este inventario, es el Split Inverter Estándar CS-YS12TKV de la marca Panasonic. El consumo de energía reflejado en su ficha técnica es de 1,07 kW [21].
- Interior del edificio de la Plana Mayor de Dirección.
 - 1 impresora de las mismas características de la mencionada anteriormente, por lo que su consumo está basado en los dos mismos modos de funcionamiento.
 - 13 ordenadores de idénticas características a los mencionados anteriormente, por lo que su consumo está basado en los mismos tres modos de funcionamiento.
 - 17 luminarias conteniendo cada una de ellas 4 tubos fluorescentes de 18 W. Como se ha explicado anteriormente el consumo total de cada una de ellas es de 96 W.
 - 4 aparatos A/C, cada uno de ellos con un consumo de 1,07 kW como se ha visto anteriormente.
 - 6 volumétricos de interior, cuya potencia es la misma a la ya mencionada.
- Cantina.

- 8 luminarias conteniendo cada una de ellas 2 tubos fluorescentes de 36 W cada una. La potencia total de cada luminaria se obtiene de la fórmula ya mencionada, siendo este de 90 W.
- 2 proyectores que contienen una lámpara de halogenuros metálicos de 250W de potencia.
- 2 aparatos A/C del mismo modelo de los ya mencionados, por lo que la potencia total es idéntica.
- Cuerpo de guardia.
 - 3 aparatos de A/C, consumo basado en el modelo explicado anteriormente.
 - 7 luminarias conteniendo cada una de ellas 4 lámparas fluorescentes de 18 W. La potencia total de cada una de ellas es de 96 w, como ya se ha comprobado en los apartados anteriores.
 - 3 ordenadores, cuya potencia es la misma a la ya mencionada.
- Armería.
 - 17 luminarias conteniendo cada una de ellas 4 tubos fluorescentes de 18 W. La potencia total de cada una de ellas es de 96 W.
 - 15 volumétricos de interior, cuya potencia es la misma a la ya mencionada para volumétricos de interior.
 - 1 cámara IP, cuya potencia es la misma a la ya mencionada.
- Edificio de la USBA.
 - 4 volumétricos de interior, cuya potencia es la misma a la ya mencionada.
 - 3 ordenadores, cuya potencia es la misma a la ya mencionada.
- Alojamientos.
 - 96 luminarias conteniendo cada una de ellas 4 tubos fluorescentes de 18 W. La potencia total de cada una de ellas es de 96 W.
- Hangares.
 - 56 luminarias conteniendo cada una de ellas 2 tubos fluorescentes de 36 W. La potencia total de cada una de ellas es de 90 W.
- Gasolinera.
 - 2 proyectores que equipan una lámpara incandescente halógena de 500 W.

- OFAP.
 - 8 luminarias conteniendo cada una de ellas 2 tubos fluorescentes de 36 W. La potencia total de cada una de ellas es de 90 W.
 - 4 ordenadores, cuya potencia es la misma a la ya mencionada.

- Cocina y comedor.
 - 20 luminarias conteniendo cada una de ellas 4 tubos fluorescentes de 18 W. La potencia total de cada una de ellas es de 96 W.

Por la apreciación obtenida a la hora de realizar este inventario, se ha detectado una ausencia de previsión en el diseño de la iluminación interior de los espacios del acuartelamiento, puesto que los niveles de iluminación no se han medido nunca y no se adecuan, en la mayoría de los casos, a las actividades que se desarrollan en esas dependencias. Así mismo, no se realizan labores de mantenimiento preventivo, simplemente se realizan labores de sustitución de lámparas y equipos cuando se detecta un mal funcionamiento en ellas, sin tener en cuenta la depreciación lumínica de lámparas y luminarias con el tiempo. Tampoco se les saca el máximo partido a los pocos sistemas de control de iluminación existentes ni hay instalado ningún sistema de aprovechamiento de la luz natural en el acuartelamiento. Como se puede ver en el siguiente gráfico, Ilustración VII, el consumo más importante dentro de una BAE es el de iluminación, siendo un 75 % del total de la energía consumida en el acuartelamiento.

Equipo	Potencia W	Cantidad	Consumo W	Conjunto	Consumo Total
Proyector de halogenuros metálicos	150	34	5100	Iluminación	36276
Proyector de lámpara halógena	600	10	6000		
Tubos fluorescentes de 18 W	96	191	18336		
Tubos fluorescentes de 36 W	90	76	6840		
Proyector LED	10	50	500	Seguridad e iluminación de seguridad	1565,284
Cámara IP	3,5	35	122,5		
Volumétricos interiores	0,192	26	4,992		
Volumétricos exteriores	0,448	4	1,792		
Sensor infrarrojo	42	22	924	Equipos de oficina	2992,5
Cámara domo	12	1	12		
Ordenador	48,75	46	2242,5		
Impresora	250	3	750	Climatización	8560
Aire acondicionado	1070	8	8560		

Ilustración XVI. Desglose de consumos eléctricos. Fuente: elaboración propia.

11.2. ANEXO B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS TUBOS LED OSRAM
SUBSTITUBE VALUE.



Hoja de datos de producto ST8V-EM 8 W/830 600 mm

SubstiTUBE Value | Tubos LED económicos para balastros electromagnéticos



Áreas de aplicación

- Iluminación general a temperatura ambiente entre -20...+45 °C
- Pasillos, escaleras, garajes
- Recintos del almacén y cámaras frigoríficas
- Aplicaciones domésticas
- Industria
- Almacenes
- Supermercados y grandes almacenes

Beneficios del producto

- Reemplazo rápido, simple y seguro sin recablear
- Ahorro de energía de hasta un 65 % (en comparación con una lámpara fluorescente en CCG)
- Luz de encendido instantáneo, por lo que resulta especialmente adecuada en combinación con la tecnología de sensores
- Resistencia frente a cargas de conmutación muy elevada
- También apto para el funcionamiento a bajas temperaturas

Características del producto

- LED alternativo a las lámparas fluorescentes T8 clásicas en luminarias ECC
- ECE integrado con factor de potencia elevado
- Iluminación uniforme
- Vida útil: hasta 30.000 h
- Ángulo de haz ancho: 220°
- Libre de mercurio y de conformidad con RoHS



Hoja de datos de producto

Datos técnicos

Datos eléctricos

Potencia nominal	8,00 W
Potencia nominal	8,00 W
Tensión nominal	220...240 V
Frecuencia de funcionamiento	50...60 Hz
Corriente nominal	0,036 A
Tipo de corriente	Corriente alterna (AC)
Max. lamp no. on circuit break. 10 A (B)	170;20;180 ¹⁾
Max. lamp no. on circuit break. 16 A (B)	280;30;290 ¹⁾
Factor de potencia λ	> 0,90

¹⁾ Operated with conventional control gear;Operated with conventional control gear incl. compensation capacitor;Operated with direct mains connection (220...240 V)

Datos Fotométricos

Tono de luz (denominación)	Warm White
Temperatura de color	3000 K
Flujo luminoso nominal	720 lm
Flujo luminoso	720 lm
Eficacia lámpara (condición estándar)	90 lm/W
Índice de reproducción cromática Ra	>80
Factor manten.lumen final vida ú [calc.]	0,70
Desviación estándar de ajuste de color	≤6 sdcM

Datos técnicos de iluminación

Tiempo de precalentamiento (60 %)	< 0,50 s
Áng. de haz nom. (valor de medio pico)	220,00 °
Tiempo de arranque	< 0,5 s

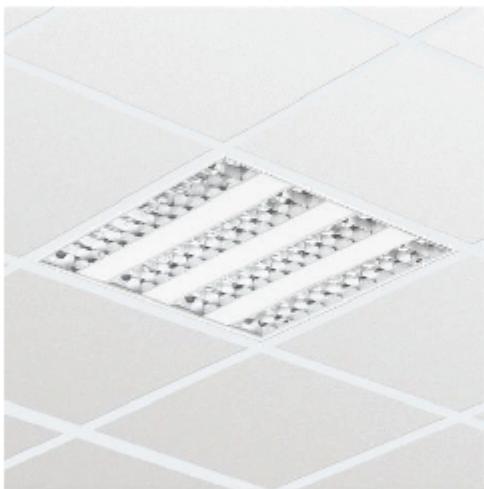
11.3. ANEXO C. DATOS OBTENIDOS APARTIR DE LOS CÁLCULOS CON DIALUX PARA LAS LUMINARIAS T5 PHILIPS TBS165.

Comedor_completo

12/02/2019

Tenero 1 / Edificación 1 / Planta (nível) 1 / Philips TBS165 G 4xTL5-14W HFS C6 4xTL5-14W/840 / Philips - TBS165 G 4xTL5-14W HFS C6 (4xTL5-14W/840)

Philips TBS165 G 4xTL5-14W HFS C6 4xTL5-14W/840



TBS166 TBS166 es una gama de luminarias empotrables de Philips diseñadas para techos de modulaciones estándar de perfil visto o perfil oculto.

Combina un equipo de alta frecuencia de lámparas MASTER TL6 de Philips y propicia un sustancial ahorro de energía en sustitución de las versiones electromagnéticas.

Con una altura de 60 mm y provista de un marco ultra plano, esta luminaria cuadrada puede usarse para iluminación general en oficinas, colegios y comercios (supermercados, bricolaje).

TBS166 es ligera de peso e incluye conector externo de lámparas pre-montadas para simplificar la instalación.

Grado de eficacia de funcionamiento: 69.91%

Flujo luminoso de lámparas: 4800 lm

Flujo luminoso de las luminarias: 3366 lm

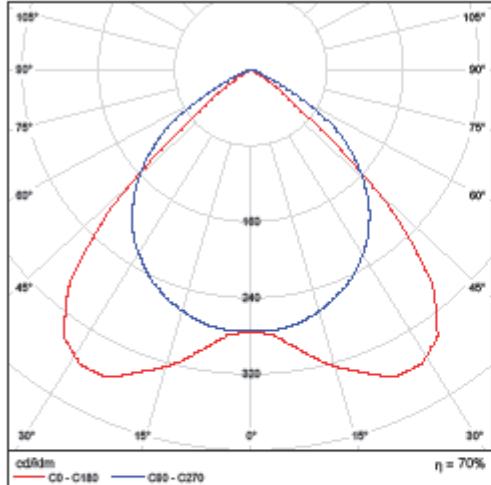
Potencia: 61.0 W

Rendimiento lumínico: 55.0 lm/W

Indicaciones colorimétricas

4xTL5-14W/840: CCT 3000 K, CRI 100

Emisión de luz 1 / CDL polar



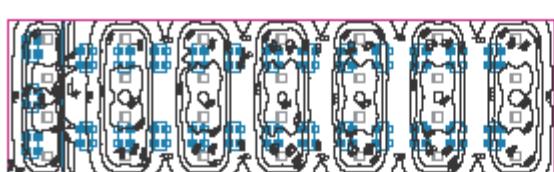
Comedor_completo

12/02/2019

Término 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Local 1 / Síntesis de locales

DIALux

Local 1



Altura interior del local: 3.000 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 60.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Máx./máx.
1 Plano útil (Local 1) Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	218 (≥ 200)	22.7	332	0.10	0.068	

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
28	Philips - TBS165 G 4xTL5-14W HFS C6	3356	61.0	56.0
	Suma total de luminarias	93968	1708.0	56.0

Potencia específica de conexión: 4.88 W/m² = 2.24 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 360.00 m²)

Consumo: 6660 kWh/a de un máximo de 12300 kWh/a

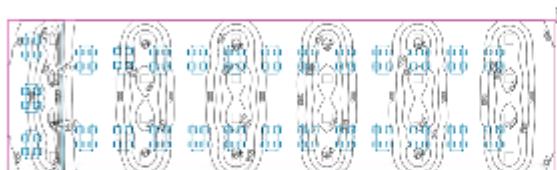
Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

11.4. ANEXO D. DATOS OBTENIDOS APARTIR DE LOS CÁLCULOS CON DIALUX PARA LAS LUMINARIAS SYLVANIA START PANEL.

Comedor completo

24/10/2018

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nível 1) / Local 1 / Simples de locales

DIALux**Local 1**

Altura interior del local: 3.000 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.00

Plano Útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./Medio	Mín./máx.
1. Plano útil 1 Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	219 (> 200)	59.6	393	0.27	0.15	

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

#	Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
24	DIALux - START PANE 600 4000K G4 /4000	4200	30.0	140.0
	Suma total de luminarias	100800	720.0	140.0

Potencia específica de conexión: $2.06 \text{ W/m}^2 = 0.94 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Superficie de planta de la estancia 350.00 m²)

Las magnitudes de consumo de energía se refieren a las luminarias planificadas para en la estancia sin tener en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Consumo: 2800 kWh/a de un máximo de 12300 kWh/a

11.5. ANEXO E. DATOS OBTENIDOS APARTIR DE LOS CÁLCULOS CON DIALUX PARA LUMINARIA LED PHILIPS CORELINE PANEL RC132V W60L60 NOC.

Comedor_completo

13/02/2019

Término 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Philips RC132V W60L60 1xLED36S/840 NOC 1xLED36S/840/- / Philips - RC132V W60L60 1xLED36S/840 NOC (1xLED36S/840/-)

Philips RC132V W60L60 1xLED36S/840 NOC 1xLED36S/840/-

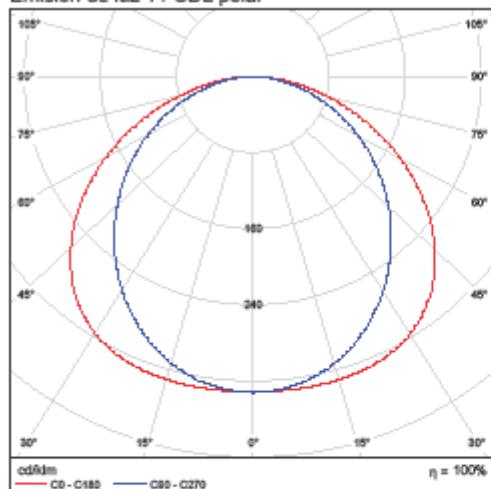


CoreLine Panel: tecnología LED que proporciona una luz uniforme de excelente calidad. Tanto si se trata de un nuevo edificio como de un espacio rehabilitado, los clientes prefieren soluciones de iluminación que combinen luz de calidad con un sustancial ahorro de energía y de mantenimiento. La nueva gama de productos LED CoreLine Panel puede emplearse para sustituir las luminarias funcionales en aplicaciones generales de iluminación. Actualmente se encuentra disponible tanto en versión que cumple la normativa para oficinas (OC) como en versión que no cumple dicha normativa (NOC). El proceso de selección, instalación y mantenimiento es sencillísimo.

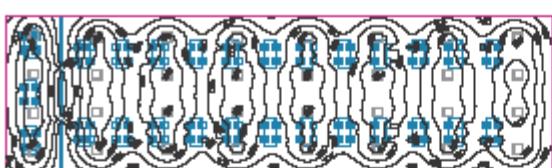
Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89%
 Flujo luminoso de lámparas: 3600 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 3696 lm
 Potencia: 33.0 W
 Rendimiento lumínico: 109.0 lm/W

Indicaciones colorimétricas
 1xLED36S/840/-: CCT 3000 K, CRI 100

Emisión de luz 1 / CDL polar



Local 1



Altura interior del local: 3.000 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 60.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Máx./máx.
1 Plano útil (Local 1) Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	260 (≥ 200)	102	363	0.41	0.29	

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
32	Philips - RC132V W60L60 1 xLED36S/840 NOC	3696	33.0	109.0
	Suma total de luminarias	116072	1066.0	109.0

Potencia específica de conexión: 3.02 W/m² = 1.21 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 360.00 m²)

Consumo: 4100 kWh/a de un máximo de 12300 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

11.6. ANEXO F. DATOS OBTENIDOS APARTIR DE LOS CÁLCULOS CON DIALUX PARA LUMINARIA LED PHILIPS CORELINE PANEL RC132V W60L60 OC.

Comedor_completo

13/02/2019

Término 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Philips RC132V W60L60 1 xLED36S/840 OC 1xLED36S/840/- / PHILIPS - RC132V W60L60 1 xLED36S/840 OC (1xLED36S/840/-)

Philips RC132V W60L60 1 xLED36S/840 OC 1xLED36S/840/-

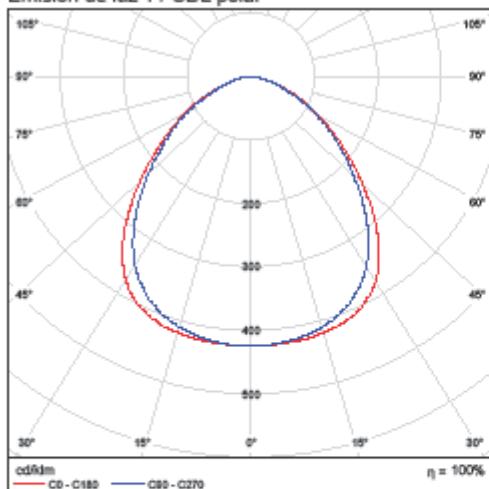


CoreLine Panel: tecnología LED que proporciona una luz uniforme de excelente calidad. Tanto si se trata de un nuevo edificio como de un espacio rehabilitado, los clientes prefieren soluciones de iluminación que combinen luz de calidad con un sustancial ahorro de energía y de mantenimiento. La nueva gama de productos LED CoreLine Panel puede emplearse para sustituir las luminarias funcionales en aplicaciones generales de iluminación. Actualmente se encuentra disponible tanto en versión que cumple la normativa para oficinas (OC) como en versión que no cumple dicha normativa (NOC). El proceso de selección, instalación y mantenimiento es sencillísimo.

Grado de eficacia de funcionamiento: 99.96%
 Flujo luminoso de lámparas: 3600 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 3699 lm
 Potencia: 33.0 W
 Rendimiento lumínico: 109.0 lm/W

Indicaciones colorimétricas
 1xLED36S/840/-: CCT 3000 K, CRI 100

Emisión de luz 1 / CDL polar



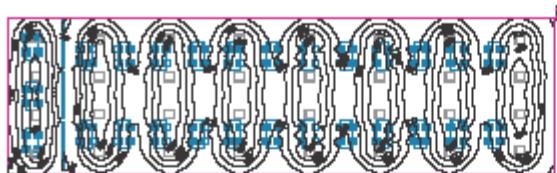
Comedor_completo

13/02/2019

Término 1 / Edificación 1 / Planta (nível) 1 / Local 1 / Sinopsis de locales

DIALux

Local 1



Altura interior del local: 3.000 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 60.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Máx./máx.
1 Plano útil (Local 1) Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	261 (≥ 200)	90.7	396	0.36	0.23	

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
32	Philips - RC132V W60L60 1 xLED36S/840 OC	3699	33.0	109.0
	Suma total de luminarias	116168	1066.0	109.1

Potencia específica de conexión: 3.02 W/m² = 1.16 W/m²/100 lx (Superficie de planta de la estancia 360.00 m²)

Consumo: 4100 kWh/a de un máximo de 12300 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

11.7. ANEXO G. CÁLCULOS DEL VAN PARA LAS DISTINTAS SOLUCIONES.

A continuación se muestran las tablas realizadas en Excel para obtener el cálculo del VAN (Valor Actual Neto) con las diferentes soluciones propuestas.

- Cálculo del VAN para los tubos LED OSRAM substiTUBE Value.

OSRAM substiTUBE Value	
Precio de la mano de obra €/h	15
Trabajadores para la sustitución	2
Precio del kWh €	0,14
Jornadas para la sustitución	1
Horas de una jornada de trabajo	7
Energía consumida en una jornada kWh	7,296
Precio del tubo €	10,5
Cantidad de tubos	96
Inversión inicial €	1218

Tubo fluorescente T8	
Precio del kWh €	0,14
Energía consumida en una jornada kWh	18,432

Coste energético tubos T8 en un año	928,9728
Coste energético OSRAM substiTUBE Value en un año	367,7184
Flujo de caja en un año	561,2544
VAN	1630,75451

Tabla XII. Cálculo del VAN OSRAM substiTUBE Value. Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del VAN para los paneles LED Sylvania Start Panel.

Sylvania Start Panel	
Precio de la mano de obra €/h	15
Trabajadores para la sustitución	2
Precio del kWh €	0,14
Jornadas para la sustitución	1
Horas de una jornada de trabajo	7
Energía consumida en una jornada kWh	5,76
Precio de cada luminaria €	123,9
Cantidad de luminarias	24
Inversión inicial €	3183,6

Tubo fluorescente T8	
Precio del kWh €	0,14
Energía consumida en una jornada kWh	18,432

Coste energético tubos T8 en un año	928,9728
Coste energético Sylvania Start Panel en un año	290,304
Flujo de caja en un año	638,6688
VAN	58,0861618

Tabla XIII. Cálculo del VAN Sylvania Start Panel. Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del VAN para los paneles LED Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 NOC.

Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 NOC	
Precio de la mano de obra €/h	15
Trabajadores para la sustitución	2
Precio del kWh €	0,14
Jornadas para la sustitución	3
Horas de una jornada de trabajo	7
Energía consumida en una jornada kWh	8,448
Precio de cada luminaria €	80
Cantidad de luminarias	24
Inversión inicial €	2550

Tubo fluorescente T8	
Precio del kWh €	0,14
Energía consumida en una jornada kWh	18,432

Coste energético tubos T8 en un año	928,9728
Coste energético Sylvania Start Panel en un año	425,7792
Flujo de caja en un año	503,1936
VAN	4,05576382

Tabla XIV. Cálculo del VAN Philips CoreLine Panel RC132V W60L60 NOC. Fuente: elaboración propia.

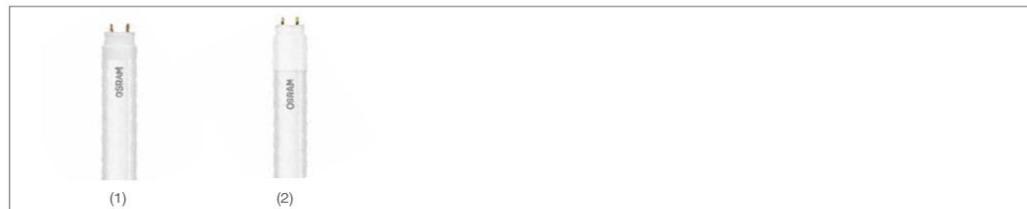
11.8. ANEXO H. TARIFAS DE PRODUCTOS USADOS EN EL ANÁLISIS ECONÓMICO.

A continuación se relacionan los catálogos de las diferentes marcas de lámparas y luminarias usadas para el estudio económico, donde se puede ver el precio usado para el mismo.

- Tubos LED OSRAM SubstiTUBE Star 600 mm.

Lámparas de la marca OSRAM | LED SubstiTUBE®

Tubos LED OSRAM SubstiTUBE®



Denominación de producto	No.	EAN	W	lm	K		t [h] ¹	$\frac{1}{l} [\text{mm}]$	$\sigma [\text{mm}]$	Precio base €
--------------------------	-----	-----	---	----	---	--	--------------------	---------------------------	----------------------	---------------

OSRAM SubstiTUBE® Star G13 – 220...240 V – caja tipo blister

SubstiTUBE Star 600 mm	(1)	4052899956711	Blanco cálido	8	720	3000	A+	mate	30000 600	27	1	10,50
SubstiTUBE Star 600 mm	(1)	4052899956728	Blanco frío	8	800	4000	A+	mate	30000 600	27	1	10,50
SubstiTUBE Star 600 mm	(1)	40528999383630	Blanco extrafrío	8	800	6500	A+	mate	30000 600	27	1	10,50
SubstiTUBE Star 1200 mm	(1)	4052899956759	Blanco cálido	17	1530	3000	A+	mate	30000 1200	27	1	14,50
SubstiTUBE Star 1200 mm	(1)	4052899956766	Blanco frío	17	1700	4000	A+	mate	30000 1200	27	1	14,50
SubstiTUBE Star 1200 mm	(1)	40528999383654	Blanco extrafrío	17	1700	6500	A+	mate	30000 1200	27	1	14,50
SubstiTUBE Star 1500 mm	(1)	4052899956797	Blanco cálido	20	1800	3000	A+	mate	30000 1500	27	1	18,50
SubstiTUBE Star 1500 mm	(1)	4052899956803	Blanco frío	20	2000	4000	A+	mate	30000 1500	27	1	18,50
SubstiTUBE Star 1500 mm	(1)	40528999383685	Blanco extrafrío	20	2000	6500	A+	mate	30000 1500	27	1	18,50

OSRAM SubstiTUBE® Pure G13 – 220...240 V – caja tipo blister

SubstiTUBE Pure 600 mm	(2)	4052899378926	Blanco cálido	9	700	3000	A+	mate	30000 600	27	1	9,50
SubstiTUBE Pure 600 mm	(2)	4052899378940	Blanco frío	9	700	4000	A+	mate	30000 600	27	1	9,50
SubstiTUBE Pure 1200 mm	(2)	4052899371064	Blanco cálido	18	1500	3000	A+	mate	30000 1200	27	1	12,99
SubstiTUBE Pure 1200 mm	(2)	4052899371088	Blanco frío	18	1500	4000	A+	mate	30000 1200	27	1	12,99
SubstiTUBE Pure 1500 mm	(2)	4052899371101	Blanco cálido	21	1800	3000	A+	mate	30000 1500	27	1	15,99
SubstiTUBE Pure 1500 mm	(2)	4052899371125	Blanco frío	21	1800	4000	A+	mate	30000 1500	27	1	15,99



¹ Vida media en horas. ² En comparación con las lámparas fluorescentes; referencia: Con el precio de la electricidad a 0,30 €/kWh y un tiempo de funcionamiento de 1000 horas al año, en función de las pérdidas de los equipos de control ³ LED SubstiTUBE® Star 3 años; puede consultar los detalles de las condiciones de la garantía en: www.osram-lamps.com/guarantee

- Sylvania Start Panel LED G4 600 NW.

EMPOTRABLES

LUMINARIAS DE EMPOTRAR



Start Panel LED EVO



NOVEDAD

- Nueva gama de **paneles LED para empotrar**
- Excelente flujo luminoso de hasta **4.700lm** y eficacia de hasta **140lm/W**
- Versiones **UGR<19, On/Off, DALI y Emergencia 3 horas**
- Disponible en blanco cálido (**3.000K**) y blanco neutro (**4.000K**)
- La gama cubre cualquier tipo de necesidad y aplicación
- Larga vida útil de **50.000 horas** con **L70**



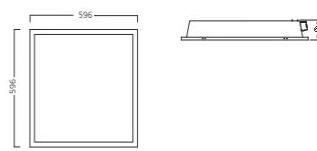
Código	Descripción	Potencia (W)	Temperatura de color °K	Flujo lum (lm)	Driver mA	Dimensiones	Euros	Color
Start Panel LED G3 - Bajo consumo								
0047779	START PANEL LED G4 600 NW	30	4.000	4.200	300	600x600	123,90	C
0047778	START PANEL LED G4 600 WW	30	3.000	4.900	300	600x600	123,90	C
Start Panel LED G3 - Alto Flujo Luminoso								
0047781	START PANEL LED G4 HO 600 NW	36	4.000	4.850	360	600x600	131,90	C
0047780	START PANEL LED G4 HO 600 WW	36	3.000	4.500	360	600x600	131,90	C
Start Panel LED - UGR<19								
0047785	START PANEL LED G4 UGR19 600 NW 4000K	36	4.000	4.300	360	600x600	167,90	C
0047784	START PANEL LED G4 UGR19 600 WW 3000K	36	3.000	4.000	360	600x600	167,90	C
Start Panel LED - DALI								
0047783	START PANEL LED G4 600 NW 4000K DALI	36	4.000	4.850	700	600x600	253,90	C
0047782	START PANEL LED G4 600 WW 3000K DALI	36	3.000	4.500	700	600x600	253,90	C
Start Panel LED - DALI UGR<19								
0047787	START PANEL LED G4 600 NW 4000K DALI UGR19	36	4.000	4.300	700	600x600	319,90	C
Accesorios								
0047416	MARCO EMPOTRAR EN ESCAYOLA (600x600)						49,90	
0047418	MARCO EMPOTRAR EN ESCAYOLA(1200X300)						62,90	
0047579*	KIT EMERGENCIA 80V paneles LED						219,90	B

*Kit emergencia compatible con los códigos 47782, 47783 y 47787

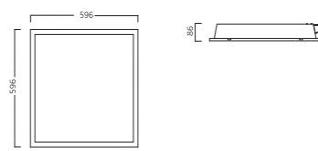
600: 600 X 600MM NW: BLANCO NEUTRO WW: BLANCO CÁLIDO HO: ALTO FLUJO LUMINOSO

Dimensiones (mm)

G3 / G3 HO / UGR<19



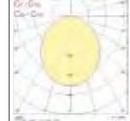
E3 / DALI / DALI UGR<19



Start Panel LED G3



Start Panel LED G3 HO



Start Panel LED G2 DALI



Start Panel LED UGR<19



- Philips CoreLine panel gen3 RC132V LED36S/840 PSU W60L60 NOC.

LUMINARIAS
EMPOTRABLES

CoreLine panel gen3

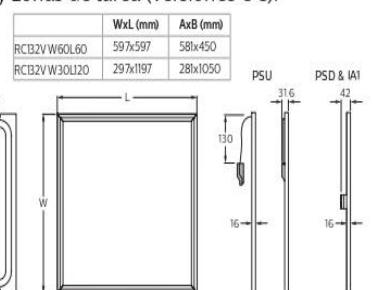
NUEVO
4300lm

Características:

- Luminaria empotrable con tecnología LED dentro de la familia CoreLine, superficie de luz totalmente uniforme, tipo panel de luz
- Materiales: Marco de aluminio
- Versiones: Cuadrada y rectangular, versiones UGR<19 (OC) o UGR>19 (NOC) y versiones con emergencia (ELB3)
- Color: Blanco
- Equipo: incluido, versiones fijas (PSU) y con regulación Dali (PSD)
- Temperatura de color: 3000 K y 4000 K
- Regulación: Si, en algunas versiones
- Disponible para iluminación conectada (Interact Ready).
- Instalación: techos modulares de perfil visto. Disponibles accesorios para escayola, para adosar y para suspender.

Ventajas/aplicaciones:

- Permite cambiar fácilmente luminarias convencionales
- Ahorro directo de hasta 50%
- Superficie de luz muy uniforme
- Fácil instalación y larga vida que reduce el mantenimiento
- Ultrafino (16mm)
- Alumbrado general, pasillos, salas de espera, hospitales, vestíbulos, etc. y zonas de tarea (versiones OC).



CoreLine panel gen3 / 33 W



3000/4000K



REGULABLE



L75 50.000 H



IP 20



IP 44



PSD e IA1



E

Descripción de producto	Consumo	Flujo	Eficacia Unidad	IRC	Temperatura de color	EOC	PVR
CoreLine panel gen3	W	lm	lm/W		K		€

CoreLine Panel NOC (UGR>19)

RC132V LED43S/840 PSU W60L60 NOC	35	4300	120	>80	4000	33466000	90,00
RC132V LED36S/840 PSU W60L60 NOC	33	3600	110	>80	4000	38095300	80,00
RC132V LED34S/830 PSU W60L60 NOC	33	3400	100	>80	3000	38614600	80,00
RC132V LED36S/840 PSU W30L120 NOC	33	3600	110	>80	4000	38097700	90,00
RC132V LED18S/840 PSU W30L60 NOC	17	1800	100	>80	4000	38096000	40,00

CoreLine Panel OC (UGR<19)

RC132V LED43S/840 PSU W60L60 OC	35	4300	120	>80	4000	33468400	126,00
RC132V LED36S/840 PSU W60L60 OC	33	3600	110	>80	4000	38098400	116,00
RC132V LED34S/830 PSU W60L60 OC	33	3400	100	>80	3000	38099100	116,00
RC132V LED36S/840 PSU W30L120 OC	33	3600	110	>80	4000	38102800	124,00
RC132V LED34S/830 PSU W30L120 OC	33	3400	100	>80	3000	38103500	124,00
RC132V LED43S/840 PSD W60L60 OC	35	4300	120	>80	4000	33470700	160,00
RC132V LED36S/840 PSD W60L60 OC	33	3600	110	>80	4000	38608500	150,00
RC132V LED34S/830 PSD W60L60 OC	33	3400	100	>80	3000	38609200	150,00
RC132V LED36S/840 PSD W30L120 OC	33	3600	110	>80	4000	38612200	158,00
RC132V LED34S/830 PSD W30L120 OC	33	3400	100	>80	3000	38613900	158,00

11.9. ANEXO I. TARIFA PVCP.

INDUSTRIAS PEQUEÑAS: TARIFA 3.1 A // INFERIORES A 450 KW Precios Península			
PRECIOS FIJOS	PRECIOS INDEXADOS	HORARIO	
Tarifa con discriminación horaria en 3 períodos.	TIPO PERÍODO	PRECIO POTENCIA	PRECIO ENERGÍA (FIJO)
Pensado para aquellas grandes empresas o fábricas con un consumo eléctrico elevado.	(P1) Precio punta	0,162119 €/kWh día	0,130023 €/kWh
	(P2) Precio llano	0,099974 €/kWh día	0,118049 €/kWh
	(P3) Precio valle	0,022925 €/kWh día	0,089161 €/kWh

* Precio actualizado a fecha 10/09/2018.

Ilustración XVII. Tarifa PVCP. Fuente: Web Aura Energía.

11.10. ANEXO J. IMÁGENES DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL COMEDOR Y SIMULACIÓN DE LA ILUMINACIÓN PROPUESTA MEDIANTE DIALUX.

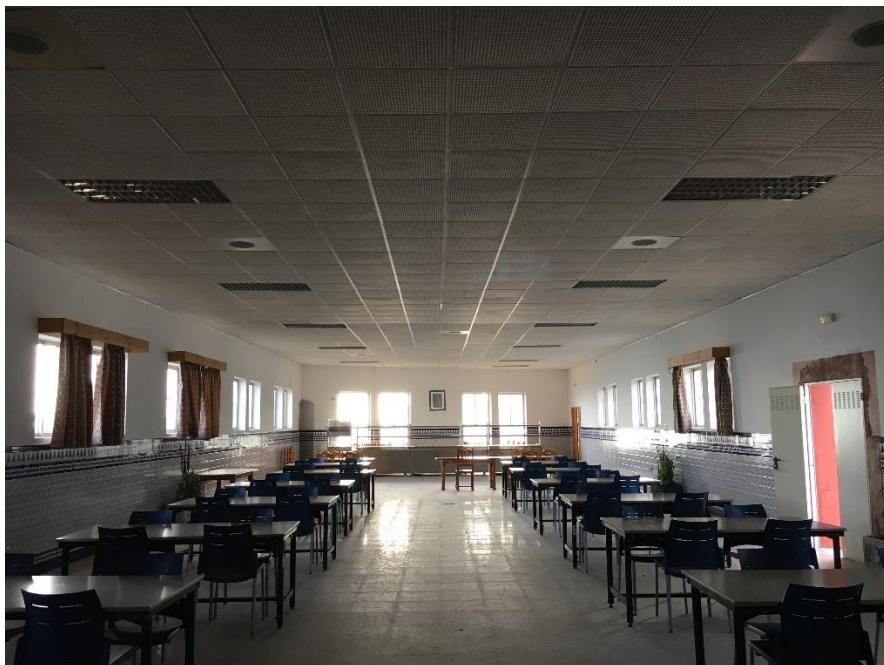


Ilustración XVIII. Distribución actual del comedor. Fuente: elaboración propia.



Ilustración XIX. Distribución actual del comedor. Fuente: elaboración propia.

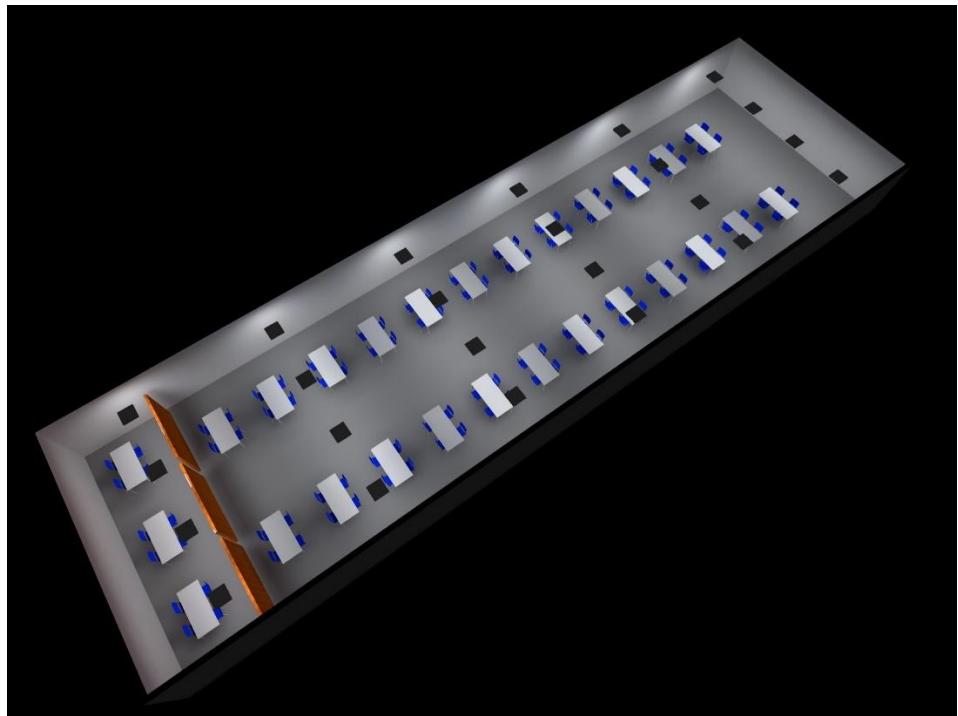


Ilustración XX. Modelo 3D del comedor. Fuente: elaboración propia (DIALux).

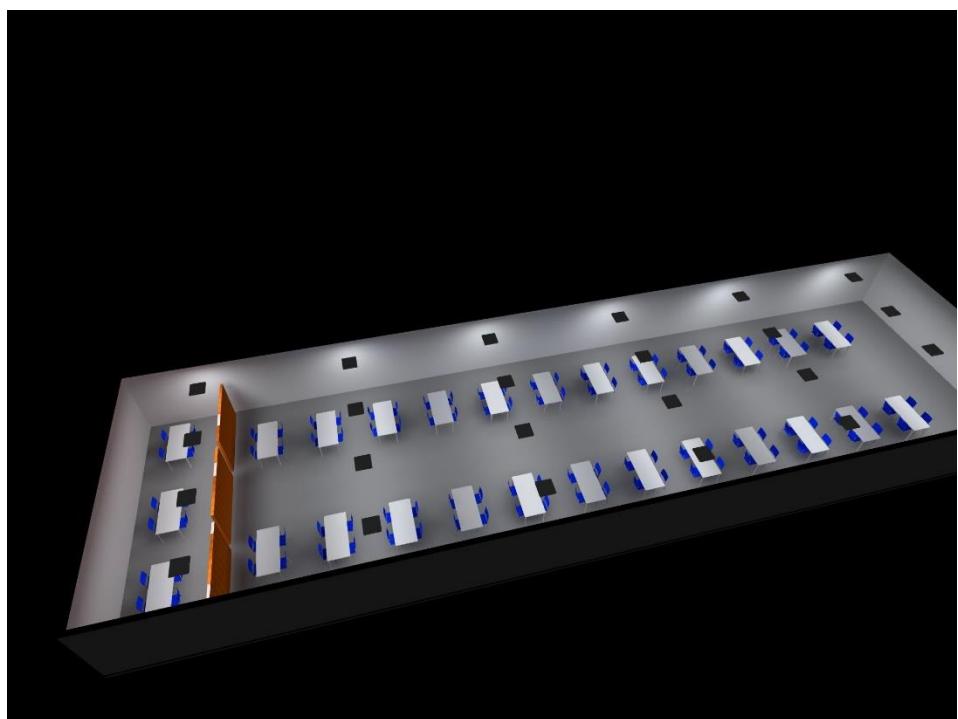


Ilustración XXI. Modelo 3D del comedor. Fuente: elaboración propia (DIALux).

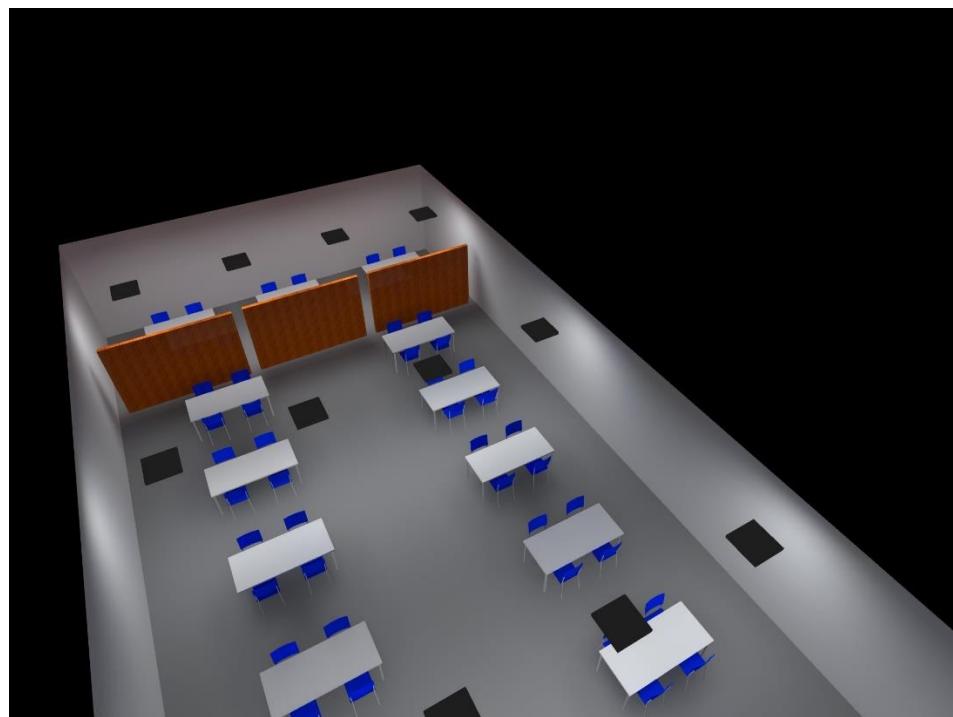


Ilustración XXII. Modelo 3D del comedor. Fuente: elaboración propia (DIALux).

11.11. ANEXO K. CARTELES SOBRE CONCIENCIACIÓN EN AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.



Ilustración XXIII. Cartel de concienciación. Fuente: Web Rubbin Blog.



Ilustración XXIV. Cartel de concienciación. Fuente: Web Ahorro energético blogspot.



Ilustración XXV. Cartel de concienciación. Fuente: Web El País.

11.12. ANEXO L. DISTRIBUCIÓN DE LA ILUMINACIÓN EXTERIOR.



Ilustración XXVI. Croquis de la distribución de proyectores LED. Fuente: elaboración propia (Google Earth).

11.13. ANEXO M. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PROYECTORES SYLVANIA.

ILUMINACIÓN EXTERIOR Proyectores



FloodLED



- Carcasa ultraplana de fundición **muy resistente**
- Diseño térmico muy eficaz: ta -30°C - +60°C
- Estricta selección de LED, CRI 75-80
- Luminaria LED de alta calidad y prestaciones
- 3 Temperaturas de color
- Grado de alta protección: IP65 e IK08

IP65 RAL 9007 IK08

Código	Descripción	Potencia (W)	Flujo lum. (lm)	Ángulo de haz	Euros
--------	-------------	--------------	-----------------	---------------	-------

FloodLED 48

0047715	FLOODLED 48 6500K EXTENSIVO	80	5.209	42°	755,90	C
0047737	FLOODLED 48 4000K EXTENSIVO	80	4.568	42°	755,90	C
0047738	FLOODLED 48 3000K EXTENSIVO	80	4.009	42°	755,90	C

FloodLED 12

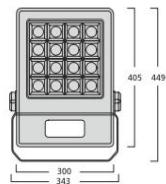
0047703	FLOODLED 12 6500K EXTENSIVO	25	1.488	42°	209,90	C
0047729	FLOODLED 12 4000K EXTENSIVO	25	1.305	42°	209,90	C
0047730	FLOODLED 12 3000K EXTENSIVO	25	1.145	42°	209,90	C

Accesorio

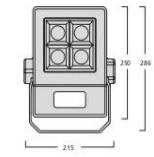
0039837	SOPORTE UNIVERSAL A POSTE	32,90
---------	---------------------------	-------

Dimensiones (mm)

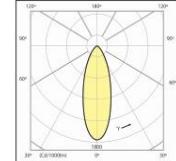
FLOOD LED 48



FLOOD LED 12



FloodLED 42°



EXTERIOR

ILUMINACIÓN EXTERIOR Proyectores

Sylflood

LÁMPARAS
Y EQUIPOS
INCLUIDOS



- Prestaciones fotométricas elevadas
- Gama ideal para la mayoría de aplicaciones de exterior
- Se suministra con equipo y lámpara
- Grado de protección IP65
- Acceso directo frontal a la lámpara y a los componentes del interior



Código	Descripción	Potencia (W)	Temperatura de color °K	Ángulo de haz	Equipo	Euros		
--------	-------------	--------------	-------------------------	---------------	--------	-------	--	--

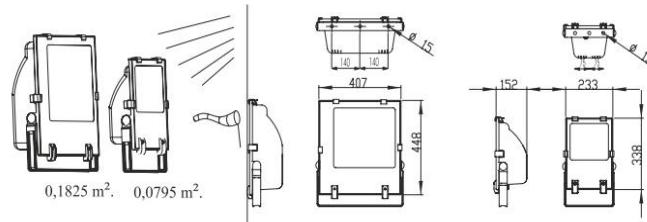
Sylflood 1

0039910	SYLFLOOD 1 EXTENSIVO + HSI-TD 70W Rx7s	70	4.200	60°	HSI-TD 70W	169,70	C	E+1
0039911	SYLFLOOD 1 EXTENSIVO + HSI-TD 150W Rx7s	150	4.200	60°	HSI-TD 150W	170,90	C	E+1
0039912	SYLFLOOD 1 ASIMÉTRICO + HSI-TD 70W Rx7s	70	4.200	-	SHP-TS 70W	169,70	C	E+1
0039913	SYLFLOOD 1 ASIMÉTRICO + HSI-TD 150W Rx7s	150	4.200	-	SHP-TS 150W	170,90	C	E+1

Sylflood 2

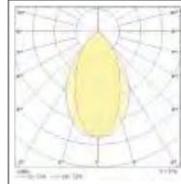
0039920	SYLFLOOD 2 EXTENSIVO + SHP-TS 250W E40	250	2.050	60°	SHP-TS 250W	239,10	C	E+1
0039921	SYLFLOOD 2 EXTENSIVO + SHP-TS 400W E40	400	2.050	60°	SHP-TS 400W	241,30	C	E+1
0039922	SYLFLOOD 2 ASIMÉTRICO + SHP-TS 250W E40	250	2.050	-	SHP-TS 250W	239,10	C	E+1
0039923	SYLFLOOD 2 ASIMÉTRICO + SHP-TS 400W E40	400	2.050	-	SHP-TS 400W	241,30	C	E+1

Dimensiones (mm)

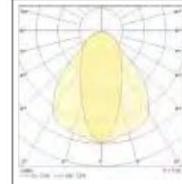


EXTERIOR

SYLFLOOD 1 Extensivo 150W



SYLFLOOD 2 Extensivo 400W



11.14. ANEXO N. ALTERNATIVAS PARA EL AHORRO EN CLIMATIZACIÓN.

- Sistema centralizado de climatización conformado por unidades VRV: esta alternativa sería útil en el caso de instalaciones de climatización con varios equipos autónomos descentralizados. Estos sistemas VRV pueden variar la cantidad de refrigerante que aporta a las baterías de evaporación-condensación, de manera que puede controlar de forma más efectiva las temperaturas de las zonas a climatizar. Además ofrecen un mayor rendimiento a los equipos convencionales instalados en el acuartelamiento, por lo que se consumiría menos energía.
- Sustitución de la enfriadora por otra más eficiente: las instalaciones antiguas que usen refrigeradoras con refrigerante R-22 es conveniente estudiar su sustitución por refrigeradoras que usen el gas refrigerante R-407C, el cual aporta una mayor eficiencia y menor consumo, con unas características frigoríficas muy similares.
- Sistema Free-cooling en climatizadora: esta mejora sería aplicable en instalaciones que cuentan con unidades de tratamiento de aire. El funcionamiento de este sistema pretende aprovechar las condiciones del aire exterior, cuando este sea favorable, para reducir el uso de los equipos de aire acondicionado, como se puede ver en la Ilustración XXVII.

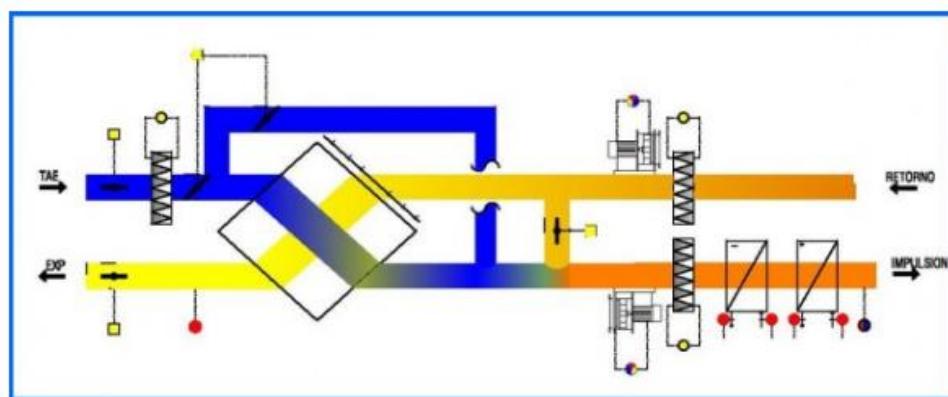


Ilustración XXVII. Funcionamiento sistema Free-Cooling. Fuente: Web Eficiencia Energética.

- Máquina de absorción para el circuito de refrigeración: este sistema está basado en dos sustancias, donde una de ellas es disuelta en la otra y el proceso de enfriamiento se produce al extraer una de las sustancias de la mezcla mediante la aplicación de calor y reconduciéndola posteriormente a la mezcla de nuevo.

11.15. ANEXO O. MEDIOS DE SEGURIDAD.

Como ya se ha comentado anteriormente en esta memoria, uno de los gastos más importantes dentro de las BAE's dependientes del Ministerio de Defensa es el dedicado a la energía, y dentro de este uno de los sistemas que más energía eléctrica consumen es el relacionado con la seguridad y vigilancia de un acuartelamiento, ya que este debe siempre estar en funcionamiento, independientemente de la actividad por la que esté atravesando o de la época del año en la que se esté. Esto hace plantearse que una de las medidas para lograr una buena eficiencia energética debe estar encaminada a mejorar este sistema, incluso estudiar la posible integración con la iluminación de la BAE para, de esta manera, aprovechar los medios de cada uno de estos sistemas y conseguir un ahorro tanto energético como económico además de una seguridad efectiva.

11.15.1. GENERALIDADES DE LA SEGURIDAD DE UNA BAE.

Para empezar con estas medidas encaminadas a lograr una buena eficiencia energética, primero debemos analizar cómo está organizada la seguridad en general de una BAE. Según el manual OR7-028 [22], la seguridad se define como la condición alcanzada cuando el material, el personal, las actividades y las instalaciones, están protegidas contra el espionaje, sabotaje, subversión, terrorismo y demás riesgos antisociales y de la propia naturaleza, así como las pérdidas y las revelaciones no autorizadas. En relación con esta definición, este concepto de seguridad no recoge las posibles acciones de fuerza contra la BAE, así como aspectos de fugas de información.

Para llevar a cabo lo antes mencionado, uno de los criterios que hay que tener en cuenta a la hora de organizar la seguridad de la BAE es el de garantizar la seguridad de las instalaciones, el funcionamiento general de éstas y las personas que las usan. Al sistema que recoge estas definiciones y criterios se le denomina Seguridad de Protección. Sin embargo, este sistema queda huérfano sin el denominado sistema de Seguridad de Formación, el cual recoge toda la información que hay que darles a los miembros del Ejército en relación con el mantenimiento de un alto nivel de seguridad para evitar riesgos y accidentes, además de darle la formación moral necesaria para mantener la calma ante situaciones de riesgo. Teniendo en cuenta que la seguridad total de una BAE no existe, todas las medidas que se adopten irán encaminadas a la prevención y protección de los medios o edificios. Esto se realiza mediante la adopción de un grado de seguridad, determinando las amenazas y riesgos de toda la BAE, siendo el grado de seguridad más bajo de una parte de una BAE, el grado de seguridad de toda la BAE.

Los encargados de que estas premisas se cumplan son los responsables de la seguridad de una BAE, de los cuales se va a destacar dos de las figuras más importantes. Estas figuras son:

- El Jefe de la BAE: de acuerdo con el Artículo 75 de las Reales Ordenanzas del Ejército de Tierra [23], el Jefe de una BAE es el responsable directo de su seguridad, así como de redactar y actualizar el Plan de Seguridad, del cual se hablará más adelante en esta memoria. Además, es el responsable de determinar las prioridades en cuanto a

seguridad de su BAE, teniendo en cuenta la opinión del Jefe de seguridad para establecer los riesgos y amenazas más importantes relativos a esa BAE en concreto.

- El Jefe de seguridad de la BAE: como se ha podido intuir en el párrafo anterior, el Jefe de seguridad de la BAE será designado directamente por el Jefe de la BAE, y como norma general será el Jefe de la Unidad de Servicios, en caso de que no exista dicha Unidad de Servicios, el Jefe de la BAE designará entre todos los destinados en ella, al que considere más idóneo para desarrollar el puesto. Así mismo, aparte de las funciones que se le atribuyen al Jefe de Seguridad en el Artículo 342 y 343 de las ya citadas Reales Ordenanzas, el Jefe de la BAE podrá asignarle los cometidos que crea necesarios para la efectiva seguridad de la BAE, además de solicitarle asesoramiento en todo lo relativo en materia de seguridad.

Respecto a la seguridad de una BAE hay que destacar dos conceptos muy importantes a la hora de organizar dicha seguridad:

- Sistema de Protección de una BAE: este concepto hace referencia al conjunto de Órganos, personas, medios materiales y procedimientos, que gracias a su acción continuada consiguen el nivel de seguridad apropiado para la BAE. Este sistema debe reunir una serie de características tales como fiabilidad, flexibilidad, economía e integralidad.
- Zonas de seguridad: tanto la zona interior como exterior de una BAE se considera como zona controlada, por lo que ambas entran dentro a la hora de planificar el Sistema de Protección de la BAE. Se divide en dos zonas: Zona Exterior de Seguridad y Zona Interior de Seguridad.

Como se ha mencionado anteriormente unos de los elementos más importantes dentro de este Sistema de Protección son los medios de seguridad activos y pasivos, que toda BAE debe disponer para complementar su seguridad. Estos medios se clasifican en una serie de subsistemas:

- Control de accesos.
- Control postal.
- Barrera física.
- Detección de intrusión y sistemas de alarma.
- Vigilancia CCTV.
- Iluminación.
- Control de rondas.
- Red de comunicaciones.
- Emergencias.
- Centro de control para la seguridad.
- Contraincendios.

Este trabajo en concreto se va a centrar en el estudio de 4 subsistemas que se han considerado con un alto consumo de energía y una alta capacidad de integración entre ellos, los cuales son: detección de intrusión y sistemas de alarma, vigilancia CCTV, iluminación y contraincendios.

Como último tema a tratar dentro de las generalidades de la seguridad de una BAE estarían los planes, de los cuales se destacarán 2 de ellos, por su importancia dentro de la seguridad:

- Plan de seguridad: se define como la distribución coordinada de las tareas, y de los medios humanos y materiales, para poder ejecutar una respuesta rápida y adecuada a las distintas vicisitudes que puedan surgir en relación con la seguridad de la BAE.
- Plan de emergencia: se puede definir como la planificación humana para utilización adecuada y óptima de los medios técnicos previstos en caso de cualquier tipo de emergencia, con el fin de reducir todo lo posible las posibles consecuencias humanas y económicas.

Con esta breve introducción a la seguridad de una BAE se pone en relevancia lo complejo de mantener un nivel de seguridad adecuado, la cantidad de medios tanto humanos como materiales implicados en la seguridad y ante todo el gran abanico de posibilidades a la hora de integrar sistemas para una mejor gestión energética y su posible ahorro económico. Para ello, en los siguientes apartados se hará un análisis de los actuales medios de seguridad de los 4 subsistemas mencionados anteriormente.

Independientemente de los medios que se dispongan para la seguridad de una BAE, hay que tener en cuenta que uno de los elementos fundamentales dentro del sistema de seguridad es la iluminación. Cuando la seguridad de la BAE está más comprometida es durante la noche, debido a que coincide con una franja horaria en la que no hay personal en el acuartelamiento salvo por el personal de guardia. La seguridad perimetral lleva asociada una serie de cámaras CCTV, las cuales cuentan con una iluminación en forma de focos LED o focos halógenos. Dicha iluminación es fundamental para que el personal de guardia pueda realizar su trabajo correctamente, por lo que la complementación o mejora de esta iluminación es uno de los aspectos a tener en cuenta a la hora de establecer la seguridad de la BAE.

11.15.2. MEDIOS PARA LA DETECCIÓN DE LA INTRUSIÓN Y SISTEMAS DE ALARMA.

Los medios utilizados para la detección de la intrusión y sistemas de alarma tienen por misión, tal y como se define en el manual del Curso Avanzado de Inteligencia y Seguridad impartido por la Escuela de Guerra del Ejército de Tierra [24], detectar la presencia de los intrusos en el momento de iniciarse y activar los dispositivos de alarma con la rapidez suficiente para neutralizar la amenaza antes de progresar hacia el interior. Estos medios son en su mayoría sistemas electrónicos, dentro de esta clasificación se pueden diferenciar 5 tipos de sistemas electrónicos: exterior autosoportados, exterior enterrados, exterior subacuáticos, exterior soportados, detectores de interior. Este estudio se va a centrar en los medios más utilizados en la seguridad de una BAE, los cuales son los sistemas electrónicos de exterior autosoportados, sistemas electrónicos de exterior soportados y los detectores de interior.

- Sistemas electrónicos de exterior autosoportados: la peculiaridad de estos sistemas radica en que no requieren de un soporte físico para ser instalados, es

decir, no tienen que apoyarse en ninguna barrera física. Las barreras más comunes dentro de estos sistemas son:

- ✓ Barreras de rayos infrarrojos: está formado por un emisor de rayos infrarrojos y un receptor, que posicionados verticalmente conforman una barrera invisible, en la que cualquier intrusión de un cuerpo extraño hará saltar la alarma. Hay que tener en cuenta que, debido al tipo de orografía, pueden existir zonas sin cobertura, las cuales deben ser cubiertas con otros medios, como por ejemplo los sistemas electrónicos de exterior enterrados.

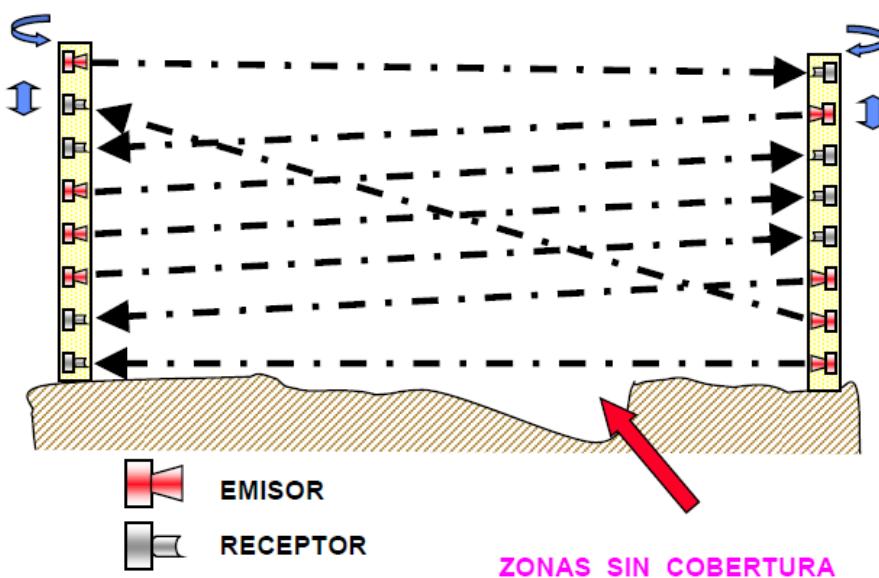


Ilustración XXVIII: Barreras de rayos infrarrojos. Fuente: [24].

Las características más reseñables de estas barreras se podrían resumir en que cuantos más haces se dispongan entre el emisor y el receptor, la probabilidad de detección será más alta. Estos equipos se pueden programar con parámetros de activación de la alarma en función de las necesidades de protección y para evitar las falsas alarmas. Es importante que estos equipos tengan discriminación de animales, especialmente de menor tamaño y voladores.

- ✓ Detector de infrarrojos portátil vía radio: tiene un funcionamiento muy parecido a la barrera de rayos infrarrojos, sin embargo, aúna las ventajas de la detección infrarroja, la transmisión vía radio y la versatilidad de emplazamiento. Como todos los sistemas tiene sus propias particularidades tales como que debido a su portabilidad funcione con

baterías las cuales pueden limitar su operatividad en determinados momentos.



Ilustración XXIX. Detector de infrarrojos portátil vía radio. Fuente: [24].

- ✓ Barreras microondas: equipo muy utilizado en las BAE's del ET, pero que debido a la adquisición de sistemas más efectivos está siendo reemplazado poco a poco. De igual forma que las barreras de rayos infrarrojos, este equipo está formado por un emisor y un receptor que crean un espacio protegido invisible, de igual forma la irrupción de elementos extraños en el campo creado harán saltar la alarma. En cuanto a características dignas de reseñar se puede hablar de que el emisor emite en frecuencias próximas a los 10 GHz los cuales son dirigidos al receptor. Es difícilmente vulnerable debido al espacio volumétrico creado, sin embargo, dependiendo de la orografía también se puede dar el caso de zonas muertas, como se muestra en la ilustración.

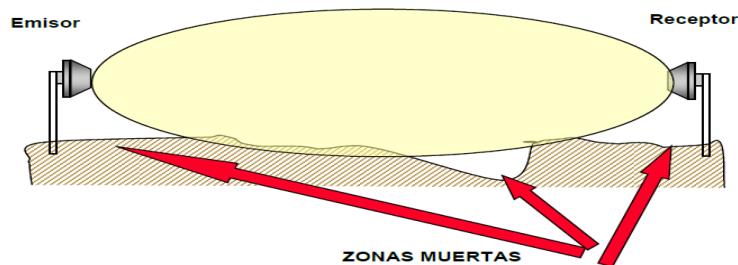


Ilustración XXX. Barrera microondas. Fuente: [24].

- ✓ Barreras láser: este equipo está constituido por un emisor de rayos láser y un receptor, que de igual forma que la barrera de rayos infrarroja genera una barrera invisible. Los componentes, características y requisitos son análogos a los de las barreras de infrarrojos. La diferencia principal entre ambos equipos es el elevado coste del equipo láser en comparación con el equipo infrarrojo, lo que generalmente propicia que se elija la barrera infrarroja frente a la barrera láser.



Ilustración XXXI. Barreras láser. Fuente: [24].

- Sistemas electrónicos de exterior soportados: su función es la misma que los autosoportados, sin embargo, se diferencian en que éstos necesitan un soporte para su fijación. Los equipos más destacados dentro de esta clasificación son:
 - ✓ Cable sensor o microfónico: consiste en un cable coaxial que capta las vibraciones producidas en el soporte, ya sea una valla, alambrada, pared, etc., para ser transmitidas a una unidad de proceso donde se analizan las señales transmitidas. El funcionamiento de este equipo está basado en el llamado “efecto triboeléctrico”². Las vibraciones captadas son convertidas en sonidos diferenciados que permiten distinguir entre alarmas reales, como pueden ser cortes, aserraduras, trepa o perforación, de alarmas falsas como pueden ser el peso de aves o la fuerza del viento.
 - ✓ Sensores de tensión mecánica: consiste en la instalación de cables sometidos a tensión y unidos a un detector electromecánico que se adosan a una valla, tiene el objetivo de detectar variaciones sobre este

² Efecto triboeléctrico: denominación del fenómeno de electrificación por frotamiento.

elemento mediante la presión, tracción o corte.

- ✓ Campo eléctrico: se genera un campo electrostático, mediante un generador de corriente, que lo emite al ambiente a través de un hilo transmisor y captado por varios hilos receptores, creando un espacio volumétrico o zona de detección sensible a cualquier acto de intrusión.

- Detectores de interior:

- ✓ Contacto magnético: este dispositivo consta de dos componentes esenciales: un contacto eléctrico que activa la alarma al desplazarse un imán permanente con el que se crea un circuito magnético. Son muy usados en armerías o salas de especial importancia.
- ✓ Detector volumétrico de infrarrojos: dicho dispositivo capta la radiación térmica emitida por los elementos de la zona vigilada, por lo que, la presencia de cualquier intruso será detectada por la radiación infrarroja que emite el cuerpo. De este dispositivo existen numerosas variantes como el detector volumétrico por microondas, el detector volumétrico de ultrasonidos o los detectores volumétricos de doble tecnología.
- ✓ Fibra óptica: la instalación de fibra óptica conduce una onda luminosa, la cual sufre alteraciones ante los intentos de fracción o deformación del soporte, desencadenando la correspondiente señal de alarma.

11.15.3. MEDIOS CCTV.

Uno de los avances más importantes para facilitar la obtención de imágenes de los actos de intrusión y la posibilidad de interactuar con otros medios de protección presentes en el sistema electrónico de seguridad, es la introducción de sistemas ópticos de protección de espacios mediante un circuito cerrado de televisión (CCTV), el cual permite captar y enviar imágenes desde la zona vigilada a los puestos de tratamiento de datos situados en los cuerpos de guardia.

Los medios usados para estas instalaciones suelen ser cámaras IP implantados en un cuerpo contenedor como pueden ser domos, esferas, semiesferas y microesferas. La denominación de dicho cuerpos contendores o carcasa está basada en la forma, pero los tamaños de estas dependen de la cámara que contiene.

La tendencia actual a la hora de hacer una instalación de CCTV es equipar a las cámaras que conforman el sistema con videosensores, los cuales no son equipos, sino un procesador de la señal de video que analiza la imagen captada por una cámara IP, para detectar cualquier variación que se produzca en la zona vigilada y comunicando el consiguiente estado de alarma.

En cuanto a su funcionamiento podemos destacar cuatro fases, según la unidad didáctica referida a medios CCTV del Curso Avanzado de Inteligencia y Seguridad [25]:

- Examen de la zona a controlar.
- Detección del movimiento.
- Memorización de la progresión.
- Visualización de imágenes previas, progresión y seguimiento.

11.15.4. MEDIOS CONTRAINCENDIOS.

Los medios contraincendios están integrados en un sistema de detección y alarma de incendios que tienen como función detectar un incendio en el tiempo más corto posible y emitir las señales de alarma y localización para adoptar las medidas apropiadas. Según la unidad didáctica relacionada con los medios contraincendios del Curso Avanzado de Inteligencia y Seguridad Los componentes más destacables de dicho sistema son[26]:

- Detectores de incendios: son componentes del sistema que contienen un sensor que controla de manera continua un fenómeno físico o químico asociado a un incendio. Los más usados son:
 - ✓ Detectores de calor: son sensibles a un incremento de temperatura, pueden ser termostáticos o termovelocimétricos.
 - ✓ Detectores de humos: son dispositivos sensibles a las partículas derivadas de la combustión suspendidas en la atmósfera. Se pueden dividir en dos tipos de detectores: de gases de combustión iónico o de humo óptico.
 - ✓ Detectores de llama: son detectores que por lo general no pueden detectar humos provenientes de fuegos de combustión lenta, ya que detectan la radiación ultravioleta o infrarroja que desprende el fuego. Estos detectores serán usados en combinación con otros detectores de humos o de calor.
- Pulsadores de alarma: son componentes que permiten activar manualmente una alarma cuando un fuego es detectado por una persona. Su activación es por presión y deben estar protegidos por un cristal, además su activación debe ser sencilla, fiable y ser fácilmente identificables para su localización en caso de incendio.
- Central de control y señalización: es el sistema encargado de recoger las señales producidas por un detector en función del estado en el que se encuentra. De esta manera es capaz de interpretar el tipo de suceso asociado a la señal y puede tomar alguna medida de protección como la activación de sistemas de extinción de incendios.