

05-016

**THE NEED TO GET ENERGY-EFFICIENT HABITS IN USE OF THE FACILITIES.
APPLICATION TO THE ARTIFICIAL LIGHTING IN A SPORTS HALL**

Fuentes Bargues, Daniel ¹; Escriva Escriva, Guillermo ²; Fuentes Bargues, Jose Luis ³

¹ Insegma S.L., ² Dpto Ingeniería Eléctrica UPV, ³ Departamento de Proyectos de Ingeniería UPV

Energy efficiency is one of the most profitable ways to enhance security of energy supply, to ensure business competitiveness, and reduce emissions of greenhouse gases and other airborne pollutants. Saving measures and energy efficiency that could be implemented in a facility, with a high savings percentage, would be achieved in many cases with simple actions and with little or no investment performances. The cornerstone of energy efficiency is to instill habits users of energy efficient behavior. This paper exposes the real case of the artificial lighting in a sports hall, designed to accommodate sporting events shown on television, where the lighting requirements are very high and involve high electricity consumption. A comparative analysis is performed, evaluating the annual energy cost and environmental impact, including the operation of the facility with the energy bad habits that were produced by different users, compared to energy-savings habits based on patterns of behavior and the installation of some basic control elements, showing the high percentage of savings achieved with simple actions.

Keywords: *Efficiency; Energy; Artificial Lighting; Sports facilities*

**NECESIDAD DE HÁBITOS ENERGÉTICOS EFICIENTES EN LA UTILIZACIÓN DE LAS
INSTALACIONES. APLICACIÓN EN LA ILUMINACIÓN DE UN PABELLÓN DEPORTIVO**

La eficiencia energética es una de las formas más rentables de reforzar la seguridad del abastecimiento energético, de garantizar la competitividad, y de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de otras sustancias contaminantes. Las medidas de ahorro y eficiencia energética a implantar en una instalación, con las que se lograría un alto porcentaje de ahorro, en muchos casos son actuaciones sencillas y con poca o nula inversión. El pilar fundamental de la eficiencia energética es inculcar a los usuarios unos hábitos de comportamiento energéticamente eficientes. En el presente trabajo se expone el caso real del alumbrado de un pabellón polideportivo diseñado para acoger eventos deportivos retransmitidos por televisión, donde las necesidades de iluminación son muy elevadas y conllevan elevados consumos eléctricos. Se realiza un análisis comparativo, evaluando el coste energético anual y su repercusión al medio ambiente, entre el funcionamiento de la instalación con los hábitos energéticamente inadecuados que se producían por los diferentes tipos de usuarios de la misma, frente a un uso energéticamente eficiente basado en unas pautas de comportamiento y unas medidas físicas de control de la instalación, demostrando el alto porcentaje de ahorro alcanzado con acciones tan simples.

Palabras clave: *Eficiencia; Energía; Iluminación artificial; Instalaciones Deportivas*

Correspondencia: José Luis Fuentes Bargues jofuebar@dpi.upv.es

1.- Introducción.

El consumo energético actual y las previsiones de incremento de la demanda energética en el planeta, debido a las regiones emergentes y fuertemente pobladas, junto con la escasez de recursos y los problemas medioambientales derivados del modelo energético basado en el uso principal de combustibles fósiles, exigen una sensibilización de las sociedades responsables ante el problema energético.

Las estrategias energéticas europeas durante los últimos años están basadas en la sostenibilidad, la competitividad y la seguridad del abastecimiento energético. Los compromisos medioambientales adoptados por la UE tras la firma y ratificación del protocolo de Kyoto, y la necesidad de una reducción de la dependencia energética exterior, garantizando una competitividad de precios y una cobertura de la demanda energética de los países miembros han obligado a establecer una nueva política energética (Unión Europea 2012).

Una mayor eficiencia en el uso final de la energía que contribuya a disminuir el uso de energía primaria, el fomento de las energías renovables que pueda garantizar el autoabastecimiento energético, y la reducción del uso de las energías primarias basadas en combustibles fósiles con objeto de reducir las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, son las bases sobre las que se sostiene la estrategia energética adoptada por los países miembros (Unión Europea 2006).

La directiva 2012/27/UE propone para lograr este objetivo, entre otras acciones, la necesidad de que los estados miembros fomenten la elaboración de auditorías energéticas, detectando e identificando medidas de ahorro energético que garanticen una mayor eficiencia en las instalaciones.

Estas medidas de ahorro y eficiencia energética a implantar en una instalación, con las que se lograría un alto porcentaje de ahorro, en muchos casos son actuaciones sencillas y con poca o nula inversión (Escrivá 2011). El pilar fundamental sobre el que se debe sustentar la eficiencia energética es inculcar a los usuarios unos hábitos de comportamiento energéticamente eficientes.

2.- Planteamiento del caso de estudio.

El ascenso a la división de honor del club de balonmano de la localidad de Sagunto (Valencia) conlleva la necesidad de adaptar ciertas características de su pabellón polideportivo a las prescripciones de la Asociación de Clubes Españoles de Balonmano para equipos y canchas de este nivel. Entre las necesidades, y con objeto de poder albergar retransmisiones por televisión de competiciones tanto nacionales como internacionales, es necesario acondicionar la instalación de alumbrado a las exigencias de la normativa.

2.1.- Descripción constructiva del pabellón polideportivo.

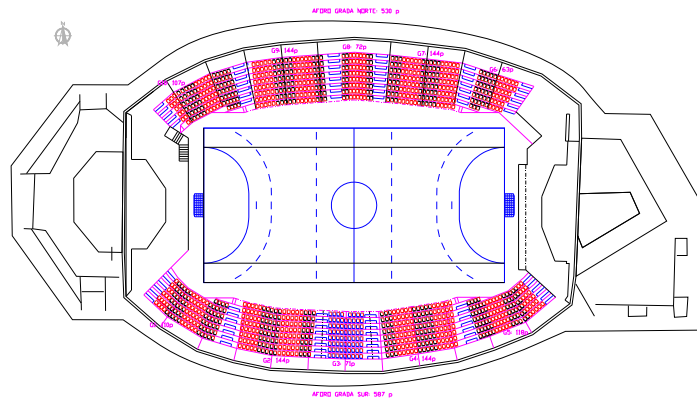
Se trata de un edificio construido en los años 80, con forma ovalada, de dimensiones aproximadas 75x45 metros, y una altura aproximada de 15 metros. El edificio está formado por una estructura vertical de hormigón, y una estructura de cubierta a base de cerchas y correas metálicas.

El interior está distribuido en una pista central destinada a la práctica de balonmano, fútbol sala, baloncesto, etc., alrededor de la cual se sitúan las gradas para aficionados. Los ocho niveles de graderías existentes dotan al pabellón de una capacidad (público sentado) de 1117 personas (Figura 1).

En ambos extremos de la pista deportiva existen locales anexos destinados a otros usos. En el lado oeste del pabellón están ubicados los vestuarios, sala de prensa,

cuadro eléctrico, oficinas, etc., mientras que en el lado este del pabellón se encuentran situados los servicios de uso público, la sala de lucha libre, y locales anexos a la sala de lucha.

Figura 1: Planta Pabellón Polideportivo. Fuente: Elaboración propia.



2.2.- Descripción de la instalación de alumbrado existente.

El sistema de iluminación existente en la pista principal del pabellón polideportivo estaba formado por una línea de veinte proyectores simétricos de halogenuros metálicos de 1000/2000 W en cada una de las bandas de la pista de juego, fijados a las cerchas de la estructura metálica de cubierta (Figura 2). Éste no se encontraba en un estado óptimo, motivado por la falta de mantenimiento y por la antigüedad del mismo, produciéndose de forma continuada fallos tanto en las líneas de alimentación como en los propios proyectores.

Figura 2: Interior Pabellón Polideportivo. Estado inicial. Fuente: Elaboración propia.



La falta de fiabilidad en el sistema de iluminación y sus características técnicas, que no eran suficientes para garantizar los niveles luminotécnicos exigidos por la normativa para las retransmisiones por televisión en color, propulsaron la necesidad de adecuar dicha instalación a la normativa aplicable para este tipo de eventos.

3.- Necesidades Luminotécnicas. Normativa Aplicable.

Las necesidades de iluminación para acontecimientos deportivos de interior y exterior, que garanticen una buenas condiciones visuales para jugadores, atletas, árbitros,

espectadores y retransmisión por cámaras de televisión, quedan recogidas en la norma UNE-EN 12193:2009 (AENOR 2009).

Dicha norma específica, para los deportes más practicados en Europa, los valores luminotécnicos necesarios para el diseño, control y verificación de los sistemas de alumbrado deportivo, en términos de iluminancias, uniformidad, limitación del deslumbramiento y propiedades de color de las fuentes luminosas.

A nivel nacional hay que destacar la normativa sobre instalaciones deportivas y para el esparcimiento (NIDE) elaboradas por el Consejo Superior de Deportes (CSD 2015), organismo autónomo dependiente del Ministerio de Educación Cultura y Deporte. Dicha normativa tiene como objetivo definir las condiciones reglamentarias por la que se rigen cada uno de los deportes dependientes de éste organismo, así como las características de proyecto que deben cumplir los espacios en los que se desarrollen los mismos, con objeto de normalizar las instalaciones en todo el ámbito geográfico.

Las normas NIDE serán de aplicación en todos aquellos proyectos subvencionados con fondos del Consejo Superior de Deportes y en instalaciones deportivas en las que se celebren competiciones oficiales dependientes de la Federación Deportiva nacional correspondiente.

Estas normas, en lo referente a las condiciones de iluminación que deben cumplir los espacios que albergarán acontecimientos deportivos se remiten a la norma UNE indicada anteriormente, si bien en algunos deportes y competiciones indican prescripciones complementarias a la misma.

En la norma UNE-EN 12193:2009 los valores luminotécnicos necesarios para cada actividad deportiva se establecen para tres clases de eventos según los niveles de competición:

Alumbrado Clase I: "Competición al más alto nivel, tal como competición internacional y nacional que implicará generalmente mayores capacidades de espectadores con distancias de visión potencialmente largas. El entrenamiento de muy alto nivel se puede incluir también en esta clase" (Internacional/Nacional).

Alumbrado Clase II: "Competición de nivel medio, tal como competición regional o de club local que implica generalmente capacidades de tamaño medio de espectadores con distancias de visión medias. El entrenamiento de alto nivel se puede incluir también en esta clase" (Regional/Local).

Alumbrado Clase III: "Competición de bajo nivel, tal como competición local o de un club pequeño que generalmente no implica espectadores. El entrenamiento general, la educación física (deportes de colegios) y actividades recreativas están también en esta categoría" (Entretenimiento/Recreativo/Escolar).

Para cada clase de alumbrado y para tipo de deporte, mediante tablas se establecen los valores de la iluminancia y uniformidad, tanto horizontal ($E_{Hm}, E_{Hmin}/E_{Hm}$) como vertical ($E_{Vm}, E_{Vmin}/E_{Vm}$), así como el rendimiento de color R_a .

Las competiciones retransmitidas por televisión requieren unas exigencias lumínicas adicionales, sobre todo en cuanto a los niveles de iluminación vertical y uniformidad, alumbrado "Clase TVC". La iluminación vertical es aquella que hace perceptibles las proporciones y los espacios, y garantiza la correcta visualización del juego a través de la cámara. El valor requerido depende principalmente de la velocidad de acción, la distancia de filmación y del ángulo de la lente. Para ello la norma UNE establece, para tres grupos de deportes, la relación entre la iluminación vertical necesaria y la distancia máxima de filmación.

Tomando como base los principales deportes practicados en las pistas del pabellón polideportivo; balonmano, fútbol sala y baloncesto, las características lumínicas según la norma UNE-EN 12193 se recogen en la Tabla 1, en las que se indica un número

clave que se refiere a tabla de exigencias luminotécnicas del anexo A de la norma, y una letra que hace referencia a las exigencias luminotécnicas adicionales para la transmisión de televisión en color (TVC) y sistemas de filmación de película. Los requisitos lumínicos serán los indicados en la Tabla 2.

Tabla 1: Exigencias por deporte (Tabla 2 – apartado 5.2 UNE-EN 12193:2009).

| DEPORTE | | TABLA ANEXO A | GRUPO TVC |
|-------------|----------|---------------|-----------|
| Balonmano | Interior | A.2 | B |
| Fútbol sala | Interior | A.2 | B |
| Baloncesto | Interior | A.2 | B |

Tabla 2: Requisitos lumínicos (Tabla A.2 – anexo A UNE-EN 12193:2009).

| Clase | Iluminancia Horizontal | | R _a |
|-------|------------------------|------------------------------------|----------------|
| | E _{Hm} lux | E _{Hmin} /E _{Hm} | |
| I | >750 | >0,7 | >60 |
| II | >500 | >0,7 | >60 |
| III | >200 | >0,5 | >20 |

Las exigencias lumínicas para la retransmisión de televisión en color (TVC) para grupos de deporte tipo B, considerando una distancia máxima de filmación de 60-65 metros serán las indicadas en la Tabla 3.

Tabla 3: Tabla de requisitos TVC (apartado 6.3 norma UNE-EN 12193:2009).

| Clase | Iluminancia Horizontal | | | Iluminancia Horizontal |
|-------|------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| | E _{Vm} lux | E _{Vmin} /E _{Vmax} | E _{Hm} /E _{Vm} | E _{Hmin} /E _{Hmax} |
| TVC | >750 | >0,4 | 0,5 ≤ E _{Hm} /E _{Vm} ≤ 2 | ≥ 0,5 |

Los normas NIDE, tal y como se ha comentado, establecen requerimientos de iluminación para los alumbrados “clase I, II y III” idénticos a los indicados en la norma UNE-EN 12193, mientras que para el alumbrado “clase TVC” las exigencias suelen ser superiores, en función del tipo de deporte y de la importancia de la competición retransmitida. Estos requerimientos se deberán tener en cuenta para que la instalación sea verificada y aprobada por la Federación Deportiva correspondiente para acoger eventos de este tipo.

4.- Diseño Técnico. Descripción de la solución adoptada.

El sistema de iluminación del pabellón se diseña con el objetivo de que éste emplazamiento sea la sede local del equipo de balonmano en división de honor y por tanto debe satisfacer las necesidades luminotécnicas tanto en entrenamientos como en partidos de competición al máximo nivel. Por ello, sin perder de vista otros posibles deportes que pudieran practicarse en las instalaciones, el diseño siempre encaminó a cumplir las especificaciones de la Asociación de Clubes Españoles de Balonmano y normas NIDE específicas de este deporte.

En el diseño inicial se consideraron tres posibles niveles de iluminación en función de la actividad que se fuera a desarrollar, iluminación para entrenamiento profesional (clase II), iluminación para competición profesional (clase I), iluminación para retransmisiones deportivas (clase TVC). No obstante, dado que para el resto de actividades “no profesionales” que se pudieran celebrar en el pabellón no se precisaban niveles de iluminación tan elevados, se consideró un nivel inferior, entrenamientos amateur/escuelas/otras actividades (clase III), tal y como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Clases de alumbrado considerados en el diseño.

| Clase de Alumbrado | Actividad |
|--------------------|---|
| <i>Clase TVC</i> | <i>Competiciones retransmitidas por TV</i> |
| <i>Clase I</i> | <i>Competiciones profesionales</i> |
| <i>Clase II</i> | <i>Entrenamientos profesionales/Competiciones amateur</i> |
| <i>Clase III</i> | <i>Entrenamientos amateur/Escuelas/Otras actividades</i> |

Las exigencias para cada uno de los niveles de iluminación (clase I, II y III) fueron las establecidas por la norma UNE y vistas en la Tabla 2. En el caso de la clase TVC se tuvieron en cuenta los valores indicados en la Tabla 3, las prescripciones de la norma NIDE BLM (CSD 2013), y las recomendaciones de uno de los principales fabricantes de luminarias para eventos deportivos (Philips 2006), quedando las prescripciones finales resumidas en la Tabla 5.

Tabla 5: Niveles de iluminación en retransmisiones deportivas (clase TVC).

| | Iluminancia Horizontal | | Iluminancia Vertical | | | IRC |
|------------------|------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|---------------------|---------------|
| | E_{Hm} lux | E_{Hmin}/E_{Hm} | E_{Vm} lux | E_{Vmin}/E_{Vm} | E_{Vmin}/E_{Vmax} | |
| <i>Clase TVC</i> | <i>[1000-2000]</i> | <i>>0,7</i> | <i>≈1000</i> | <i>> 0,6</i> | <i>>0,4</i> | <i>>80</i> |

El objetivo del diseño del sistema de iluminación fue garantizar los niveles luminotécnicos exigidos para cada una de las clases de alumbrado mediante la combinación del menor número de bloques de luminarias.

Para el alumbrado general de la pista deportiva del pabellón se seleccionó el proyector OPTIVISIÓN de Philips modelo MVP507 WB/60, con lámparas modelo MHN-LA1000W/230V/956 de Philips. Se trata de un proyector de alumbrado asimétrico de alta eficiencia, con un haz de luz ancho y un control adecuado del flujo lumínico que limita el deslumbramiento. Las lámparas son de descarga de alta intensidad, con una potencia de 1000 W (230V), casquillo tipo X528/C, con un flujo luminoso de 90000 lm., una eficacia lumínica de 90 lm./W, temperatura de color de 5600 K, e IRC >90. Equipos de encendido y compensación del factor de potencia, tipo BOX SON/MHN-LA/MHN-FC 1000W. El consumo eléctrico teórico del conjunto luminaria-equipos de encendido es de 1078 W.

Figura 3: Interior Pabellón Polideportivo. Estado final. Fuente: Elaboración propia.

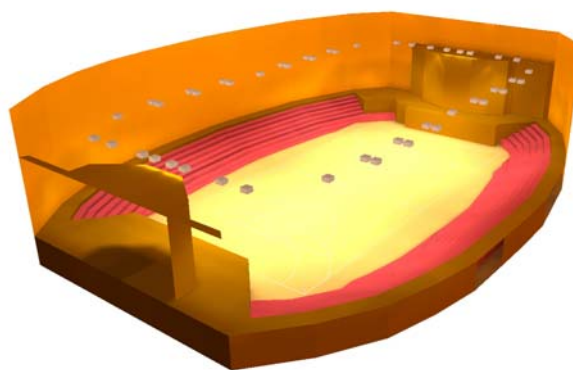


Para la obtención del número de proyectores, posición y orientación de los mismos, se partió de la premisa de crear una línea de proyectores en cada banda de la pista y una en cada zona de portería (Figura 3 y 4). El objetivo era agrupar al máximo los

proyectores para facilitar el posterior mantenimiento de los mismos a través de una futura pasarela colocada a lo largo de las cerchas metálicas de cubierta.

El cálculo se realizó mediante el programa informático "CalcuLux Area 7.0.0." de Philips. Se consideraron dos cuadrículas de cálculo correspondientes a las dos áreas de juego existentes en el pabellón, balonmano/fútbol sala y baloncesto, con las dimensiones y número de puntos por cuadrícula establecidas en la UNE-EN 12193.

Figura 4: Modelización Pabellón Polideportivo. Fuente: Elaboración propia.



Se obtuvieron los niveles de iluminación y de uniformidad en cada uno de los alumbrados previstos, así como los niveles de iluminación que recibirían las cámaras de televisión consideradas, una principal situada en la grada sur, en la zona de tribuna, y otra secundaria situada en la zona oeste (Tabla 6).

Tabla 6: Resultados cálculos luminotécnicos.

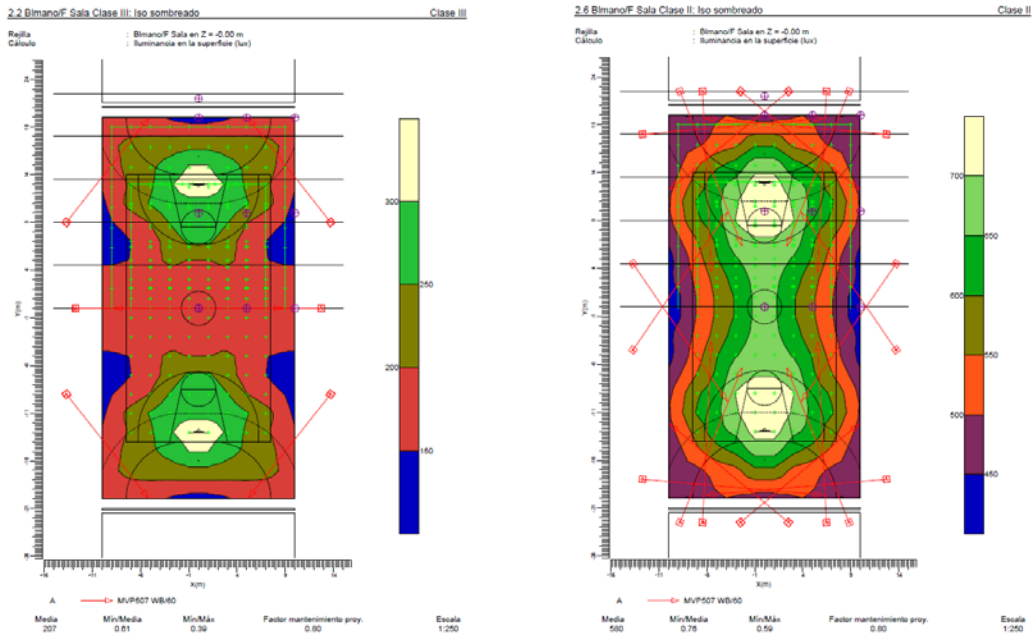
| Clase de Alumbrado | Nº Proyectoros | Código encendido |
|--------------------|-----------------|------------------|
| <i>Clase III</i> | 3+3 | 1 |
| <i>Clase II</i> | 10+10 | 2 |
| <i>Clase I</i> | 3+3/10+10 | 3 |
| <i>Clase TVC</i> | 3+3/10+10/10+10 | 4 |

| Cálculos de (l)uminancia: | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|-------------------------------------|------------|------|---------|---------|
| Cálculo | Encendido | Tipo | Unidad | Med | Mín/Med | Mín/Máx |
| <i>Blmano/F Sala Clase III</i> | 1 | <i>Iluminancia en la superficie</i> | <i>lux</i> | 207 | 0,61 | 0,39 |
| <i>Blmano/F Sala Clase II</i> | 2 | <i>Iluminancia en la superficie</i> | <i>lux</i> | 580 | 0,76 | 0,59 |
| <i>Blmano/F Sala Clase I</i> | 3 | <i>Iluminancia en la superficie</i> | <i>lux</i> | 787 | 0,77 | 0,58 |
| <i>Blmano/F Sala Hz TVC</i> | 4 | <i>Iluminancia en la superficie</i> | <i>lux</i> | 1450 | 0,70 | 0,54 |
| <i>Blmano/F Sala TVC Cam 1</i> | 4 | <i>Iluminancia -> Aa</i> | <i>lux</i> | 924 | 0,61 | 0,41 |
| <i>Blmano/F Sala TVC Cam 2</i> | 4 | <i>Iluminancia -> Bb</i> | <i>lux</i> | 1107 | 0,64 | 0,40 |

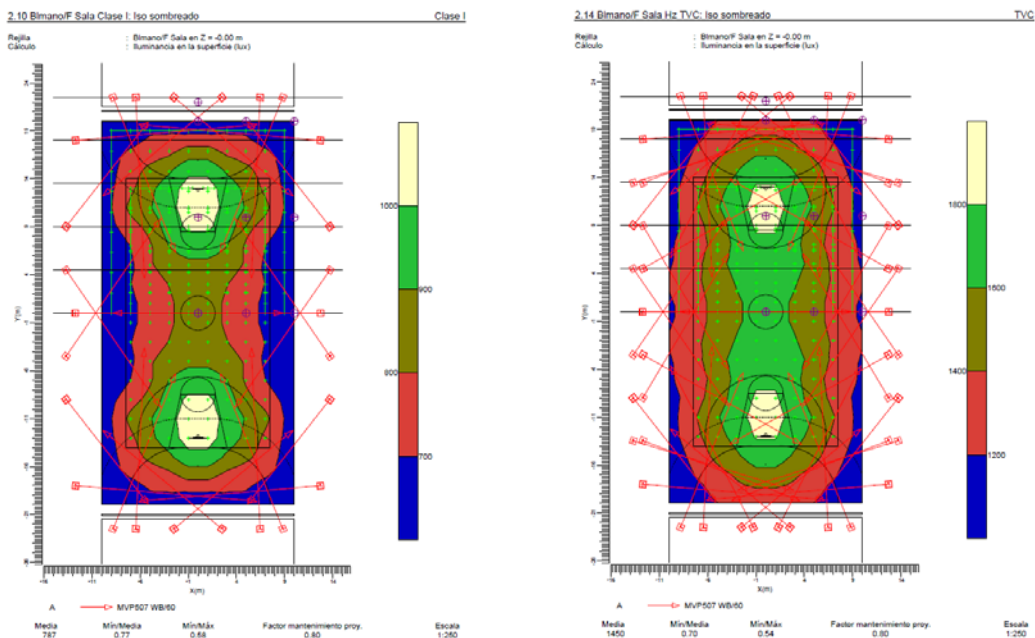
Nota: Resultados para la cuadrícula de cálculo Balonmano/Fútbol Sala.

El diseño final, que cumplía los requisitos indicados anteriormente, está formado por tres bloques de luminarias, cuya combinación de encendidos garantiza los niveles luminotécnicos exigidos para cada una de las clases de alumbrado. La posición y orientación de las luminarias se muestra en las figuras 5 y 6.

**Figura 5: Niveles Isolux alumbrado clase III (izquierda) y clase II (derecha).
 Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 6: Niveles Isolux alumbrado clase I (izquierda) y clase TVC (derecha).
 Fuente: Elaboración propia.**



El número de proyectores que deberán funcionar simultáneamente para garantizar los niveles de iluminación en cada una de las clases de alumbrado diseñadas será el indicado en la Tabla 7. Para el alumbrado clase TVC será un número elevado, y teniendo en cuenta la potencia eléctrica de éstos el consumo eléctrico global de la instalación será considerable.

Tabla 7: Clases de alumbrado. Potencia eléctrica simultánea.

| Clase de Alumbrado | Encendidos | Nº proyectores | Potencia conectada (kW) |
|--------------------|-----------------|----------------|-------------------------|
| <i>Clase III</i> | 3+3 | 6 | 6,47 |
| <i>Clase II</i> | 10+10 | 20 | 21,56 |
| <i>Clase I</i> | 3+3/10+10 | 26 | 28,03 |
| <i>Clase TVC</i> | 3+3/10+10/10+10 | 46 | 49,59 |

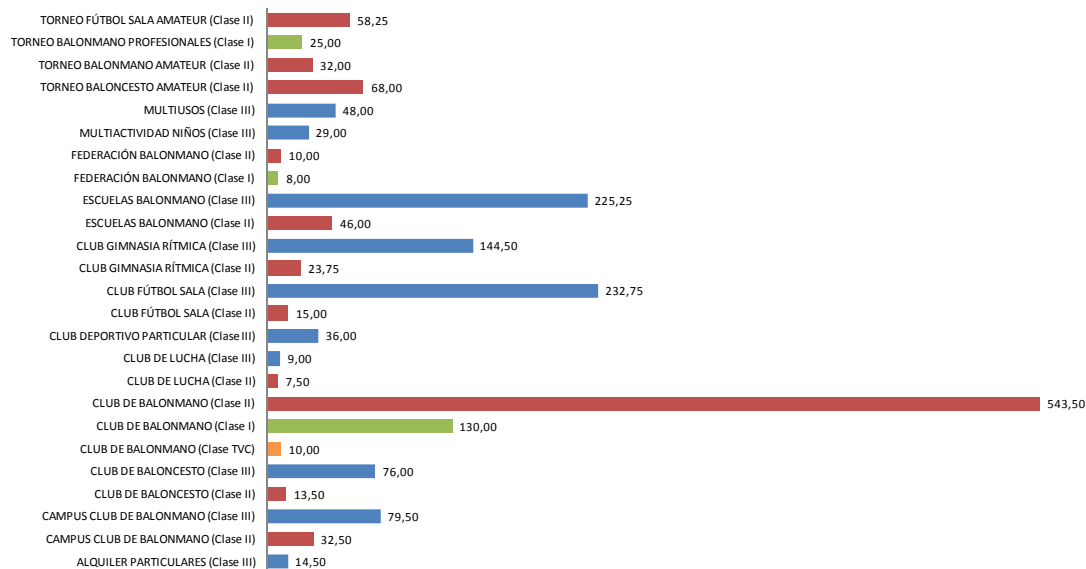
5.- Hábitos de uso de la Instalación.

Una vez finalizada la instalación de adecuación del alumbrado del pabellón y tras varios meses de uso, se notó que no se ajustaba la clase de alumbrado diseñada a la actividad que se realizaba en el mismo. Dado que no existía un único responsable del encendido del alumbrado, y pese a indicar la correspondencia entre clase de alumbrado y actividad en trípticos e instrucciones de encendido, se conectaba en cualquier situación el nivel de alumbrado más elevado (correspondiente a clase TVC).

Con el objetivo de analizar el gasto energético anual del sistema de iluminación diseñado, se recopilaron los datos correspondientes al uso de la instalación durante un año, añadiendo la previsión de horas de funcionamiento en clase TVC (previsión de retransmisiones por televisión).

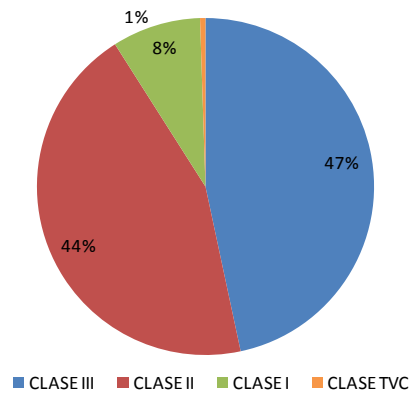
Agrupando las actividades similares, y clasificándolas según el nivel las necesidades de iluminación se obtuvieron las horas anuales de funcionamiento del sistema de iluminación (Figura 7).

Figura 7: Horas anuales de funcionamiento de la iluminación del pabellón para cada tipo de actividad y clase de alumbrado. Fuente: Elaboración propia.



En la Figura 8 se muestran las proporciones temporales de uso de los diferentes tipos de alumbrado diseñados. Se puede observar que los porcentajes elevados de uso corresponden a tipos de alumbrado clase II y clase III (91%), cuyos niveles de iluminación y potencia eléctrica conectada son muy inferiores a los que se estaban utilizando con los malos hábitos de uso.

Figura 8: Porcentaje de horas anuales de funcionamiento en función de la clase de alumbrado. Fuente: Elaboración propia.



En el 99% del tiempo de utilización de la iluminación del pabellón las necesidades luminotécnicas estaban por debajo de los niveles de iluminación utilizados con los malos hábitos de uso. Esta situación permite vislumbrar que el ahorro energético que se alcanzaría corrigiendo éstos malos hábitos sería elevado.

6.- Contabilidad Energética según Hábitos de Uso.

A continuación se realiza un análisis comparativo, evaluando el coste energético anual y su repercusión al medio ambiente, entre el funcionamiento de la instalación con los hábitos energéticamente inadecuados que se producían por los diferentes tipos de usuarios de la misma, frente a un uso energéticamente eficiente basado en unas pautas de comportamiento y unas medidas físicas de control de la instalación, demostrando el alto porcentaje de ahorro alcanzado con acciones tan simples.

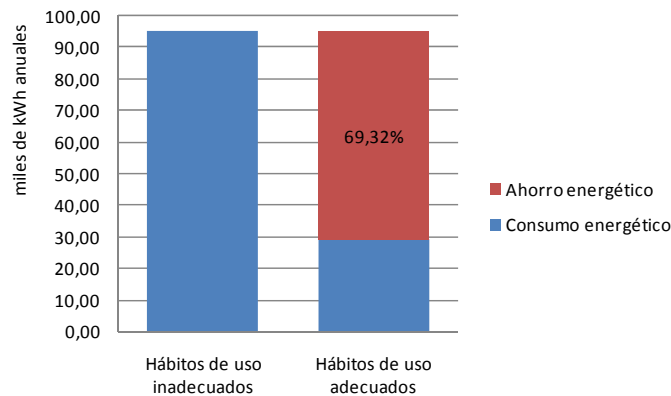
Considerando las horas de funcionamiento y el número de proyectores conectados en cada una de las clases de alumbrado, en la Tabla 8 se muestra la energía eléctrica consumida anualmente para cada una de las situaciones planteadas.

Tabla 8: Contabilidad energética anual según hábitos de uso.

| Clases de Encendidos | Tiempo (horas) | Nº proyect. | kW | kWh anuales |
|-----------------------------------|----------------|-------------|--------------|-----------------|
| HÁBITOS DE USO ADECUADOS | | | | |
| <i>CLASE III</i> | <i>894,50</i> | <i>6</i> | <i>6,47</i> | <i>5785,63</i> |
| <i>CLASE II</i> | <i>850,00</i> | <i>20</i> | <i>21,56</i> | <i>18326,00</i> |
| <i>CLASE I</i> | <i>163,00</i> | <i>26</i> | <i>28,03</i> | <i>4568,56</i> |
| <i>CLASE TVC</i> | <i>10,00</i> | <i>46</i> | <i>49,59</i> | <i>495,88</i> |
| TOTAL | 1917,50 | | | 29176,07 |
| HÁBITOS DE USO INADECUADOS | | | | |
| <i>CLASE TVC</i> | <i>1917,50</i> | <i>46</i> | <i>49,59</i> | <i>95084,99</i> |
| TOTAL | 1917,50 | | | 95084,99 |

Tal y como se puede observar en la Figura 9, el ahorro energético que se lograría utilizando la clase de alumbrado adecuada a la actividad que se está realizando en el pabellón polideportivo, con respecto a los hábitos energéticamente inadecuados de utilizar siempre la clase de alumbrado más elevada, serían del 69,32%.

Figura 9: Consumo/Ahorro energético según hábitos de uso.
Fuente: Elaboración propia.



Según la propuesta de documento reconocido del IDAE sobre “Coeficientes de paso de emisiones de CO₂ y consumo de energía primaria para soluciones alternativas del RITE” (IDAE 2013), el coeficiente para energía eléctrica es de 0,399 kg CO₂/ kWh final. Por lo que, el ahorro energético logrado permitiría reducir en 26297,66 kg CO₂ las emisiones producidas por el consumo eléctrico de la iluminación del pabellón.

El ahorro económico dependerá de la tarifa eléctrica contratada en el mercado liberalizado. No obstante, con objeto de tener un valor aproximado del mismo, se considerará el precio medio neto de la energía eléctrica (kWh) para uso industrial para 2014 publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR 2014), que para España es de 0,101 €/kWh.

Considerando la energía consumida en ambas situaciones, el ahorro económico neto será de aproximadamente 6500 € anuales, que con la parte proporcional de los impuestos eléctricos rondarían los 7000 € anuales. Cifra bastante significativa teniendo en cuenta que la inversión necesaria para lograrla es nula, tan sólo inculcar y garantizar unas pautas de comportamiento energéticamente eficientes.

Éstas no solo producirían ahorros energéticos en el consumo eléctrico del sistema de iluminación, sino que permitirían reducir el número de horas de funcionamiento de gran parte de las luminarias, incrementando el ciclo de sustitución de las lámparas.

Analizando las luminarias por bloques de encendido, y considerando una vida media de las lámparas de 8000 horas (indicado por el fabricante), los años de vida de las mismas se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Comparativa duración ciclo de sustitución de lámparas.

| Luminaria | Hábitos de uso inadecuados | | Hábitos de uso adecuados | |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| | Situación inicial | Años vida | Situación final | Años vida |
| 3+3 (Clase III/Clase I/Clase TVC) | 1907,50 | 4,19 | 1057,50 | 7,57 |
| 10+10 (Clase II/Clase TVC) | 1907,50 | 4,19 | 850,00 | 9,41 |
| 10+10 (Clase TVC) | 1907,50 | 4,19 | 10,00 | 800,00 |

En el peor de los casos, aplicando unos hábitos de comportamiento energéticamente eficientes el ciclo de sustitución de las lámparas prácticamente se duplicaría.

Por otro lado, aunque en el pabellón polideportivo objeto del presente texto no existe sistema de climatización, la medida de ahorro energético planteada para el sistema de iluminación conllevaría un efecto cruzado, reduciendo la carga térmica en el interior del edificio con la consecuente reducción en el consumo eléctrico del sistema de climatización.

7.- Conclusiones.

A lo largo del presente texto se ha puesto de manifiesto que las medidas de ahorro energético que puedan alcanzar importantes ahorros energéticos, económicos y medio ambientales no tienen porque ser acciones complejas y con inversiones elevadas.

En el presente texto se ha demostrado mediante el caso real de un pabellón polideportivo que mediante acciones sencillas, basadas en inculcar unas correctas pautas de comportamiento, se pueden lograr ahorros energéticos superiores al 69% del consumo inicial.

En este tipo de instalaciones de alumbrado es primordial ajustar los niveles de iluminación a las necesidades de la actividad que se está desarrollando, evitando así el derroche energético que suele darse en este tipo de instalaciones. En casos extremos, en los que la formación energética al personal usuario de las instalaciones no fuera suficiente para garantizar unos hábitos de uso adecuados, éstos se podrían forzar mediante sistemas sencillos de accionamiento personalizados a cada usuario (llaves independientes para cada encendido, tarjetas codificadas para cada usuario, etc.).

No obstante, tal y como se ha comentado en varias ocasiones en el presente texto, el pilar fundamental sobre el que se debe sustentar la eficiencia energética es inculcar a los usuarios unos hábitos de comportamiento energéticamente eficientes, de modo que éstos se conviertan en los propios gestores energéticos de las instalaciones.

8.- Referencias.

- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2009). *Norma Española UNE 12193-2009: Iluminación. Iluminación de instalaciones deportivas*. Madrid. España.
- Consejo Superior de Deportes (CSD). *Políticas Públicas de Ordenación. Armonización Técnica. Normas NIDE*. [En línea]. Disponible en: <<http://www.csd.gob.es/csd/instalaciones/politicas-publicas-de-ordenacion/actuaciones-en-el-ambito-tecnico/1normasNIDE/>>.
- Consejo Superior de Deportes (CSD). (2013). *Norma reglamentaria NIDE BLM (Balonmano)*. Madrid. España.
- Escrivá, Escrivá, G. (2011). Basic actions to improve energy efficiency in commercial buildings in operation. *Energy and Buildings*, 43 (11), (3106-3111).
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2013). *Propuesta de documento reconocido "Coeficientes de paso de emisiones de CO₂ y consumo de energía primaria para soluciones alternativas del RITE"*. Madrid. España.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR). (2014). *Precio neto de la electricidad para uso doméstico y uso industrial*. [En línea] Disponible en: <http://www.minetur.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV_12.pdf>.
- Philips Ibérica, SAU. (2006). *Código técnico de la edificación y otras normas relacionadas con el alumbrado*. España.
- Unión Europea. Directiva 2006/32/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos. Diario Oficial de la Unión Europea, el 37 de abril de 2006.
- Unión Europea. Directiva 2012/27/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética. Diario Oficial de la Unión Europea, 14 de noviembre de 2012.