

aven

GUÍA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS MUNICIPIOS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA

PLAN DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA



PLAN DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

GUÍA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS MUNICIPIOS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA



PLAN DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

"Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en los Municipios de la Comunidad Valenciana"

La presente Guía de Ahorro y Eficiencia Energética ha sido editada por la Agencia Valenciana de la Energía y forma parte de una serie de publicaciones dirigidas a diferentes sectores, con el fin de que sirvan como instrumento para poder alcanzar los objetivos de ahorro energético propuestos en el "Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de la Comunidad Valenciana"

AVEN
Agencia Valenciana de la Energía
C/ Colón, 1-4ª
46004 VALENCIA

Tel.: 963427900
Fax: 963427901
www.aven.es
www.gva.es/aven

Diseño Gráfico: La Imprenta Comunicación Gráfica S.L.
Fotomecánica e Impresión: La Imprenta
Depósito Legal: V-1081-2003

PLAN DE AHORRO Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA

Guía de Ahorro y Eficiencia
Energética en los
Municipios de la
Comunidad Valenciana

En los últimos años, hemos podido constatar un notable crecimiento de los indicadores económicos de la Comunidad Valenciana que, en términos reales se ha traducido en una mayor actividad industrial, lo que ha supuesto la creación de nuevas industrias, establecimientos comerciales y un importante auge del sector turístico.

Paralelamente, esta evolución positiva de la economía ha permitido dotar a la sociedad de instalaciones y servicios públicos, tanto municipales como autonómicos, destinados a satisfacer la demanda de los ciudadanos con el fin de mejorar su nivel de confort y calidad de vida. Todo ello se ha conseguido con la incorporación de nuevos equipamientos, fundamentalmente en el área de iluminación y climatización, lo que conlleva un aumento importante del consumo energético.

En consecuencia, en términos energéticos este periodo se ha caracterizado por presentar fuertes crecimientos del consumo de energía en nuestra Comunidad.

Ante esta situación, la política energética que la Generalitat Valenciana está desarrollando se centra en dos direcciones; por un lado, se está actuando sobre la oferta, con el objetivo de aumentar la capacidad en la generación y las infraestructuras de transporte, tanto de electricidad como de gas natural. Y por otro lado, actuando sobre la demanda de energía por parte de los consumidores, tratando de optimizar los consumos energéticos.

A este respecto, surge la necesidad de llevar a cabo una política energética orientada al ahorro y la eficiencia energética acorde con el desarrollo sostenible, fomentando las inversiones encaminadas a una disminución de los costes energéticos y la reducción del impacto ambiental originado por el uso de la energía.

La promoción de la eficiencia energética en todos los sectores de actividad es una de las prioridades de la Agencia Valenciana de la Energía, con el firme objetivo de disminuir la intensidad energética en la Comunidad y actuar en la línea de los compromisos adquiridos, en relación a la disminución de gases de efecto invernadero y el desarrollo de fuentes de energía renovables.

Esta Guía pretende ser un manual de orientación para los gestores energéticos de los Ayuntamientos, de tal forma que sirva de herramienta para lograr una mejor y más responsable utilización de la energía en las dependencias municipales, aportando a su vez diferentes alternativas para la mejora de las instalaciones y dando a conocer las nuevas tecnologías que han surgido en el mercado.

Por lo tanto, los diferentes capítulos de la Guía engloban todos los campos donde una actuación decidida por parte de los gestores puede generar ahorro de energía, beneficios de índole económico y a su vez contribuir al sostenimiento de nuestro entorno natural y en definitiva, a una mayor calidad de vida para los ciudadanos.

Antonio Cejalvo Lapeña
Director de la Agencia Valenciana de la Energía

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción	13
1.1	Alcance	13
1.2	Objetivos	13
1.3	Actuaciones de Aven en Municipios y Edificios Públicos	14
2	Alumbrado Público	19
2.1	Introducción	19
2.1.1	Ahorro y Eficiencia en el Alumbrado Urbano	21
2.1.2	Eficiencia Energética	21
2.1.3	Gestión Residuos Sólidos Urbanos	21
2.1.4	Contaminación Luminosa	22
2.2	Magnitudes y Unidades en Iluminación	24
2.3	Elementos Constitutivos de Alumbrado Público	29
2.3.1	Luminarias	29
2.3.2	Lámparas	37
2.3.3	Sistemas de Arranque y Encendido	47
2.3.4	Corrección del factor de potencia	55
2.3.5	Equipos de Ahorro de Energía	56
2.4	Eficacia Energética en Iluminación Pública	61
2.5	Sistema de Gestión Centralizada	62
2.6	Mantenimiento	63
2.7	El Inventario de las Instalaciones	63
3	Normativa de Eficiencia Energética de los Edificios	71
3.1	Directiva Europea	71
3.1.1	Introducción	71
3.1.2	Directiva	71
3.2	Certificado de Eficiencia Energética	73
3.3	Marco Normativo para la Eficiencia Energética en los Edificios y sus Requisitos en Nuestro País	74
3.3.1	Calener	75

4 Edificios Públicos: Iluminación	77
4.1 Introducción	79
4.2 Tipo de Lámparas	80
4.2.1 Lámparas Incandescentes	80
4.2.2 Halógenas	82
4.2.3 Fluorescentes Compactas	85
4.2.4 Fluorescentes	88
4.2.5 Halogenuros Metálicos	71
4.3 Sistemas de Encendido y Apagado	93
4.3.1 Fluorescencia	93
4.3.2 Sistema de Corrección de Potencia	96
4.4 Luminarias	97
4.4.1 Sistema Óptico	98
4.4.2 Clasificación según el Tipo de Iluminación	102
4.4.3 Sistemas de Iluminación	103
4.4.4 Niveles de Iluminación Recomendados	104
4.5 Control de la Iluminación	105
4.5.1 Alumbrado en Dependencias Municipales	108
4.6 Alumbrado Ornamental	116
5 Edificios Públicos: Acondicionamiento Térmico	121
5.1 Condiciones Generales	121
5.2 Características Constructivas	123
5.2.1 Introducción	123
5.2.2 Ubicación y Orientación	123
5.2.3 Cerramientos: Fachadas y Cubiertas	127
5.2.4 Tipo de Carpintería, Acristalamiento y Protecciones Solares	133
5.3 Climatización	136
5.3.1 Introducción	136
5.3.2 Calefacción	137
5.3.3 Refrigeración	151
5.3.4 Ventilación	154
5.3.5 Uso de Energía Solar Térmica para A.C.S y Climatización de Piscinas	156
5.4 Recomendaciones de Uso Eficiente	160
5.4.1 Recomendaciones de carácter general	160
5.4.2 Climatización	160
6 Edificios Públicos: Otros Equipos	167
6.1 Equipos Ofimáticos	167
6.2 Motores y Bombas	171
6.3 Agua Caliente Sanitaria	179
6.4 Elementos de Transporte	182
7 Anexos	187
7.1 Diccionario	187
7.2 Bibliografía y Fuentes de Información	193

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de las Actuaciones de AVEN en el periodo 1999 - 2002.	16
Tabla 2: Clasificación de las Vías Públicas.	19
Tabla 3: Niveles de Iluminación Recomendados.	20
Tabla 4: Color de la Luz.	26
Tabla 5: Color de las Lámparas.	28
Tabla 6: Clasificación de Luminarias por el Grado de Protección Eléctrica.	31
Tabla 7: Grado de Protección Mecánica: contra objetos sólidos.	31
Tabla 8: Grado de Protección Mecánica: contra el agua.	31
Tabla 9 : Grado de Protección Mecánica: contra Impactos.	32
Tabla 10: Clasificación C.I.E. del año 1 965.	34
Tabla 11: Colores de la Incandescencia a Distintas Temperaturas.	37
Tabla 12: Tipos de Lámparas Incandescentes.	38
Tabla 13: Tipos de Lámparas Fluorescentes Compactas.	39
Tabla 14: Tipos de Lámparas de Vapor de Mercurio.	40
Tabla 15: Tipos de Lámparas de Luz Mezcla.	42
Tabla 16: Tipos de Lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión.	43
Tabla 17: Tipos de Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión.	45
Tabla 18: Intensidad y Tiempo de Conexión – Desconexión de las Lámparas.	46
Tabla 19: Consumos de Energía Eléctrica en Iluminación.	79
Tabla 20: Tipos de Lámparas para Iluminación.	80
Tabla 21: Lámparas Incandescentes.	81
Tabla 22: Tipos de Lámparas Halógenas.	82
Tabla 23: Características de Lámparas Halógenas.	84
Tabla 24: Equivalencia entre Lámparas LBC e Incandescentes.	85
Tabla 25: Lámparas Fluorescentes Compactas.	86
Tabla 26: Lámparas Fluorescentes.	90
Tabla 27: Lámparas de Halogenuros Metálicos.	92
Tabla 28: Lámparas Fluorescentes T8 ($\varnothing=26$).	95
Tabla 29: Fluorescentes de Elevado Flujo Luminoso.	95
Tabla 30: Datos de un Ejemplo Práctico.	96
Tabla 31: Capacidad necesaria para Compensar en Paralelo el factor de potencia.	97
Tabla 32: Reflectancia de los Materiales Especulares.	99
Tabla 33: Reflectancias de Materiales Reflectantes Dispersores.	100
Tabla 34: Reflectancias de Materiales con Reflexión Difusa.	100
Tabla 35: Tipo de Luminarias.	102
Tabla 36: Niveles de Iluminación.	104
Tabla 37: Parámetros de Iluminación Recomendados en Oficinas Colmena.	112

Tabla 38: Parámetros de Iluminación Recomendados en Oficinas Celda.	111
Tabla 39: Parámetros de Iluminación Recomendados en Oficinas Lobby.	113
Tabla 40: Parámetros de Iluminación Recomendados en Oficinas Reunión.	113
Tabla 41: Coeficientes de Reflexión de las Fachadas.	118
Tabla 42: Condiciones de Humedad Relativa Recomendadas.	121
Tabla 43: Temperaturas Recomendadas en Invierno dependiendo el Tipo de Local.	122
Tabla 44: Renovación Mínima de Aire	122
Tabla 45: Severidad Climática en Invierno.	124
Tabla 46: Severidad Climática en Verano.	124
Tabla 47: Zonas Climáticas de España.	125
Tabla 48: Zonas Climáticas de las Comarcas de Alicante.	125
Tabla 49: Zonas Climáticas de las Comarcas de Castellón.	126
Tabla 50: Zonas Climáticas de las Comarcas de Valencia.	126
Tabla 51: Coeficientes de Transmisión Térmica de los Principales Tipos de Ventanas.	134
Tabla 52: Tipos de Protecciones Solares.	135
Tabla 53: Protecciones Solares y Ahorros Estimados Asociados.	135
Tabla 54: Ocupación de un Edificio en los distintos Tipos de Local	136
Tabla 55: Clasificación de las Bombas de Calor en Función del Fluido.	139
Tabla 56: Condiciones de Trabajo en Función del Fluido.	140
Tabla 57: Características de los Fluidos más Utilizados en las Bombas de Calor.	140
Tabla 58: Clasificación por potencias de los Equipos de Bomba de Calor.	141
Tabla 59: Tipos de Acumuladores y sus Potencias Asociadas.	144
Tabla 60: Recomendaciones de Acumuladores en función de la Zona del Edificio.	145
Tabla 61: Características de la Combustión de los Combustibles.	147
Tabla 62: Índice de inquemados: Método de Bacharach.	148
Tabla 63: Emisión de Contaminantes Ambientales según el Tipo de Combustible.	150
Tabla 64: Nivel de Ventilación Recomendado.	155
Tabla 65: Aplicaciones de la Regulación de Velocidad según Tipo de Mecanismo.	174
Tabla 66: Régimen de Trabajo de la Bomba.	178

1 Introducción

aven

Agencia Valenciana
de la Energía

1 Introducción

Los avances conseguidos en el desarrollo global de las sociedades han provocado un incremento general en el consumo de energía que implica la necesidad de plantear cambios en el uso de la misma. La posición a la hora de utilizar las fuentes energéticas, debe implicar los conceptos de eficiencia y responsabilidad para que este desarrollo sea sostenible.

La optimización en el uso de la energía se ha convertido en la actualidad en un objetivo primordial en todos los ámbitos tanto sociales como empresariales. Este uso racional tiene como consecuencia fuertes implicaciones en los marcos ambientales, económicos, técnicos, etc.

Tomando como referencia las disposiciones del Protocolo de Kioto, el conjunto de políticas y medidas a adoptar pasan inevitablemente por el fomento de la eficiencia energética. Esta medida debe estar presente en las nuevas actuaciones adoptadas con el fin de obtener los resultados perseguidos.

Para aprovechar las oportunidades de eficiencia energética y de energías renovables es necesario realizar acciones en los puntos consumidores de energía, realizando una gestión particularizada para cada instalación de forma que se pueda optimizar las posibilidades de ahorro energético. Las prioridades energéticas de cada comunidad autónoma o municipio varían de acuerdo a su actividad y desarrollo económico, al impacto que el consumo de energía tiene en su economía y a los recursos energéticos de los que dispone.

La estrategia por parte de la Administración Pública para conseguir que los ciudadanos se sensibilicen y lleven acciones tendentes al uso racional de la energía es la de *predicar con el ejemplo*. Con esta finalidad se ha realizado esta Guía de Ahorro y Eficiencia Energética orientada a las Dependencias Municipales siendo una de las mejores formas de difusión de las oportunidades de ahorro de energía a considerar.

1.1 Alcance

La Guía de Eficiencia Energética está definida para las instalaciones municipales, considerando distintos apartados, pero fundamentalmente:

- Alumbrado Público.
- Servicios Generales de los Edificios de la Administración:
Iluminación, Climatización, etc..
- Otros Equipos en las Instalaciones Municipales: Motores, Bombas, etc..

1.2 Objetivos

Los objetivos de esta Guía más destacables son: la difusión del concepto de Eficiencia Energética, el Uso Racional de la Energía y por tanto la concienciación del personal usuario de las instalaciones pertenecientes a la Administración Pública para que actúen de acuerdo con las oportunidades de ahorro que se presentan en la actividad diaria.

1.3 Antecedentes: Actuaciones de Aven en Municipios y Edificios Públicos

El Gobierno Valenciano, consciente de la creciente preocupación por el medioambiente y en particular por las emisiones de CO₂, viene promoviendo actuaciones de ahorro energético en Edificios Públicos y en los Municipios de la Comunidad Valenciana a través de la Agencia Valenciana de Energía, siendo sus principales objetivos:

- Reducción del consumo de energía no renovable.
- Reducción de las emisiones atmosféricas.

Y las estrategias para alcanzar dichos objetivos son:

- Incrementar el uso de fuentes de energías renovables.
- Reducir el consumo energético manteniendo los niveles de producción, confort y movilidad de los ciudadanos y ciudadanas.

Para conseguir los objetivos antes descritos, en una primera fase se actuó sobre los propios edificios de la Generalitat Valenciana y de las Diputaciones Provinciales.

Para ello se realizaron asesorías energéticas, en las que se propuso y en la mayor parte se ejecutaron aquellas mejoras que desde el punto de vista energético y económico resultaron rentables.

De los edificios correspondientes a la Generalitat que fueron analizados, cabe destacar:

- Institutos de Bachillerato y Formación Profesional.
- Hogares y Residencias de la Tercera Edad.
- Oficinas Administrativas.

Y en lo que respecta a las Diputaciones Provinciales:

- Oficinas Administrativas.
- Hospitales.
- Parques de Bomberos.
- Almacenes.

La experiencia acumulada en esta fase, ha permitido acometer actuaciones de sensibilización y asesoramiento a los municipios de la Comunidad Valenciana. Para ello se firmó un Convenio Marco de colaboración con las Excelentísimas Diputaciones de la Comunidad.

En el marco de este convenio, la Diputación de Valencia y la de Alicante en colaboración con AVEN, han lanzado un Programa de Ahorro Energético en los Municipios.

En dicho Programa, los técnicos de AVEN realizan una labor de asesoramiento y control de las actuaciones planteadas en las auditorías energéticas que se realizan en cada municipio que se ha adherido a dichos Programas.

Programa de Ahorro Energético en municipios

El Programa siguió para su ejecución los siguientes pasos:

- En primer lugar se ha dividido las Provincias en zonas y después de redactar los pliegos de condiciones y una relación de precios unitarios se procedió a contratar, por parte de la Diputación con el asesoramiento de AVEN, con UTES (oficina técni-

- ca + instalador) cada una de las distintas zonas, con el objeto de que se analizaran todas las posibilidades de mejora energética de las instalaciones de los Municipios.
- Por parte de la Diputación Provincial se cerró un Convenio de Colaboración con el Banco de Crédito Local de España, S.A. para la financiación del Programa con intereses muy bajos y asequibles a las Corporaciones.
 - Finalmente se mantuvieron en la Diputación Provincial, reuniones con los Alcaldes y Técnicos Municipales de las zonas, presentando el programa.

Las actuaciones más importantes contempladas en los informes energéticos son:

En Edificios Públicos

- Sustitución de fuentes de luz por otras de mayor rendimiento luminoso.
- Sustitución de los sistemas de alumbrado por otros de mayor eficiencia.
- Sustitución de las calefacciones eléctricas por otras de mayor rendimiento energético, tales como gas, gasóleo, bombas de calor, acumuladores nocturnos, etc..
- Sustitución de los termos eléctricos para producción de agua caliente sanitaria, por placas solares o acumuladores nocturnos.
- Aislamiento de las tuberías de calefacción y agua caliente sanitaria, que se encuentran en muchos casos sin aislar.
- Instalación de placas solares, fotovoltaicas y molinetes eólicos para la producción de energía en algunos suministros cuyas necesidades lo hacen energéticamente rentables.
- Instalación de interruptores horarios y sensores para garantizar el funcionamiento de los alumbrados en los horarios y niveles de iluminación necesarios.
- Corrección del factor de potencia de las instalaciones.
- Estudio de la tarifa más conveniente.

Alumbrado Público

- Sustitución de las lámparas de incandescencia y vapor de mercurio de color corregido, por lámparas de igual ó mayor rendimiento luminoso como son las de bajo consumo y las de vapor de sodio de alta presión.
- Instalación de reguladores - estabilizadores de tensión.
- Instalación de reductores de flujo para disminuir los niveles luminosos a partir de una hora en la que el tráfico peatonal rodado decrece sensiblemente.
- Corrección del factor de potencia.
- Sustitución de los sistemas de encendido y apagado en aquellos supuestos cuyo funcionamiento no es deseable.
- Estudio de la tarifa más conveniente.

Organigrama de Actuaciones de AVEN



1999 - 2002		Actuaciones	Ahorro previsto KWh	Ahorro previsto €
VALENCIA	Convenio Diputación - AVEN	126	15.029.348	2.092.148
	Asesorías Propias			
	Edificios	13	270.826	52.062
	TOTAL VALENCIA	139	15.300.174	2.144.210
ALICANTE	Convenio Diputación - AVEN	62 (Adheridos)	Fase de preinformes	
	Asesorías Propias			
	Edificios	31	407.447	161.871
	Pueblos	11	2.569.134	524.795
TOTAL ALICANTE	42	2.976.581	686.666	
CASTELLÓN	Asesorías Propias			
	Edificios	7	299.163	47.576
	Pueblos	3	63.564	14.908
	TOTAL CASTELLÓN	10	362.727	62.484
TOTAL COMUNIDAD VALENCIANA		191	18.639.482	2.893.360

Tabla 1: Resultados de las Actuaciones de AVEN en el periodo 1999 - 2002

2 Alumbrado Público

aven

Agencia Valenciana
de la Energía

2 Alumbrado Público

2.1 Introducción

El aumento de la eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado, va a tener siempre como límite aquellos reglamentos y normas que establecen los valores máximos y mínimos de iluminación. Así, antes de acometer cualquier cambio, deberemos contar con la seguridad de no violar dichos valores. A modo de orientación, se expone a continuación en la Tabla 2 ciertos valores básicos a cumplir por cualquier instalación de alumbrado público.

Clase de Vía	Tipo de densidad del tráfico (*)	Tipo de Vía	Ejemplos	
Tráfico Motorizado	A	Tráfico motorizado denso y de alta velocidad	Vías con calzadas separadas, libres de cruces a nivel y accesos totalmente controlados	Autopistas Autovías
	B		Vías importantes para tráfico motorizado sólo pudiendo tener calzadas separadas para vehículos lentos y/o para peatones	Carreteras nacionales Carreteras principales Cinturones de circunvalación Carreteras radiales
	C	Tráfico motorizado denso de velocidad moderada (**) o Tráfico mixto denso de velocidad moderada y de alta velocidad	Vías públicas importantes para todo uso, rurales o urbanas	
Tráfico Mixto	D	Tráfico mixto denso del cual la mayor parte es tráfico lento o de peatones	Vías públicas urbanas o de centros comerciales. Todas las vías con tráfico mixto denso y lento o gran circulación de peatones	Carreteras, Calles comerciales, Calles industriales, etc.
	E	Tráfico mixto de velocidad limitada y densidad moderada	Vías de unión de zonas residenciales con la red general de vías de las clases de la A a la D.	Carreteras de unión Calles locales, etc.

(*) En los casos en los que el trazado de la vía es de un nivel inferior al de las vías del mismo tipo y densidad de tráfico, se aconseja instalar un sistema de iluminación de calidad superior a la recomendada. En el caso inverso en que el trazado es superior para el tipo y densidad de tráfico que se espera, está justificado económicamente el bajar la calidad del sistema de iluminación.

(**) Límite de velocidad a 70 km/h aproximadamente.

Tabla 2: Clasificación de las Vías Públicas

El conocimiento y la información sobre el límite de los recursos energéticos y las consecuencias negativas sobre el ambiente del uso abusivo e indiscriminado de la energía, han dado lugar a una profunda inquietud en el seno de la sociedad, poniendo en evidencia la necesidad de consumir de forma sostenible.

Por otra parte, esta misma sociedad no está dispuesta a renunciar a los logros adquiridos, progreso, bienestar, etc. o en definitiva "calidad de vida" derivados del mismo consumo energético que debemos limitar.

La única forma de hacer compatibles estas dos propuestas en principio es la optimización o perfeccionamiento en cuanto a eficiencia energética se refiere, de todos aquellos sistemas y dispositivos que convierten la energía en "calidad de vida".

Clases de Vía	Zonas Próximas	Nivel de Luminancia (*)	Uniformidad		Limitación del Deslumbramiento	
		Luminancia Media de la Calzada en Servicio L (cd/m ²)	Uniformidad Global U ^o	Uniformidad Longitudinal U _l	Índice de Control de Deslumbramiento G	Incremento del Umbral IU (%)
A	Cualesquiera	2	0,4	0,7	6	10 (**)
B	1 Claras	2	0,4	0,7	5	10
	2 Oscuras	1			6	10 (**)
C	1 Claras	2	0,4	0,5	5	20 (**)
	2 Oscuras	1			6	10
D	Claras	2	0,4	0,5	4	20
E	1 Claras	1	0,4	0,5	4	20
	2 Oscuras	0,5			5	20 (**)

(*) La luminancia recomendada es la luminancia en servicio de la calzada. A fin de mantener dicho nivel debe considerarse un factor de depreciación no mayor que 0,8 dependiendo del tipo de luminaria y del grado de contaminación del aire. Para más detalles véase la publicación CIE nº33 "Depreciación y mantenimiento de instalaciones de alumbrado público".

(**) En vista de la poca experiencia que se tiene respecto a la aplicación del concepto incremento del umbral es preferible no llegar a valores que sean superiores a 0,7 veces al valor de la tabla.

Tabla 3: Niveles de Iluminación Recomendados.

2.1.1 Ahorro y Eficiencia en el Alumbrado Urbano

La iluminación urbana es una de las principales preocupaciones para los Ayuntamientos, y esto, en dos vertientes: la económica y la calidad de vida.

Evidentemente, los Ayuntamientos quieren ofrecer a sus ciudadanos las mejores condiciones de vida posibles, y uno de los medios para conseguirlo es un nivel de iluminación tal que permita el desarrollo normal de las actividades cotidianas. El problema es el coste que para los Ayuntamientos representa la partida de la iluminación urbana, que lleva a buscar medios para conseguir el máximo ahorro mediante métodos como:

- Desconexión de líneas en zonas poco pobladas o pobladas estacionalmente.
- Encendido de uno de cada dos puntos de luz duplicando las líneas de suministro.

Los efectos indeseados de estas y otras medidas son desequilibrios en la red trifásica, aparición de "puntos oscuros" donde la lámpara no está encendida, disparo intempestivo de protecciones, etc. Además, las variaciones en las tensiones de línea pueden ser lo suficientemente importantes como para producir la extinción del arco por bajadas de tensión en lámparas agotadas, o un sobreconsumo por aumento de la tensión de alimentación. Estos dos puntos repercuten negativamente en la vida de la lámpara y en la energía facturada.

2.1.2 Eficiencia Energética

Los tres pilares fundamentales para la óptima calidad del servicio de alumbrado público son:

- 1) **Planteamiento del proyecto inicial**, ajustado a la realidad de la utilización (niveles lumínicos, tipo de funcionamiento), introduciendo los elementos de calidad (fuentes de luz, luminarias, etc.) y las tecnologías más adecuadas (elementos de control y equipos asociados) para la optimización global.
- 2) **Gestión continuada** de las instalaciones, realizando un seguimiento constante de los parámetros eléctricos, lumínicos y de seguridad de la instalación e incorporando el mantenimiento preventivo como elemento definitorio posterior del índice de la calidad del servicio.
- 3) **La difusión y participación** entre los responsables públicos y los ciudadanos; participación de manera activa en la definición, decisión y cuidado de esa parte del "bienestar diario del municipio".

2.1.3 Gestión Residuos Sólidos Urbanos

Las instalaciones de alumbrado, dentro de su ciclo de vida y en cada una de sus fases, generan residuos que afectan en mayor o menor medida al medioambiente. Pero sin duda alguna, el principal problema ambiental del alumbrado se presenta en la fase de explotación y derribo, y viene dado por el abandono incontrolado de los subproductos que dejan de ser útiles. Así

los subproductos que más se desechan en alumbrado público son las lámparas de descarga, las cuales se han de considerar como residuos especiales que requieren una gestión específica, desde la recogida, el transporte y el tratamiento, hasta la deposición.

Aunque el uso de lámparas de descarga representa un paso importante para el ahorro energético, la tecnología empleada en estas lámparas obliga a utilizar elementos químicos de gran toxicidad, en pequeñas cantidades de mercurio, plomo, estroncio, europio o itrio, que son algunos de los elementos presentes en las lámparas de descarga. Sus efectos ambientales no son significativos en el ámbito individual, pero sí que los son por el volumen global a considerar y por las acciones acumulativas sobre el medio.

Las lámparas de descarga presentan globalmente, cuatro características básicas:

- Un contenido importante en sustancias tóxicas en pequeñas cantidades por lámpara.
- Un consumo cada vez mayor de lámparas, sobre todo en el ámbito industrial.
- Las características propias de las lámparas que las hacen frágiles a maniobras de transporte o almacenaje.
- La gran dispersión del consumo.

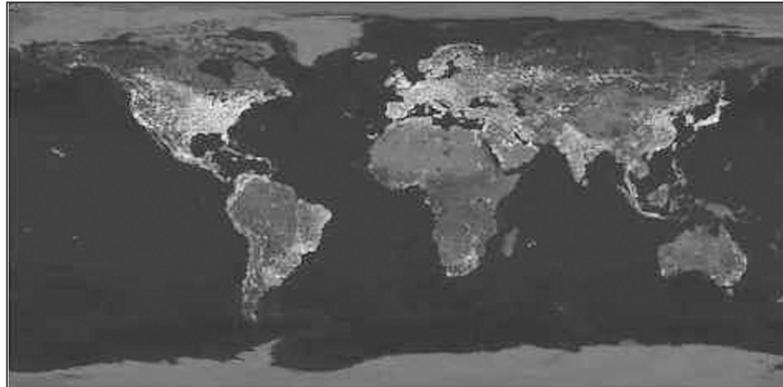
La solución al problema, pasa por establecer una eliminación controlada, respetuosa con el medio ambiente sin olvidar la importancia de diseñar nuevos productos reduciendo la gran cantidad de elementos tóxicos, alargando su vida útil y facilitando su reutilización y reciclado.

La Legislación Ambiental Europea contempla en las Directivas 91/156/CE y 91/686/CE el concepto de Gestión del Residuo, que engloba todos aquellos procesos a que se somete un residuo. En el caso de las lámparas de descarga supondrá aplicar la recogida selectiva y los tratamientos adecuados.

2.1.4 Contaminación Luminosa

La polución lumínica es una consecuencia directa del crecimiento que ha experimentado el alumbrado exterior en los países desarrollados. Las primeras voces de alarma aparecieron a principios de los años 80.

En las zonas urbanas, y en algunos casos en las rurales y aisladas, el resplandor nocturno, impide ver las estrellas y otros astros. Es el fenómeno conocido como contaminación lumínica producida por la difusión de la luz artificial.



Aspecto de la Tierra

Los efectos de la contaminación lumínica se pueden dividir en:

- Efectos sobre el hábitat animal y vegetal.
- Efectos energéticos.
- Efectos en las actividades humanas.
- Efectos sobre el paisaje y la noche.

En cuanto al primer efecto, podemos comentar que son muchos los animales y plantas que comienzan su actividad después de la puesta de sol. En el hábitat nocturno, la vida durante la noche, está especialmente adaptada a la oscuridad, en el que muchas especies han desarrollado complejos mecanismos para adaptarse a la oscuridad, por lo que los animales nocturnos no encuentran su espacio, disminuyendo su población.

El alumbrado nocturno también tiene un efecto en la fisiología y ecosistema de las plantas. Los efectos de la luz artificial en las cosechas o cultivos como el arroz son conocidos. Se ha demostrado que la formación del grano de arroz se ve retrasado en zonas con influencia de alumbrado artificial.

La contaminación luminosa, repercute directamente sobre el consumo de la energía eléctrica. La luz que se dispersa hacia el cielo implica un consumo de energía innecesario. Esta energía que se pierde, representa un despilfarro económico y a su vez energético.

Los efectos sobre la observación astronómica son importantes, produciendo la contaminación un brillo del fondo natural del cielo, que disminuye el contraste e impide ver los objetos con un brillo similar o inferior al del fondo.

Otro efecto molesto sobre los ciudadanos es el ocasionado por la luz procedente del alumbrado que penetra en el interior de las viviendas a través de las ventanas. Esta intrusión lumínica afecta la privacidad y el descanso de los ciudadanos.

Así, la contaminación lumínica total es la suma del flujo directo que se emite sobre la horizontal, el flujo que se refleja en el pavimento y paredes y el flujo que se refracta en las partículas de aire y la contaminación.

2.2 Magnitudes y Unidades en Iluminación

Flujo Luminoso (f)

Se define como el caudal de radiación de una fuente luminosa en la unidad de tiempo. Si utilizáramos el lenguaje de las unidades de la mecánica, podría decirse que es una unidad de "potencia luminosa". Su formulación, teniendo en cuenta que f es el Flujo Luminoso definido, Q la cantidad de luz o radiación visible y t el tiempo durante el que se mantiene dicha radiación, es la que sigue:

$$f = Q / t$$

Su unidad es el lumen, se representa por lm . y tiene una definición práctica como el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido de un estereorradián por una intensidad luminosa de una candela. Por este motivo el Flujo Luminoso también responde a la siguiente fórmula:

$$f = I \cdot w$$

Siendo f el Flujo definido en lúmenes (lm), w el ángulo sólido en estereorradianes (st) e I la intensidad luminosa en candelas (cd).

Eficacia Luminosa

En esta magnitud se engloban dos posibles definiciones:

Eficacia luminosa de la radiación, es la relación entre el flujo luminoso y el flujo radiante.

Eficacia luminosa de la fuente de luz es la relación entre el flujo luminoso y la potencia absorbida por la fuente.

Su unidad de medida es el lumen por vatio (lm/W).

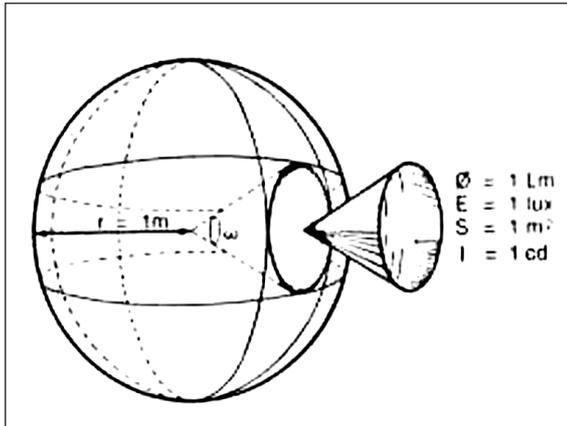
Esta magnitud es también conocida como rendimiento luminoso y es la que se emplea, en la práctica, para definir la eficacia de una determinada fuente de luz.

Intensidad Luminosa

Se define como la relación entre el flujo emitido por una fuente luminosa y el ángulo sólido en el que se emite.

$$I = f / w$$

Siendo I la Intensidad Luminosa, f el Flujo Luminoso en lúmenes (lm) y w el ángulo sólido en estereorradianes (st).



Su unidad se llama candela, se representa con cd, excepcionalmente por lm/st. Atendiendo a la fórmula se definiría candela como el flujo de un lumen emitido en un estereorradián.

Existe además una definición práctica o empírica que reza lo siguiente: La candela es la intensidad luminosa emitida por 1/60 de cm² de cuerpo negro o radiador perfecto a 2043 K o 1.770 °C. Temperatura que coincide precisamente con la de fusión del platino.

Intensidad Luminosa

Iluminancia (E)

Bajo esta denominación se esconde uno de los conceptos más importantes de la práctica del alumbrado. Se puede definir como la relación o cociente entre el flujo luminoso emitido por una fuente y la superficie sobre la que incide.

$$E = f / S$$

Siendo f el flujo luminoso existente en lúmenes (lm) y S la superficie a iluminar en m². Por lo tanto las exigencias de Iluminancia serán siempre uno de los parámetros más significativos de la bondad o idoneidad del acondicionamiento lumínico en un determinado local.

Su unidad es el lux o lm/m² y se puede medir con un aparato electrónico llamado luxómetro, que consiste en un sensor o célula fotoeléctrica cuya variación de resistencia es consecuencia del nivel de iluminación recibido, variación que se refleja en un medidor analógico de aguja o numérico digital.

En la Tabla 4 se representan los efectos anímicos según la iluminancia y la apariencia de color.



Luxómetro

Para hacernos una idea sobre lo que representan los valores de la iluminancia, se puede decir que el sol del mediodía despejado produce un nivel de iluminación sobre el suelo del orden de los 100 000 lux, que en un día nublado este valor puede ser de 32 000 lux y que en el interior

Iluminancia (lux)	Apariencia del Color de la Luz		
	Cálida	Intermedia	Fría
$E < 500$	Agradable	Neutra	Fría
$500 < E < 3000$	Estimulante	Agradable	Neutra
$E \geq 3000$	Antinatural	Estimulante	Agradable

Tabla 4: Color de la Luz.

de una vivienda cualquiera junto a las ventanas suele estar en torno a los 1 000 lux. La confortabilidad visual no depende exclusivamente de la Iluminancia y por tanto no se puede afirmar de modo absoluto que un aumento del nivel de iluminación mejore linealmente la capacidad de la visión, ya que influye decisivamente el color de la radiación luminosa.

Luminancia (L)

Sin vínculo directo con la Iluminancia, se podría definir como la relación entre la Intensidad Luminosa emitida desde una superficie, en una dirección que forma un ángulo α sobre la ortogonal de dicha superficie y su proyección con idéntico ángulo.

$$L = I_{\alpha} / S \cdot \cos\alpha$$

Siendo I_{α} la intensidad luminosa en la dirección dada en candelas (cd), α el ángulo respecto a la ortogonal y S la superficie en m^2 que recibe una intensidad luminosa I.

La unidad es la candela por metro cuadrado (cd/m^2), lo que equivale a una superficie que emite 1 candela en 1 m^2 de superficie proyectada.

El aparato de medida se llama luminancímetro y no es otra cosa que un sistema de célula foto-eléctrica pero que recoge exactamente la radiación luminosa de una determinada superficie y que la plasma de forma digital o analógica.

Vistas las definiciones anteriores podemos deducir claramente la diferencia conceptual entre Luminancia e Iluminancia. La primera se refiere siempre a la radiación luminosa que emite un objeto o superficie por reflexión de la que incide sobre él, mientras la segunda se concreta en la radiación luminosa que recibe ese mismo objeto o superficie sin tener en cuenta el comportamiento de la luz sobre dicho objeto.

Cantidad de Luz o Energía Luminosa

Partiendo de la fórmula inicial del Flujo Luminoso, podremos despejar la Cantidad de luz Q para definirla como el flujo luminoso por el tiempo que permanece su acción.

$$Q = f \cdot t$$

Siendo f el flujo en lm y t el tiempo en segundos.

Vida o Duración

La lámpara eléctrica como cualquier otro bien material está sometido a un envejecimiento que incide directamente en la reducción progresiva de su flujo y con él su Eficacia Luminosa. Con motivo de esta realidad surgen dos definiciones representativas de su comportamiento.

Por un lado lo que la C.I.E. (Comité Internacional de l'Eclairage) llama Vida Media, que representa el número de horas de encendido que coincide con la inutilización del 50 % de las lámparas en uso, o dicho de otro modo, la media aritmética de las horas de duración. Este concepto dado en horas, es el que normalmente exhiben los fabricantes como característica de gran importancia.

Pero como existen lámparas cuyo deterioro es más paulatino que brusco, se debe propiciar otra forma de medición. En este sentido se llama Vida Útil o Vida Económica al período de tiempo de funcionamiento expresado también en horas, durante el cual el flujo de la lámpara no desciende por debajo del 70 % de su valor nominal, equiparable en ocasiones al tiempo en que la mortandad no supere el 20 %.

Naturalmente este último concepto es mucho más preciso para realizar cualquier cálculo de iluminación, ya que acota a un valor mínimo la depreciación de la eficacia luminosa de una lámpara, a partir del cual la escasez de iluminación va a incidir negativamente sobre la actividad a la que sirve. En ese momento resultará siempre más rentable su renovación que esperar, como erróneamente se hace, a su total agotamiento.

Color

El color es uno de los componentes fundamentales de la expresión arquitectónica, que lamentablemente no suele estar lo suficientemente valorada. Su influencia en nuestro psiquismo es tan acusada como variada. Con su sola acción se pueden provocar en un determinado ambiente sensaciones múltiples, con calificativos de agradable o desagradable, caliente o frío, excitante o relajante, dinámico o estático, alegre o triste, jovial o serio, masculino o femenino, y probablemente bastantes más

Este condicionante tan trascendental tiene su origen en la conjunción física de tres percepciones visuales: Tono, Luminancia y Saturación. Cada una de ellas con su definición y características específicas.

El Tono, también llamado Matiz es el definido por una frecuencia concreta del espectro visible. Es decir, que hablar de rojo, verde, amarillo verdoso, o cualquier otro sustantivo es hablar de los Tonos. Sus longitudes de onda son las conocidas desde las 380 nm a las 780 nm.

La Luminancia, en clara alusión al concepto que encierra, se la conoce también como Brillo, Brillantez, Claridad e incluso Intensidad, definiendo con ella la radiación luminosa que recibimos según la Luminancia que posea el objeto coloreado. Una Luminancia máxima equivale siempre al blanco ya que se pierde la sensación de color, la mínima o nula al negro y los valores intermedios propician la "mejor o peor" percepción del color.

La Saturación, conocida igualmente por Cromacidad o Pureza, es el valor que nos indica las posibles impurezas del color por pérdida de sus atributos cromáticos. En otras palabras, la saturación es máxima cuando el color corresponde a uno cualquiera del espectro de la luz natural señalada por su Tono, mientras la Cromacidad nula es la correspondiente a la ausencia de color representada por un gris con la misma Luminancia que a plena Saturación.

Los valores intermedios corresponden a la pérdida paulatina del color a medida que los grises toman preponderancia, en todos los casos manteniendo idéntica Luminancia.

Existen otros parámetros relacionados con el color, tales como la Temperatura de Color aparente y el Índice de Rendimiento del Color que una vez analizados, permiten establecer Grupos de Rendimiento de Color en las Lámparas.

La experiencia muestra unas preferencias en el empleo de los colores de las lámparas, dependiendo del uso del local a iluminar.

Tipo de Local o Actividad	Color de las Lámparas		
	Frío	Neutro	Cálido
Aulas o salas de lectura			
Polideportivos, gimnasios			
Garajes			
Imprenta			
Industria en general			
Industria textil			
Museos o galerías de arte			
Oficinas			
Restaurantes			
Salas de reuniones			
Viviendas			
Fachadas de edificios			
Fachadas clásicas			

Tabla 5: Color de las Lámparas.

En general la luz fría debe emplearse cuando se desea destacar los colores fríos como son los azules, mientras que en el extremo contrario está la luz cálida que produce una potenciación de los colores cálidos como los rojos, anaranjados o amarillos. Una mezcla de ambos provocaría un ensalzamiento de todo el espectro.

2.3 Elementos Constitutivos de Alumbrado Público

Para poder conseguir mejoras en las instalaciones de alumbrado público es necesario tener en cuenta los elementos que las forman, para así poder actuar sobre ellos. Las instalaciones de alumbrado público están formadas por:

2.3.1 Luminarias

Se define luminaria, según la Norma UNE-EN 60598-1, como aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.



Luminaria

Las luminarias son necesarias para aumentar la superficie aparente de emisión, evitando molestias visuales (deslumbramientos); y por otra parte, es necesario apantallar las lámparas para protegerlas de los agentes exteriores, que les hacen más vulnerables al ataque de los factores ambientales como la lluvia, polución, salinidad, temperaturas extremas, viento, etc. y para que dirijan el flujo en la forma más adecuada a la tarea visual.

Los elementos genéricos más importantes de una luminaria son: la carcasa o armadura, el equipo eléctrico, el reflector, la celosía o difusor y el filtro. Todos ellos definen, al mismo tiempo, otras tantas clasificaciones que veremos posteriormente.

Los elementos genéricos más importantes de una luminaria son: la carcasa o armadura, el equipo eléctrico, el reflector, la celosía o difusor y el filtro. Todos ellos definen, al mismo tiempo, otras tantas clasificaciones que veremos posteriormente.

1. Armadura o Carcasa: Es el elemento físico mínimo que sirve de soporte y delimita el volumen de la luminaria conteniendo todos sus elementos. Por este concepto pueden distinguirse varios tipos:

- Para interiores o exteriores.
- De superficie o empotradas.
- Suspendidas o de carril.
- De pared, para brazo o sobre columna.
- Abierta, cerrada o estanca.
- Para ambientes normales o de riesgo (de corrosión o explosión).

2. Equipo Eléctrico: Sería el adecuado a los distintos tipos de fuentes de luz artificial y en función de la siguiente clasificación:
 - Incandescentes normales sin elementos auxiliares.
 - Halógenas de alto voltaje a la tensión normal de la red, o de bajo voltaje con transformador o fuente electrónica.
 - Fluorescentes: con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.
 - De descarga: con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.

3. Reflectores: Son determinadas superficies en el interior de la luminaria que modelan la forma y dirección del flujo de la lámpara. En función de cómo se emita la radiación luminosa pueden ser:
 - Simétrico (con uno o dos ejes) o asimétrico.
 - Concentrador (haz estrecho menor de 20°) o difusor (haz ancho entre 20 y 40°; haz muy ancho mayor de 40°).
 - Especular (con escasa dispersión luminosa) o no especular (con dispersión de flujo).
 - Frío (con reflector dicróico) o normal.

4. Difusores: Elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa. Los tipos más usuales son:
 - Opal liso (blanca) o prismática (metacrilato traslúcido).
 - Lamas o reticular (con influencia directa sobre el ángulo de apantallamiento).
 - Especular o no especular (con propiedades similares a los reflectores).

5. Filtros: En posible combinación con los difusores sirven para potenciar o mitigar determinadas características de la radiación luminosa.

Las luminarias se pueden clasificar como hemos visto de multitud de formas, aunque la más normal es la utilización de los criterios: ópticos, mecánicos y eléctricos.

Clasificación de Luminarias por el Grado de Protección Eléctrica

Las luminarias deben asegurar la protección de las personas contra los contactos eléctricos. Según el grado de aislamiento eléctrico, las luminarias pueden clasificarse como:

Clase	Descripción
Clase 0	Luminaria con aislamiento funcional, pero sin aislamiento doble ni reforzado en su totalidad y sin conexión a tierra
Clase I	Luminaria con al menos aislamiento funcional en su totalidad y con el terminal o contacto de conexión a tierra
Clase II	Luminaria con aislamiento doble y/o aislamiento reforzado en su totalidad y sin provisión para descarga a tierra
Clase III	Luminaria diseñada para ser conectada a circuitos de voltaje extra-bajo, y que no tiene circuitos, ni internos ni externos, que operen a un voltaje que no sea el extra-bajo de seguridad

Tabla 6: Clasificación de Luminarias por el Grado de Protección Eléctrica.

Clasificación Mecánica de las Luminarias

El sistema IP (Protección Internacional–Internacional Protección) fijado por la UNE-EN 60598 clasifica las luminarias de acuerdo con el grado de protección que poseen contra el ingreso de cuerpos extraños, polvo y humedad. El término cuerpos extraños incluye aquellos elementos, herramientas y dedos que entran en contacto con las partes que llevan energía, y se representa por las siglas IP seguida de 3 números.

Primer Número Característico	Breve Descripción
0	No protegida
1	Protegida contra objetos sólidos mayores de 50 mm
2	Protegida contra objetos sólidos mayores de 12,5 mm
3	Protegida contra objetos sólidos mayores de 2,5 mm
4	Protegida contra objetos sólidos mayores de 1 mm
5	Protegida contra el polvo
6	Hermética al polvo

Tabla 7: Grado de Protección mecánica: contra objetos Sólidos.

Segundo Número Característico	Breve Descripción
0	No protegida
1	Protegida contra gotas de agua en caída vertical
2	Protegida contra caída de agua verticales con una inclinación máxima de 15° de la envolvente
3	Protegida contra el agua en forma de lluvia fina formando 60° con la vertical como máximo
4	Protegida contra proyecciones de agua en todas las direcciones
5	Protegida contra chorros de agua en todas las direcciones
6	Protegida contra fuertes chorros de agua en todas las direcciones
7	Protegida contra efectos de inmersión temporal en agua
8	Protegida contra la inmersión continua en agua

Tabla 8: Grado de Protección mecánica: contra el agua.

El primero indica el Grado de Protección contra objetos sólidos, el segundo contra el agua y el tercero contra impactos mecánicos. Aunque este último se suele sustituir por otro código IK como veremos más adelante.

Ejemplos de luminarias con estas la clasificación mecánica: IP00, IP10, IP20, IP43, IP54, IP55, IP65.

La tercera cifra del código hace referencia a ensayos mecánicos a choque. En la siguiente tabla se indican las cifras características con una breve descripción.

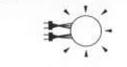
En lugar de esta tercera cifra, también es de aplicación la Norma EN-50102 sobre "Grados de Protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos (código IK)".

Tercer Número Característico	Breve Descripción
0	Ninguna protección
1	Protección contra un impacto de 0,225 Julios de energía
3	Protección contra un impacto de 0,5 Julios de energía
5	Protección contra un impacto de 2,0 Julios de energía
7	Protección contra un impacto de 6,0 Julios de energía
9	Protección contra un impacto de 20,0 Julios de energía

Tabla 9: Grado de Protección mecánica: contra impactos.

En dicha norma, el grado de protección proporcionado por una envolvente contra los impactos se indica mediante el código IK seguido de 2 números.

Ejemplo de un importante fabricante de luminarias, en su catálogo comercial.

GRADOS IP		GRADOS IK	
Grados de protección proporcionados por las envolventes. Definidos en la UNE 20324-93 (Versión española EN 60529:91)		Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos. Definidos en la UNE-EN 50102 (Versión española EN 50102)	
PRIMERA CIFRA	SEGUNDA CIFRA		
Protección contra cuerpos sólidos	Protección contra cuerpos líquidos		
0 Sin protección.	0 Sin protección.	0 Sin protección.	
1 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm (ej.: contactos involuntarios de la mano). 	1 Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua (condensación). 	01 Energía de choque: 0,150 Julios. 	
2 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm (ej.: dedos de la mano). 	2 Protegido contra las caídas verticales de agua hasta 15° de la vertical. 	02 Energía de choque: 0,200 Julios. 	
3 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm (ej.: herramientas, cables, ...). 	3 Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical. 	03 Energía de choque: 0,350 Julios. 	
4 Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm (ej.: herramientas finas, pequeños cables, ...). 	4 Protegido contra las proyecciones de agua en todas direcciones. 	04 Energía de choque: 0,500 Julios. 	
5 Protegido contra el polvo (sin sedimentos perjudiciales). 	5 Protegido contra el lanzamiento de agua en todas direcciones. 	05 Energía de choque: 0,700 Julios. 	
6 Totalmente protegidos contra el polvo. 	6 Protegido contra el lanzamiento de agua similar a los golpes del mar. 	06 Energía de choque: 1,00 Julio. 	
	7 Protegido contra la inmersión. 	07 Energía de choque: 2,00 Julios. 	
	8 Protegido contra los efectos prolongados de la inmersión bajo la presión. 	08 Energía de choque: 5,00 Julios. 	
		09 Energía de choque: 10,00 Julios. 	
		10 Energía de choque: 20,00 Julios. 	

Clasificación de los Grados de Protección

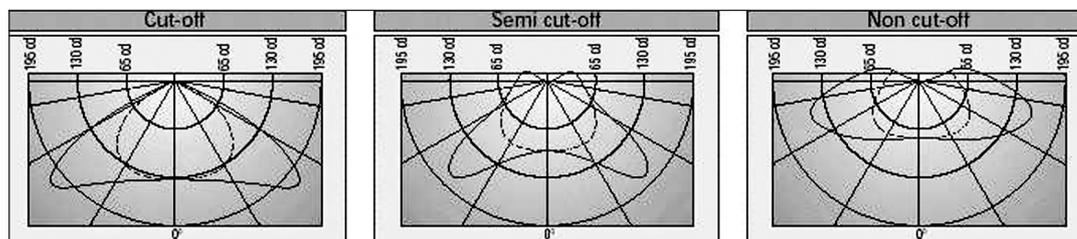
Clasificación Óptica de Luminarias para Instalaciones de Iluminación Pública

Dentro de este grupo tenemos luminarias de parques y jardines, así como las de iluminación pública viaria. Para las primeras, son instalaciones típicas, como su nombre indica, parques, jardines, zonas residenciales, etc. En el segundo tipo tenemos vías urbanas, autopistas, túneles, etc.

La C.I.E. ha introducido un nuevo sistema para la clasificación de las luminarias para iluminación de viales y así sustituir al sistema que introdujo en el año 1965, en el que se hacía la clasificación cut-off, semi cut-off y non cut-off. No obstante, el antiguo sistema sigue siendo utilizado en ciertas recomendaciones nacionales para la iluminación de viales. En la siguiente tabla mostraremos el antiguo sistema.

Tipo de luminaria	Valor máximo permitido de intensidad emitida a un ángulo de elevación de 80°	Valor máximo permitido de intensidad emitida a un ángulo de elevación de 90°	Dirección de la intensidad máxima menor de
Cut – off	30 cd / 1.000 lm	10 cd / 1.000 lm*	65°
Semi cut – off	100 cd / 1.000 lm	50 cd / 1.000 lm*	76°
Non Cut – off	Cualquiera		

Tabla 10: Clasificación C.I.E. del año 1965.



Ejemplos de Curvas Fotométricas con su Clasificación

La nueva clasificación de luminarias de la C.I.E. que reemplaza a la anterior se basa en tres propiedades básicas de las luminarias:

- La extensión a la cuál la luz de la luminaria se distribuye a lo largo de un camino. El "alcance" de la luminaria.
- La cantidad de diseminación lateral de la luz, a lo ancho de un camino: La "apertura".
- El alcance de la instalación para controlar el deslumbramiento producido por la luminaria: El "control" de la luminaria.

El alcance está definido por el ángulo $\gamma_{\text{máx}}$ que forma el eje del haz con la vertical que va hacia abajo. El eje del haz está definido por la dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos direcciones de 90 % $I_{\text{máx}}$ en el plano vertical de intensidad máxima.

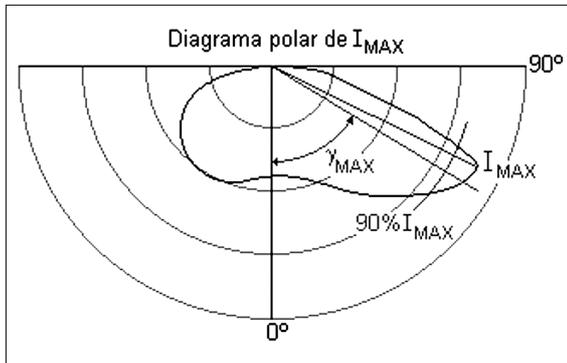
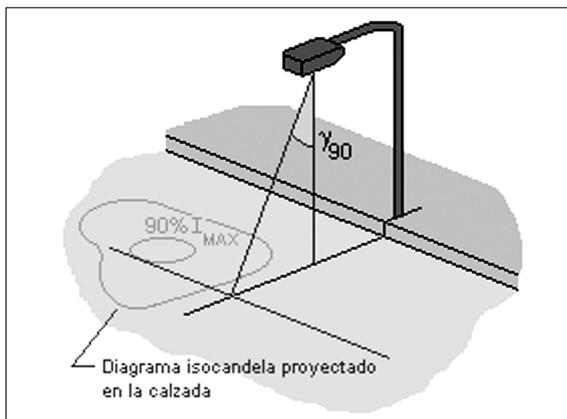


Diagrama Polar del I_{MAX}

Se definen tres grados de alcance de la manera siguiente:

- $\gamma_{\text{máx}} < 60^\circ$: alcance corto.
- $70^\circ \geq \gamma_{\text{máx}} \geq 60^\circ$: alcance medio.
- $\gamma_{\text{máx}} > 70^\circ$: alcance largo.

La apertura o dispersión está definida por la línea, que corre paralela al eje del camino y que apenas toca el lado más alejado del 90 % $I_{\text{máx}}$ en el camino. La posición de esta línea está definida por el ángulo γ_{90° .



Apertura o Dispersión

Los tres grados de apertura se definen de la siguiente manera:

- $\gamma_{90} < 45^\circ$: apertura estrecha.
- $55^\circ \geq \gamma_{90} \geq 45^\circ$: apertura media.
- $\gamma_{90} > 55^\circ$: apertura ancha.

El control está definido por el índice específico de la luminaria, SLI de la luminaria. Este es parte de la fórmula G de control del deslumbramiento molesto que está determinado sólo por las propiedades de la luminaria.

Rendimiento de una Luminaria

El flujo producido por una lámpara instalada en una luminaria sufre ciertas pérdidas, de manera que únicamente una parte del mismo es emitido por la luminaria. Se define rendimiento de una luminaria a la relación entre el flujo emitido por la luminaria y el flujo producido por la lámpara o las lámparas instaladas en la misma.

$$\eta = \frac{\text{Flujo Luminaria}}{\text{Flujo Lámpara}} \cdot \%$$

Factor de Depreciación o Mantenimiento

El factor de depreciación o mantenimiento se define, como la relación entre la iluminancia media en la calzada después de un período determinado de funcionamiento de la instalación de alumbrado público, y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva.

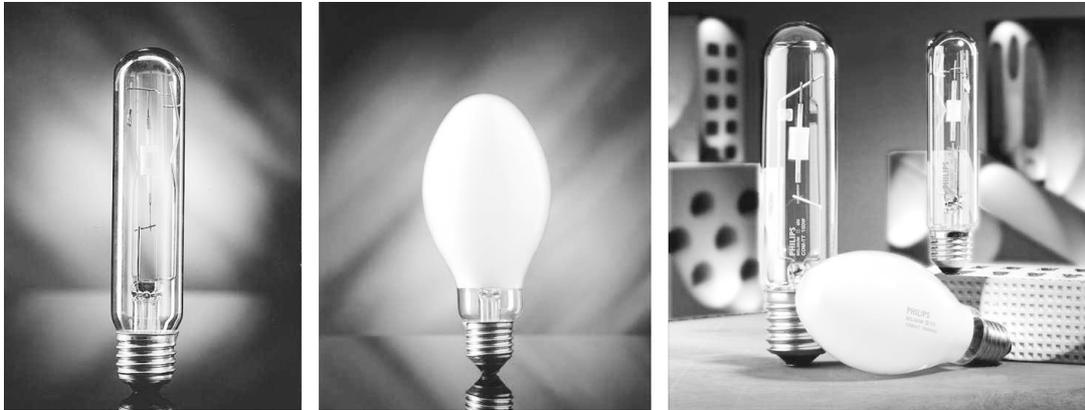
La iluminancia proporcionada a una calzada por una instalación de alumbrado público, decrece con el tiempo debido fundamentalmente a:

- Disminución del flujo emitido por las lámparas debido a su envejecimiento.
- Descenso del flujo distribuido por la luminaria debido a su ensuciamiento por penetración y acumulación de polvo, agua, humedad, etc., en el interior del bloque óptico de la luminaria.



Diferentes Tipos de Luminarias

2.3.2 Lámparas



Lámparas de Descarga

Generalidades sobre la Luz

Como hemos comentado, la luz se compone de radiaciones electromagnéticas en forma de ondas, que pueden producirse de forma muy variada según las causas que las provoquen. Si la causa se debe exclusivamente a la temperatura del cuerpo radiante, el fenómeno se llama *termorradiación*, en todos los demás casos *luminiscencia*.

a) Termorradiación

Se conoce con esta denominación la radiación (calor y luz) emitida por un cuerpo caliente.

La energía de esta radiación depende única y exclusivamente de la capacidad calorífica del cuerpo radiante. La luz que se obtiene va siempre acompañada de una cuantiosa radiación térmica que, por lo general, constituye una fuente de pérdida de energía cuando de lo que se trata es de producir luz.

Al calentar un trozo de carbón, hierro, oro, wolframio o cualquier otro material, se obtiene una radiación visible que se aprecia por el color de incandescencia que adquiere el cuerpo y que varía según la temperatura, tal como se muestra en la Tabla 11.

Temperatura (°C)	Color de Incandescencia
400	Rojo - gris incipiente
700	Rojo - gris
900	Rojo - oscuro
1.100	Rojo - amarillo
1.300	Rojo - claro
1.500	Rojo - blanco incipiente
2.000 en adelante	Rojo - blanco

Tabla 11: Colores de la Incandescencia a Distintas Temperaturas.

a.1) Termorradiación natural

En la propia naturaleza encontramos un ejemplo evidente de producción de luz a gran escala mediante la termorradiación que nos brindan el Sol y las demás estrellas similares a él.

De la energía emitida por el Sol, cerca de un 40 % de la radiación se transforma en luz visible, el cual corresponde al máximo "rendimiento óptico" a 6.500 K.

a.2) Termorradiación artificial

Se obtiene luz por termorradiación artificial, calentando cualquier materia o cuerpo sólido a una elevada temperatura, bien sea por combustión o incandescencia. Otros tipos:

- Luz de la llama de alumbrado.
- Luz del arco eléctrico.
- Luz de un cuerpo incandescente en el vacío.

b) Luminiscencia

Con este nombre se conocen aquellos fenómenos luminosos cuya causa no obedece exclusivamente a la temperatura de la sustancia luminiscente.

Cada sustancia posee un espectro de líneas característico, lo cual también ocurre con los gases luminiscentes, como por ejemplo el vapor de sodio, cuyo espectro está compuesto por una doble línea amarilla cuyas longitudes de onda corresponden a 589 nm y 589,6 nm respectivamente.



Lámpara incandescente

1. Lámparas de Incandescencia

Tipo	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia Luminosa (lm/W)	IRC	Casquillo	Duración (h)
Estándar	25	220	8,8	1A	E-27	1.000
	40	420	10,5			
	60	720	12,0			
	100	1.360	13,6			
	150	2.200	14,7			
	200	3.100	15,5			
	500	8.400	16,8			

Tabla 12: Tipos de Lámparas Incandescentes.

2. Lámparas Fluorescentes Compactas

Las lámparas fluorescentes compactas se han desarrollado para su utilización en aquellas aplicaciones en las que tradicionalmente se empleaban lámparas incandescentes.



Lámpara Fluorescente Compacta

Tipos y Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia Luminosa (lm/W)	IRC	Duración (h)
Compactas con Balasto Inductivo Exterior (Temperatura de Color: 2.700, 3.000 y 4.000 K)				
18	1.200	66,6	1B	9.000
24	1.800	75,0		
36	2.900	80,5		
55	4.800	87,2		

Tabla 13: Tipos de Lámparas Fluorescentes Compactas.

3. Lámparas de Mercurio

3.1. Funcionamiento

Para que se produzca su arranque, es necesario emplear un voltaje entre los electrodos del tubo de descarga. Debido a que la distancia entre los electrodos principales es demasiado grande para producir la vaporización del gas, el encendido se produce mediante un electrodo auxiliar situado muy próximo a uno de los electrodos principales y así se produce la ionización completa del gas.

La lámpara en el instante inicial no radia el cien por cien del flujo hasta que el mercurio, que se encuentra en el tubo de descarga, no se haya vaporizado totalmente. Esto sucede cuando ha transcurrido un cierto tiempo denominado periodo o tiempo de encendido de una lámpara de descarga.

El período de encendido se define como el tiempo transcurrido desde el momento en que se conecta la lámpara hasta que alcanza el 80 por ciento de su flujo nominal y es aproximadamente de 4 minutos.



Lámpara de Vapor de Mercurio

Tipos y Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia Luminosa (lm/W)	IRC	Casquillo	Duración (h)
Compactas Elipsoidales u Ovoides					
50	1.785	35,7	3	E-27	16.000
80	3.700	46,3			
125	6.250	50,0		E-40	
250	12.850	51,4			
400	22.000	55,0			
700	38.500	55,0			
1.000	58.250	58,3			
Elipsoidales u Ovoides Color Mejorado					
50	2.000	40,0	3	E-27	16.000
80	4.000	50,0			
125	6.600	52,8		E-40	
250	14.100	56,4			
400	24.100	60,3			
Reflectoras					
125	5.350	42,8	3	E-27	12.000
250	11.750	47,0		E-40	
400	20.500	51,3			

Tabla 14: Tipos de Lámparas de Vapor de Mercurio.

3.2. Consideraciones sobre eficacia y duración

Como se puede observar en la tabla 14 su duración o vida útil está en torno a las 16.000 horas de funcionamiento. Esto se produce cuando la lámpara ha perdido el 21 % de su flujo. Su eficacia oscila entre 40 lm/W y 60 lm/W y aumenta con la potencia.

4 Lámparas de Luz Mezcla

La lámpara de luz mezcla es un híbrido de la lámpara convencional de mercurio, con una lámpara incandescente. La diferencia, estriba en que mientras la lámpara de mercurio necesita de un balasto externo para estabilizar la corriente, la de luz mezcla lleva ya su balasto incorporado.

4.1. Funcionamiento

La fase de arranque de una lámpara de luz mezcla es igual a la que se produce en una lámpara de vapor de mercurio. No obstante, en estas lámparas se produce un aumento en su flujo luminoso totalmente diferente a las anteriores.

La tensión de arco en el tubo de descarga en el proceso de encendido es muy baja. Al estar dispuestos en serie el tubo de descarga y filamento, la tensión sobre este último será aproximadamente de 190 V. Esta tensión es muy elevada para trabajar en nominal, ya que el voltaje ideal se encuentra entre 100 V y 145 V. Como consecuencia de esto, el filamento radia en este intervalo una cantidad de luz bastante alta, siendo en el tubo de descarga la emisión de luz muy escasa.

En el transcurso de la fase de encendido, el flujo luminoso del tubo de descarga aumenta por la elevación de la tensión de arco. Al mismo tiempo, al disponerse en serie el filamento, su voltaje tiene que disminuir. Esto implica que la cantidad de flujo luminoso procedente del filamento también disminuye. Esta elevación del flujo luminoso en el tubo de descarga se estabiliza transcurridos aproximadamente tres minutos.



Lámpara de Luz de Mezcla

4.2. Consideraciones sobre eficacia, color y duración

La lámpara de luz mezcla tiene una eficacia determinada por las eficacias individuales del tubo de descarga y del filamento y de la distribución de la potencia total de la lámpara entre los dos.

Aunque el filamento tiene una eficacia luminosa de alrededor de 15 lm/W, durante el funcionamiento de la lámpara de luz mezcla, al estar anormalmente cargado, su eficacia disminu-

uye al orden de 8 lm/W. La eficacia del tubo de descarga es de aproximadamente 40 lm/W. La eficacia de la lámpara de luz mezcla depende por tanto de su régimen de funcionamiento combinando las eficacias anteriores. Sus valores se encuentran comprendidos entre 20 lm/W y 60 lm/W.

En referencia al color de la lámpara de luz mezcla, también es una combinación de la lámpara de vapor de mercurio ($R_a = 45$) y de la incandescente ($R_a = 100$). La proporción de la mezcla consigue un R_a del orden de 60.

Con respecto a la apariencia de color y considerando la componente roja adicional de la incandescencia se obtiene una sensación de color más cálido ($T=3.600$ K) si la equiparamos con la lámpara de vapor de mercurio ($T=3.850$ K).

La vida útil de esta lámpara queda determinada por el filamento, pues es el elemento que sufre las sobretensiones de la red, ocurriendo que el tubo de descarga, que como se ha comentado anteriormente esta en serie con este último, se encuentre en perfecto estado de funcionamiento.

Con el uso de nuevos materiales para la construcción del filamento y un esmerado control en la mezcla de los gases, se obtienen unas vidas mas elevadas, estableciéndose en 6000 horas en contraste con las 1 000 horas de una incandescente.

Tipos y Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia Luminosa (lm/W)	IRC	Casquillo	Duración (h)
Estándar					
160	3.120	19,5	2B	E-27	6.000
250	5.550	22,2		E-40	
500	14.500	19,0			
Reflectoras					
160	2.800	17,5	2A	E-27	6.000

Tabla 15: Tipos de Lámparas de Luz Mezcla.

5. Lámparas de Sodio de Baja Presión

Este tipo de lámparas tiene enorme similitud con las de vapor de mercurio de baja presión (fluorescentes). Ahora bien, si en la lámpara de fluorescencia la luz es producida al transformarse la radiación de la descarga de mercurio en el espectro visible, con un polvo fluorescente, en la de sodio de baja presión, la radiación visible se produce por la descarga directa de sodio. En la fase de arranque, al producirse en frío, se tiene que producir un arco de tensión elevado, dependiendo éste de la composición del gas introducido.

5.1. Funcionamiento

Para poder arrancar una lámpara de vapor de sodio de baja presión es necesario producir un pico de tensión que oscilará entre 500 V y 1.500 V dependiendo, como se ha comentado anteriormente, de la composición de la mezcla del gas en la lámpara.

Al igual que en una lámpara de vapor de mercurio de baja presión y al contrario que en las de mercurio de alta presión, la lámpara de vapor de sodio de baja presión puede volver a encenderse cuando ocurre un fallo de suministro eléctrico.

5.2. Consideraciones sobre eficacia, color y duración

Su eficacia es la mayor de las lámparas de descarga siendo casi el doble que una lámpara de vapor de mercurio de baja presión. La lámpara con una mayor eficiencia, la de 131 W, tiene aproximadamente 195 lm/W.

Al conectarse una lámpara de sodio de baja presión y hasta que se desarrolla el calor suficiente para vaporizar el sodio, la lámpara presenta una luminiscencia rojo-anaranjada durante los primeros minutos de trabajo, hasta que alcanza su flujo luminoso, establecido en aproximadamente diez minutos, que es amarilla. El sodio metálico cuando se evapora, produce la característica luz amarilla monocromática siendo esta la causa de su bajo rendimiento en color. Al utilizarse el método de C.I.E., el valor del índice de reproducción cromática será negativo.



Lámpara de Vapor de Sodio de Baja Presión

Tipos y Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia Luminosa (lm/W)	Casquillo	Duración (h)
Estándar con Balasto Híbrido				
18	1.800	100,0	BY22d	14.000
35	4.575	130,7		
55	8.000	145,5		
90	13.250	147,2		
135	21.650	160,4		
180	32.300	179,4		
Eficacia Mejorada con Balasto Híbrido				
18	1.770	98,3	BY22d	14.000
26	3.600	138,5		
36	5.925	164,6		
66	10.700	162,1		
91	17.000	186,8		
131	25.500	194,7		

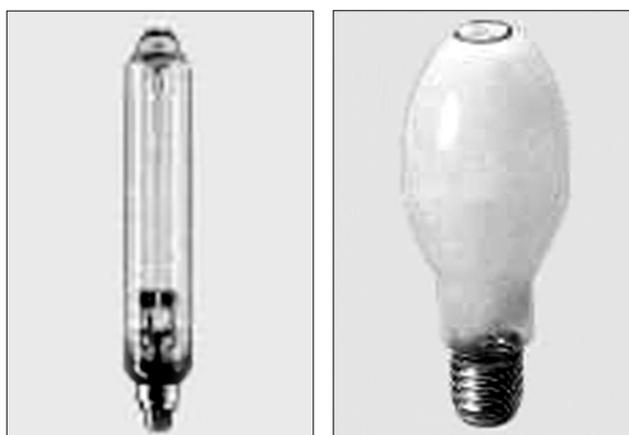
Tabla 16: Tipos de Lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión.

La vida útil de funcionamiento de esta lámpara se determina en aproximadamente 14.000 horas. Este alto número de horas de funcionamiento se debe a su bajo valor de pérdidas de flujo y a su baja probabilidad de fallos de funcionamiento.

6. Lámparas de Sodio de Alta Presión

Con respecto al índice de reproducción cromática de las lámparas de vapor de sodio de alta presión, poseen un rendimiento bajo (I.R.C.=23) y una temperatura de color amarillo–dorada ($T=2.250$ K). Sin embargo, si se producen modificaciones en la presión del vapor de sodio, se obtienen mejoras en el comportamiento de la descarga y en el rendimiento de color.

La sensación del color de la lámpara de sodio de alta presión es amarillento, pero si elevamos la presión del vapor de sodio, se mejora la apariencia del color ya que se aumenta su temperatura. Las últimas lámparas desarrolladas por tecnología de sodio de alta presión, denominadas como sodio blanco, proporcionan una apariencia de color blanco cálido y su índice de reproducción cromática es de alrededor de 80, con lo que se ha mejorado sustancialmente a las de vapor de sodio de alta presión, pero su eficacia es menor que estas últimas.



Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión

6.1. Funcionamiento

En lo que respecta al encendido, esta lámpara debe arrancarse por medio de un impulso comprendido entre 1,5 kV y 5 kV, dependiendo del régimen de la lámpara. Esto no es la condición prioritaria para establecer un arranque seguro como ocurre con la lámpara de vapor de sodio de baja presión, en la que el impulso de arranque es fundamental. El factor que es prioritario en las lámparas de vapor de sodio de alta presión para que se produzca el arranque es la altura del pico de tensión.

La apariencia de color al principio es blanca, debido principalmente a la descarga de xenón, que según transcurre el tiempo, es sustituida por un color amarillo. El tiempo de encendido hasta alcanzar las presiones requeridas y la emisión de luz estable es de varios minutos.

Como se ha apuntado anteriormente, este tipo de lámparas necesita para el arranque un voltaje de pico que oscila entre 1,5 kV y 5 kV. Si ocurriese una falta de tensión en la red, la lámpara se apagaría y no se podría volver a encender inmediatamente. La lámpara tendría que enfriarse durante un tiempo superior a un minuto, para que la presión de vapor de sodio en el tubo de descarga, fuese tal que el impulso producido por el arrancador, sea suficiente para iniciar la descarga.

6.2 Consideraciones sobre eficacia, color y duración

Aumentado la presión de vapor, en la lámpara de vapor de sodio blanco, se obtiene un rendimiento de color (I.R.C=80).

Se obtiene de esta forma una apariencia de color blanco - cálido (temperatura de color correlacionada de 2.500 K) y una eficacia luminosa de 46 lm/W para la potencia de 50 W.

En la lámpara de vapor de sodio de alta presión se produce una disminución gradual de su flujo debido al deterioro de la transmitancia del tubo de descarga.

Tipos y Potencias (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia Luminosa (lm/W)	IRC	Casquillo	Duración (h)
Ovoide Estándar					
70	5.600	80,0	4	E-27	16.000
100	10.000	97,5			
150	15.750	105,0			
250	30.250	121,0		E-40	
400	54.000	135,0			
1.000	130.000	130,0			
Ovoide Color Mejorado					
150	12.125	80,8	2	E-40	16.000
250	22.000	88,0			
400	36.500	91,3			
Tubular Estándar					
50	4.000	80,0	4	E-27	16.000
70	6.650	95,0			
100	10.500	105,0			
150	16.500	110,0		E-40	
250	31.600	126,4			
400	55.250	138,1			
600	90.000	150,0			
Tubular de Color Mejorado					
150	12.600	84,0	2	E-40	16.000
250	23.000	92,0			
400	38.000	95,0			
Sodio Blanco					
50	2.300	46,0	1B	E-27	10.000
100	4.700	47,0			
1.00	125.000	125,0			

Tabla 17: Tipos de Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión.

En las horas de funcionamiento de estas lámparas existen factores que no se encuentran al alcance de los fabricantes aunque otros sí que están controlados. Entre los más importantes cabe mencionar:

- Estabilidad de la tensión en la red.
- Tipo de balasto y arrancador.
- Temperatura del punto frío del tubo de descarga.

El factor principal de los tres es la temperatura del punto frío del tubo de descarga. Cuando en una luminaria el reflector está mal diseñado, el calor generado por la lámpara se refleja sobre el tubo de descarga, provocando una elevación de la tensión de la lámpara. Como resultado se obtiene generalmente un fallo prematuro de ésta.

Criterios de Selección de Lámparas

Se recomienda la utilización de lámparas del tipo descarga, cuya elección deberá ser adecuada para lograr los fines previstos dentro de la economía disponible. En carreteras se utilizarán preferentemente lámparas de vapor de sodio a alta presión, debido a su adecuada eficacia luminosa (lm/W) y mejor rendimiento de color que las lámparas de vapor de sodio a baja presión, cuyo uso podría ser también recomendable en carreteras a campo abierto, zonas rurales y áreas que requieran alumbrado de seguridad.

Valor que toma la intensidad en el momento de la conexión respecto a la intensidad de régimen		
Tipos de Lámparas	Tiempo de encendido para alcanzar el régimen	$I_{\text{conexión}} / I_n \text{ de régimen}$
Incandescencia	Instantáneo	1,0
Fluorescentes Compactas	1 s	2,0
Halogenuros Metálicos	2 min	1,3
Lámparas V.M.	4 min – 5 min	1,6
Lámparas V.S.A.P.	6 min – 7 min	1,2
Lámparas V.S.B.P.	7 min – 12 min	0,95

Tabla 18: Intensidad y Tiempo de Conexión – Desconexión de las Lámparas.

Para la correcta planificación del alumbrado exterior es fundamental el conocimiento de las características fotométricas, cromáticas, eléctricas y de duración de las lámparas así como el programa de actividades de cada uno de los espacios a iluminar.

Se debe buscar un equilibrio adecuado entre los parámetros de bienestar y eficiencia a la hora de plantear la elaboración de un proyecto de este tipo. En función de las necesidades reales de los locales y el uso racional de los recursos se optimizarán los resultados finales.

Por tanto antes de comenzar el proyecto de alumbrado se debe contemplar en primer lugar el uso racional de la energía eléctrica.

Mediante la utilización de modernas fuentes de luz de alta eficacia y equipos auxiliares, se ha conseguido compatibilizar el uso racional de la energía con iluminaciones eficientes y confortables.

2.3.3 Sistemas de Arranque y Encendido

Como bien sabemos las lámparas de incandescencia, halógenas y de luz mezcla se pueden conectar directamente a la red sin necesidad de ningún equipo auxiliar o mediante un transformador, debido a que la intensidad que circula por ellas y la tensión aplicada son proporcionales, es decir, tienen unas propiedades lineales.

Ahora bien, las lámparas de descarga, que son las utilizadas en el alumbrado público, tienen la particularidad de que la relación entre la corriente que circula y la tensión aplicada no es lineal, por lo cual la tensión del arco depende poco de la corriente que la atraviesa. Dependiendo de la tensión aplicada, si se produce el arranque, puede ocurrir que la intensidad de la corriente se eleve enormemente hasta provocar la destrucción de la lámpara o que la corriente fluctúe desproporcionalmente con pequeñas variaciones de tensión.

Estabilización de la Descarga

El elemento más utilizado en la práctica para estabilizar las lámparas de descarga, lo constituye una reactancia inductiva que limita con bastante eficacia, sencillez y economía la intensidad de la corriente de descarga. La distorsión de la corriente que produce en la lámpara es tolerable y generalmente sin parpadeos, aunque la fase entre la tensión de la lámpara y la de la red de suministro se desplaza, lo cual se corrige mediante el uso de condensadores en paralelo con la línea de alimentación.

Cuando la tensión que disponemos en la línea no es suficiente para permitir el encendido de la lámpara, se recurre a transformadores o autotransformadores para elevarla. A fin de minimizar los equipos de encendido, se dispone de los autotransformadores a fugas (llamados de dispersión) que incorporan en su secundario la reactancia inductiva necesaria.

Equipos Auxiliares de las Lámparas de Descarga:

Lámparas de Vapor de Mercurio a Alta Presión

En la lámpara de mercurio, aparte de la reactancia no es necesario equipo de arranque. Se usan balastos inductivos compensados que pueden ser utilizados tanto en circuitos de compensación paralela como en serie. Ambos circuitos llevan un condensador para corregir el factor de potencia.

Lámparas de Halogenuros Metálicos

Las condiciones de funcionamiento de las lámparas de halogenuros metálicos son muy parecidas a las de vapor de mercurio convencionales, estando dispuestas para ser conectadas en serie con un balasto limitador de corriente. Pero debido a los halogenuros, la tensión de encendido de estas lámparas es elevada y necesitan el empleo de un ignitor.

El balasto a conectar a la lámpara de halogenuros depende de las propiedades de ésta.

Lámparas de Vapor de Sodio a Baja Presión

Estas lámparas precisan de un equipo auxiliar que puede ser:

- Balasto, con o sin ignitor separado. Debido al bajo voltaje de la lámpara, éstas pueden operar en circuitos comparativamente simples. Estos consisten básicamente, en un balasto en serie con la lámpara y un arrancador en paralelo. Para la corrección del factor de potencia se utiliza un condensador en paralelo.
- Transformador con ignitor separado. En este circuito se mantiene la potencia casi constante de la lámpara durante toda su vida. Consiste en un balasto, un condensador en serie para la corrección del factor de potencia y un ignitor electrónico.

Lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión

Al igual que en las lámparas de halogenuros metálicos, y debido a la alta presión a la que se encuentra el gas, para el encendido es necesario aplicar altas tensiones de choque. Por ello, las lámparas de sodio operan normalmente con un balasto y un arrancador. Algunas lámparas poseen un arrancador incorporado pero en la mayoría utilizan un dispositivo de arranque externo.

Principalmente existen dos tipos de circuitos, ya sea con el arrancador conectado en serie o en semiparalelo con la lámpara:

- Circuito con arrancador en serie. El arrancador está conectado entre el balasto y la lámpara.
- Circuito con arrancador en semiparalelo. El arrancador está conectado a la lámpara a través de la reactancia.

La corrección del factor de potencia en ambos circuitos puede lograrse con un condensador en forma de compensación en paralelo.

Reactancias ó Balastos

Las reactancias o balastos son accesorios para utilizar en combinación con las lámparas de descarga, que en forma de impedancias inductivas, capacitivas o resistivas, solas o en combinación limitan la corriente que circula por aquellas a los valores exigidos para un funcionamiento correcto.

Además, cuando es necesario, suministran la tensión y corriente de arranque requeridas y en el caso de reactancias de arranque rápido, las bajas tensiones necesarias para el caldeo de los cátodos de las lámparas.

Las más empleadas son las de tipo inductivo, utilizándose también una combinación de inductiva-capacitiva, sobre todo en la fluorescencia. Las resistivas y capacitivas por si solas no se utilizan, ya que las primeras tienen muchas pérdidas y por tanto, tienen un bajo rendimiento y las capacitivas dan una potencia ínfima en la lámpara por la gran deformación de la onda de corriente de la misma que originan.

En resumen, la función de los balastos consiste en:

- Proporcionar la corriente de arranque o de precalentamiento de cátodos para conseguir en éstos la emisión inicial de electrones.
- Suministrar la tensión de salida en vacío suficiente para hacer saltar al arco en el interior de la lámpara.
- Limitar la corriente en la lámpara a los valores adecuados para un correcto funcionamiento.
- Controlar las variaciones de la corriente en la lámpara, frente a variaciones de la tensión de alimentación.

Armónicos

Una cuestión a tener en cuenta son los armónicos, que son perturbaciones introducidas en la red por los equipos eléctricos. En los sistemas de iluminación se supone que la energía se recibe a una sola frecuencia y que ésta es constante. La constancia de la frecuencia en las distribuciones de energía está generalmente conseguida. Sin embargo, por diversas circunstancias, la onda fundamental puede estar "contaminada" con armónicos indeseables, siendo su estudio complejo.

Conviene señalar que, si la situación de los armónicos sobre la onda fundamental hace que la onda compuesta tienda a ser cuadrada, las bobinas de impedancia no limitan suficientemente la intensidad que recibe la lámpara puesto que en estas condiciones, la tensión alterna se asemeja a una tensión continua pulsatoria frente a la cual los choques inductivos no responden eficazmente.

Los armónicos tercero y sucesivos, de orden impar, que se producen en la utilización de núcleos magnéticos (balastos magnéticos) en los alumbrados con lámparas de descarga y la generación de armónicos impares por parte de las propias lámparas, tienen dos consecuencias:

Condensadores

Los condensadores de corrección del factor de potencia no son capaces de corregir el factor de potencia hasta la unidad, sino que al añadirse más capacidad a dichos condensadores se pasa a un circuito capacitivo.

Sistemas Trifásicos con neutro

En los sistemas trifásicos con neutro, el neutro no llevaría corriente en el caso de equilibrio de cargas en las fases, pero debido a los armónicos la corriente en el neutro se llega a hacer similar a la de las fases, porque aún cancelándose la frecuencia fundamental a igualdad de cargas, es decir con fases equilibradas, los terceros armónicos están en fase y por lo tanto se suman.

Balastos Electromagnéticos

Están compuestos principalmente por un gran número de bobinas de cobre sobre un núcleo de hierro laminado. En las bobinas se produce una pérdida de calor a través de la resistencia óhmica de las mismas y la histéresis en el núcleo, dependiendo mucho de la construcción mecánica de los balastos y del diámetro del alambre de cobre.

Tipos de Balastos Electromagnéticos:

- Reactancia de choque. Este tipo de reactancia inductiva, formado por una simple bobina con su núcleo magnético correspondiente, conectada eléctricamente en serie con la lámpara, es el más utilizado; constituye un conjunto de bajo factor de potencia que puede ser corregido colocando un condensador en paralelo con la red. Este tipo de balasto proporciona una pobre regulación de potencia frente a las variaciones de la tensión de alimentación (alrededor del 20 % de oscilación de la potencia, para variaciones de tensión del 10 %) y si la corriente de arranque es elevada respecto a la de funcionamiento, deben dimensionarse los circuitos para ese valor. Esto hace que la vida de la lámpara se vea reducida considerablemente si la tensión de la red fluctúa más del 5 %. Por lo tanto, este tipo de reactancias es adecuado siempre que se utilice en las debidas condiciones de estabilidad de la tensión.

- **Balasto autotransformador:** Cuando las redes de alimentación tienen una tensión inferior a 220 V, se hace necesario prever un sistema de elevación de esa tensión que nos proporcione la necesaria para el encendido de la lámpara. Este sistema puede ser simplemente un autotransformador y una reactancia de choque normal, lo cual es muy costoso y voluminoso.

Este tipo de balastos tienen una regulación de potencia muy pequeña, de modo que una variación de tensión del 5 % ocasiona oscilaciones de potencia de la lámpara del 12 %. Además, son balastos de bajo factor de potencia y para corregir éste, teniendo en cuenta la tensión de alimentación nos veremos obligados a colocar condensadores de gran capacidad y por lo tanto costosos.

- **Balasto autorregulador.** Este balasto combina un autotransformador con un circuito regulador. Debido a que una parte del bobinado es común con el secundario, su tamaño es reducido. Puesto que sólo el bobinado secundario contribuye a una buena regulación el grado de ésta depende de la porción de tensión primaria acoplada al secundario.

Con este tipo de balasto obtenemos una serie de ventajas:

- Una buena regulación de corriente y potencia de la lámpara, frente a las variaciones de tensión de la alimentación (del orden del 5 % en potencia, frente a variaciones de tensión del 10 %).
- Un aumento notable en la vida de la lámpara lo que reduce los costos de mantenimiento de la instalación.
- La corriente de arranque en la red, no es superior a la de funcionamiento normal, por lo que los sistemas de protección y los conductores de alimentación se pueden dimensionar para una corriente menor que en las instalaciones con balastos de choque, y por esto mismo la seguridad de las protecciones aumenta al corresponder sus valores con los de funcionamiento.
- La compensación del factor de potencia se mantiene en un valor superior al 0,9 independientemente de la tensión de red.
- Debido a la gran estabilización que proporcionan estos balastos, la tensión de red a la cual la lámpara se extingue es baja, lo que permite variaciones de la tensión de alimentación muy superiores a lo habitual sin que se produzcan apagados de la lámpara.

Balastos Electrónicos

Las ventajas de los balastos electrónicos correctamente diseñados, elaborados y verificados son las siguientes:

- Mejoran la eficiencia de la lámpara y del sistema.
- No producen efectos de parpadeo o estroboscópico.
- Brindan un arranque instantáneo sin necesidad de un arrancador separado.
- Incrementan la vida de la lámpara.

- Ofrecen excelentes posibilidades de regulación del flujo luminoso de la lámpara.
- Factor de potencia próximo a la unidad, aunque hay que vigilar que los armónicos en línea no excedan los valores máximos admitidos.
- No producen zumbido ni otros ruidos.

Los balastos electrónicos se usan generalmente para lámparas fluorescentes, halogenuros metálicos y sodio alta presión hasta 150 W.

Arrancadores

Las lámparas de halogenuros metálicos y las de sodio de alta presión necesitan tensiones de encendido muy elevada que no puede suministrarlas un balasto por si solo; el poder proporcionar esta tensión de encendido es cuestión de los arrancadores, que también se utilizan para el encendido de algunas lámparas de vapor de sodio a baja presión.

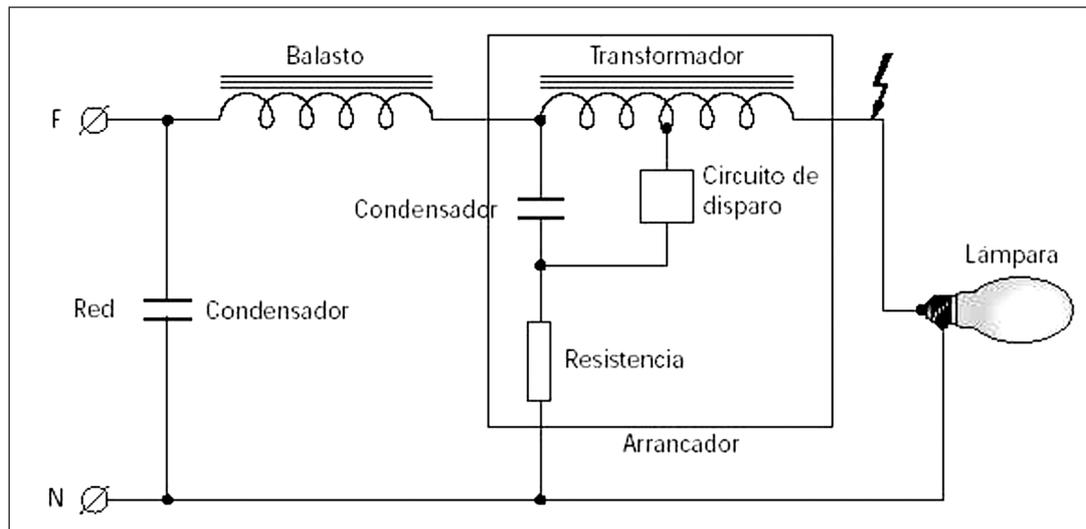
Su funcionamiento está basado en aprovechar la energía almacenada en un condensador que se descarga mediante un sistema de disparo en el bobinado primario de un transformador; debido a la brusca variación de flujo en el núcleo del mismo, aparece un impulso de tensión inducido en el secundario de un valor de pico muy elevado y de corta duración que superpuesto a la tensión de la red, hace saltar el arco en el interior del tubo de descarga.

Se pueden distinguir tres tipos diferentes:

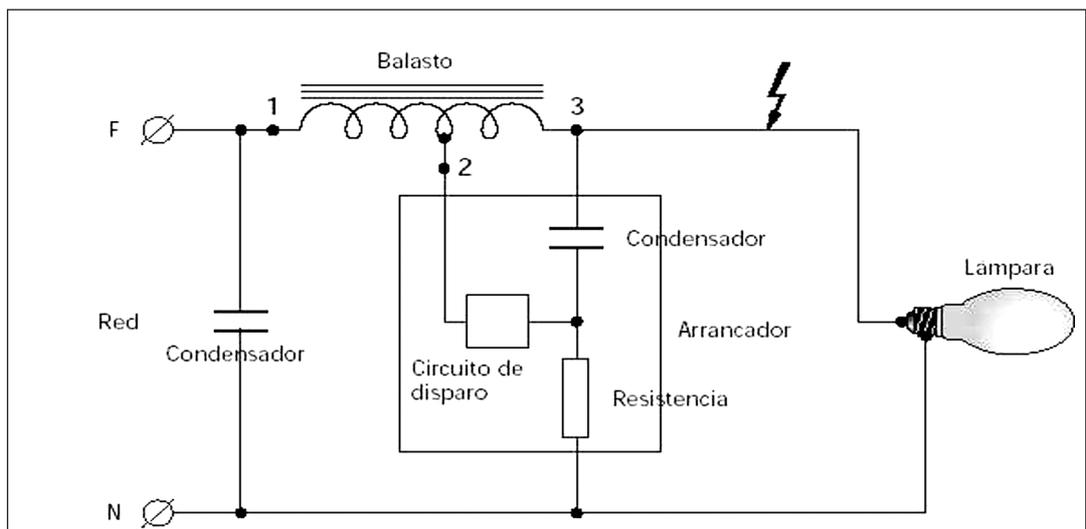
- Arrancador independiente.
- Arrancador de transformador de impulsos.
- Arrancador independiente de dos hilos.

Además de esta clasificación por su forma de funcionamiento, los arrancadores pueden tener en su interior un sistema de desactivación que corte su funcionamiento si la lámpara no arranca en un plazo de tiempo, estos últimos son los llamados arrancadores temporizados.

- Arrancador independiente o superposición de impulsos (Arrancador en serie): El condensador del arrancador se descarga mediante el circuito de disparo sobre las espiras del primario del transformador, el cual amplifica el impulso al valor adecuado. La tensión del impulso depende exclusivamente del propio arrancador. Es compatible con cualquier reactancia de choque y ésta no soporta los impulsos de encendido, cuyo valor en muchos casos es elevado.
- Arrancador de transformador de impulsos (Arrancador semiparalelo): El condensador del arrancador se descarga mediante el dispositivo de disparo entre los puntos 2 y 3 del balasto, que con una adecuada proporción de espiras respecto al total de la bobina, amplifica el impulso al valor necesario.



Arrancador en Serie



Arrancador en Semiparalelo

El valor de los impulsos depende tanto del propio arrancador como del balasto utilizado, y por esto no siempre es compatible cualquier combinación de ambos. El balasto debe llevar toma intermedia y estará sometido a las elevadas tensiones de pico producidas para el encendido.

- Arrancador independiente de dos hilos (Arrancador paralelo): La energía almacenada en el condensador es devuelta hacia la lámpara por la intervención del circuito de disparo; en el preciso instante en el que la tensión de aquella pasa por su valor máximo, se obtiene un impulso de un valor de pico entre 2 y 4 veces el del instantáneo de la red, alcanzando entre 600 V y 1.200 V, pero de mayor duración y por lo tanto de más energía que los obtenidos con los otros sistemas de arrancadores.

Estos son utilizables sólo para algunas lámparas de halogenuros metálicos y para las de sodio de baja presión de 35 W, que requieren impulsos de tensión relativamente bajos pero de cierta duración.

- Arrancadores temporizados: Son arrancadores con un dispositivo interno que tras un tiempo prefijado de producción de impulsos, desactiva el funcionamiento del mismo. Si la lámpara no enciende por agotamiento o avería, deja de someter a los impulsos de alta tensión a todo el circuito.

El arrancador vuelve a estar activo tras la interrupción de la tensión de alimentación del circuito, aunque sólo sea por un corto espacio de tiempo.

Recomendaciones para el Uso de Arrancadores

- Debemos elegir el arrancador adecuado a las lámparas que deseamos instalar, de forma que nos proporcione el voltaje de pico necesario, el número de impulsos exigidos para encender la lámpara y que admita la capacidad de carga que suponen los cables hasta la lámpara.
- Debe cuidarse la ubicación de manera que haya siempre la mínima distancia desde el arrancador a la lámpara, para que la capacidad de los cables sea mínima y así asegurar el encendido. Dicha capacidad depende de la separación entre sí de los cables y de su longitud.
- El conductor portador del impulso de alta tensión, el cual se indica en todos los arrancadores, debe de ser un aislamiento para tensión de servicio no menor de 1 kV, y estar conectado al contacto central del portalámparas para favorecer el encendido del mismo.
- Hay que respetar siempre la forma de conexionado que se indica en el esquema del arrancador.
- Evitar que en el alojamiento del arrancador pueda haber humedad, entrada de agua o condensaciones, ya que ello puede provocar derivaciones entre terminales o a tierra que nos anularían el impulso de alta tensión, no produciéndose el encendido.
- También tenemos que evitar una excesiva temperatura ambiente que pueda provocar un sobrecalentamiento en el arrancador y ponga en peligro su duración.
- El arrancador produce tensiones de hasta 5 kV, por ello deben cuidarse especialmente los aislamientos de los cables que los soportan y no trabajar nunca en la luminaria sin estar seguros de que la tensión de alimentación esta cortada.
- Tener conectado el condensador de corrección del factor de potencia para evitar pérdidas de impulso hacia la red.

Condensadores

El condensador eléctrico es un sistema formado por dos conductores separados por un aislante. Si no se coloca ningún elemento entre los dos conductores, es el aire el que hace de aislante; ahora bien, generalmente, el aire se sustituye por otro aislante de mayor poder dieléctrico, lo que permite aproximar mucho los conductores (armaduras) sin que las cargas eléctricas salten de uno a otro.

Circuito Capacitivo Puro

La capacidad (capacitancia) de un circuito eléctrico o de un elemento de circuito sirve para retardar una variación de tensión que se aplica entre sus bornes. Este retardo es causado por la absorción o cesión de energía y está asociado con la variación en la carga de electricidad. Un circuito capacitivo puro es aquel cuya resistencia óhmica es cero (capacitancia pura).

Reactancia de Capacidad

La capacidad de un circuito sirve para retardar el aumento o disminución de la tensión, pero en ningún caso previene ni limita el cambio. Ahora bien, la frecuencia limita la amplitud de la corriente en un valor igual a:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

A este valor le llamamos reactancia capacitiva, X_C , que crece al disminuir la frecuencia y viceversa.

Reactancia Inductiva

La inductancia de un circuito sirve para retardar el aumento o disminución de la corriente, pero en ningún caso previene o limita el cambio.

2.3.4 Corrección del factor de potencia

El factor de potencia (f.d.p.) o $\cos \varphi$ de la instalación nos da idea del nivel de consumo de energía reactiva. Ésta no es más que la energía que, en el caso del alumbrado público, emplean las lámparas de descarga al generar campos magnéticos. No produce trabajo útil, por lo que debemos tratar de corregir el f.d.p. mediante la colocación de baterías de condensadores.

Dicha corrección lleva implícito un menor gasto económico en la factura de electricidad, pues es complemento que en forma de recargo o descuento nos va a aplicar la compañía distribuidora o comercializadora de electricidad.

La compensación o corrección del f.d.p. nos aporta además, otra serie de ventajas como la reducción de las caídas de tensión, la disminución de la sección necesaria para los conductores, la reducción de pérdidas en los transformadores y nos permite disponer de una mayor potencia en la instalación. Estas ventajas son de especial interés cuando nuestro suministro se trate de un alumbrado público, ya que es bastante normal, la instalación de puntos de luz adicionales en el circuito, a causa de un aumento de las necesidades de iluminación o de la modificación del trazado urbano. Así, no nos veremos en la obligación de modificar la sección de los conductores para introducir esos nuevos puntos de luz.

Los dos sistemas que se utilizan para la corrección del factor de potencia son la implantación de condensadores en cada lámpara y la instalación de una batería de corrección del factor de potencia en cabecera de línea.

El primer sistema, es más que una alternativa una obligación, ya que ninguna lámpara de descarga debe instalarse sin su condensador. Ahora bien, los condensadores tienen una vida útil determinada, por lo que deberemos tenerlo en cuenta a la hora de programar nuestras tareas de mantenimiento, debido a que su control se hace difícil por estar situado en el interior de la luminaria.

Por consiguiente, se hace necesaria la instalación de una batería para la corrección del factor de potencia instalada en cabecera de línea, que esté debidamente dimensionada y que tenga un microprocesador, para ajustar lo más posible su factor de potencia al solicitado en cada momento por la instalación y no producir efectos capacitivos en la red. Debemos dimensionar las baterías para la potencia nominal o instalada y no para la demandada en ese momento, pues los condensadores que existen en la instalación y que cumplen su función, en el momento que acaben su vida útil, dejarán de funcionar y tendremos que ampliar la batería para corregir este nuevo f.d.p., más aún teniendo en cuenta que el periodo habitual de retorno económico de la inversión es muy favorable para estos elementos, oscilando entre seis meses y dos años. Tampoco conviene olvidar las bonificaciones que obtendremos de la compañía eléctrica por la corrección del f.d.p.

El cálculo de la energía reactiva, se puede realizar, por medio de:

- Tablas, conociendo el f.d.p. real y el factor de potencia al que queremos tener la instalación.
- A partir de mediciones efectuadas, con instrumentos apropiados como pueden ser registradores analizadores de redes y con pinzas multimétricas.
- A partir del recibo de la Compañía.

$$\cos \varphi = W_a / \sqrt{(W_a^2 + W_r^2)}$$

Siendo:

W_a = cantidad registrada por el contador de energía activa en kWh.

W_r = cantidad registrada por el contador de energía reactiva en kVArh.

2.3.5 Equipos de Ahorro de Energía

En los alumbrados públicos con lámparas de descarga puede reducirse el consumo energético en las horas de madrugada o en circunstancias de menor exigencia visual mediante la reducción del flujo luminoso.

En las antiguas instalaciones se solían montar dos lámparas sobre cada luminaria destinada a alumbrado viario, con objeto entre otros de disponer de dos niveles de iluminación según las conveniencias. Actualmente se utiliza una luminaria con una sola lámpara de descarga incorporada y con equipo de doble nivel.

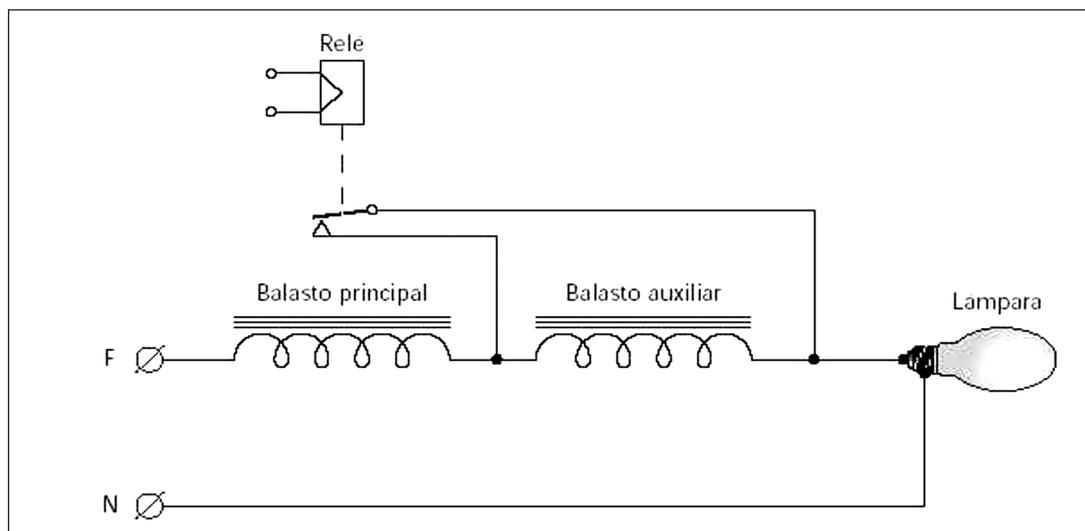
Balasto Electromagnético de Doble Nivel

Este balasto, permite la reducción de la potencia consumida mediante la introducción en el circuito de la lámpara de una inductancia adicional incorporada en el mismo núcleo de hierro de la inductancia principal. A continuación se esquematizan tres formas conocidas del sistema de doble nivel referido a una lámpara de vapor de mercurio.

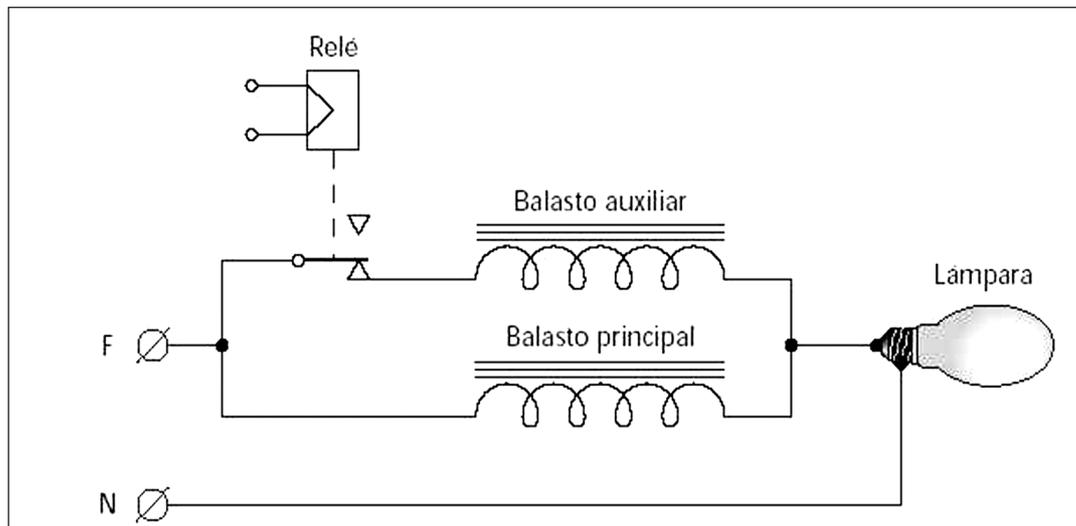
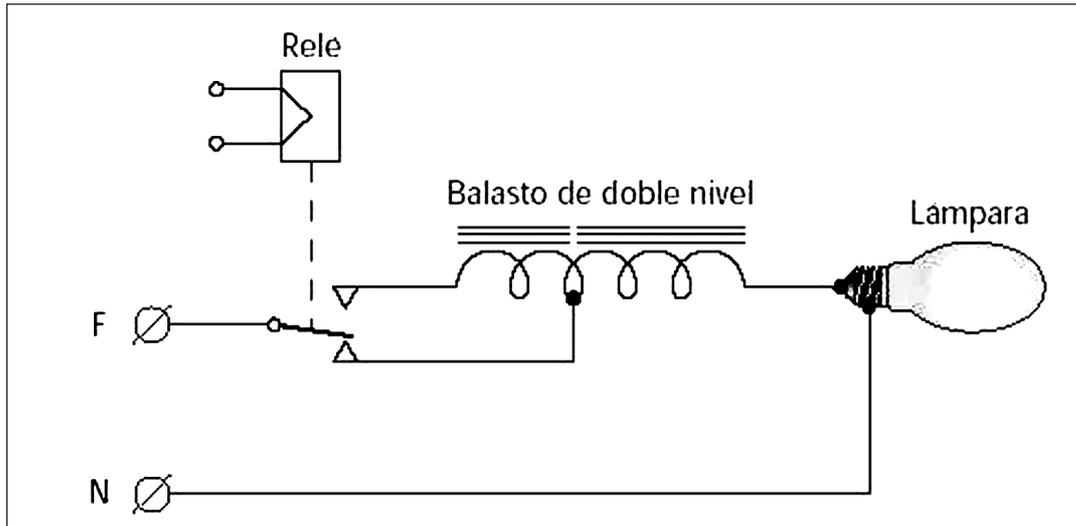
En cualquier caso, se reduce el consumo de la lámpara al actuar el relé, conectado con una línea de mando existente en la instalación. También puede disponerse de un temporizador en el equipo de cada luminaria, que programado según se precise haga el paso del nivel normal al reducido.

El sistema de doble nivel que estamos describiendo puede aplicarse en lámparas de mercurio a alta presión y en lámparas de sodio de alta presión. Este sistema no es adecuado con las lámparas de halógenos metálicos porque el color de la luz resulta muy afectado por la potencia emitida.

En los sistemas de ahorro energético con varios niveles de iluminación, hay que vigilar el factor de potencia de la instalación, siendo a veces necesario en el nivel mínimo reducir la capacidad instalada necesaria para el nivel máximo. Una ventaja añadida en los equipos de doble nivel, es la mayor duración de equipos y lámparas, ya que generalmente, las sobretensiones perjudiciales se producen en las líneas en las horas en que se ha conectado el alumbrado al nivel reducido.



Conexión de Balasto Electromagnético de doble nivel



Conexiones de Balasto Electromagnético de doble nivel

Reguladores de flujo en cabecera de línea

Es ésta una técnica que consiste básicamente en reducir la tensión de alimentación al conjunto lámpara - balasto, con lo que se obtienen reducciones de potencia en torno al 40 % para reducciones de flujo luminoso del 50 %.

Actualmente son equipos electrónicos estáticos, que actúan en forma independiente sobre cada una de las fases de la red, con el fin de estabilizar la tensión de cada una de éstas respecto al neutro común en el circuito de salida o utilización y reducir el nivel de dicha tensión a partir de la orden apropiada para producir una reducción de flujo luminoso y el consiguiente ahorro energético o viceversa.

Para tensiones de alimentación nominales al conjunto lámpara-balasto de 220 V, la reducción de tensión es a 175 V para el sodio alta presión y a 195 V para el vapor de mercurio.

Se instalan en cabecera de línea, alojándose en el propio armario de maniobra y medida, o bien en un armario independiente junto a éste.

A la función fundamental de estabilización y reducción de tensión, los diferentes fabricantes añaden diferentes funciones complementarias, como pueden ser protecciones o dispositivos de seguridad, elementos de maniobra, medida, telecontrol, etc.

La principal ventaja que aporta el reductor en cabecera de línea respecto a los balastos electromagnéticos de doble nivel desde el punto de vista de utilización práctica, es la tensión de alimentación, tanto en el nivel máximo de plena potencia como en el nivel reducido o segundo nivel. Cabe destacar también el hecho de que puede aplicarse de forma relativamente fácil y sencilla en alumbrados realizados con anterioridad, sin que sea necesario una intervención, siempre costosa, en cada uno de los puntos de luz del alumbrado.

Por otra parte, hay que señalar la incompatibilidad, o cuando menos el bajo aprovechamiento de estos sistemas en aquellos casos en los que en la misma instalación de alumbrado se mezclan lámparas de vapor de sodio y vapor de mercurio o en instalaciones antiguas en que las secciones de los conductores se han visto "disminuidas" por el efecto de ampliaciones posteriores o el progresivo incremento de la disminución de aislamiento entre conductores y tierra.

Limitaciones de los equipos de ahorro energético

Es indudable, que la aportación de los equipos descritos anteriormente, balastos electromagnéticos de doble nivel y reguladores estabilizadores en cabecera de línea en el campo del ahorro energético han sido importantes. Ambos tienen no obstante limitaciones, por dos conceptos básicos:

La baja eficiencia o rendimiento energético de los equipos y otros problemas derivados que afectan a la funcionalidad u operatividad.

Como decíamos, está bien tratar de obtener una economía, incluso podemos decir un ahorro importante, adaptando los niveles de iluminación a las necesidades viales, pero no podemos obviar que en los equipos auxiliares necesarios para el funcionamiento de las lámparas de descarga se generan pérdidas evaluadas entre el 14 % y el 20 % solamente en los balastos electromagnéticos estándar del tipo pasivo.

Haciendo una ponderación estimativa en función del tipo de alumbrado, potencia utilizada y componentes del equipo asociado, el consumo real de potencia en la red se incrementa entre un 9,3 % y un 27,5 % sobre la potencia nominal de la lámpara.

En el caso de los balastos de doble nivel, es necesario considerar, además, la influencia de las variaciones de la tensión de red sobre la potencia en la lámpara, y como consecuencia en las pérdidas adicionales y reducción de la vida útil.

En general, sobretensiones del 10 % en red dan lugar a sobrepotencias del 30 % en las lámparas de descarga.

Las lámparas a lo largo de su vida útil, sufren un envejecimiento natural, que se manifiesta en incrementos de la tensión de arco, a la vez que una disminución del desfase entre la tensión de arco y la tensión de red.

Los reguladores en cabecera de línea, basan su función como reductores de flujo y potencia en la reducción de la tensión de red.

Puede decirse pues, que las dos acciones, el aumento de la tensión de arco como consecuencia del envejecimiento natural por funcionamiento, y la disminución de la tensión de red por actuación del propio reductor, suman sus efectos respecto a alcanzar la igualdad entre los valores de reencendido y valor instantáneo de la tensión de red o dicho de otra forma el punto de extinción de arco o final de vida útil de lámpara.

Este efecto se acentúa, sobre aquellas lámparas más alejadas del equipo reductor en cabezera, como consecuencia de las caídas de tensión a lo largo de los conductores de la instalación de alumbrado.

Lamentablemente, en la práctica, aquel ahorro del 40 % pretendido durante las horas de reducción, queda disminuido, ya que, se hará necesaria una reposición de lámparas más frecuente, lo que supone sobrecostos en la explotación del alumbrado.

Unidad Compacta de Ahorro de Energía

La evolución, de componentes y técnicas electrónicas, ha dado lugar a que en la actualidad sea posible abordar el desarrollo industrial de balastos electrónicos para el control y regulación de lámparas de alta intensidad de descarga, aportando soluciones a los problemas o imperfecciones que otras técnicas tenían como pendientes.

El ECOLUM, es una unidad compacta que sustituye a todos y cada uno de los componentes asociados a cada lámpara: balasto electromagnético, condensador para corrección del factor de potencia, y arrancador o ignitor en el caso de lámparas de vapor de sodio de alta presión. Incorpora también los elementos necesarios para realizar de forma autónoma y automática la reducción de flujo y potencia en determinados periodos de funcionamiento del alumbrado.

Pérdidas propias, alta frecuencia y potencia consumida.

En todas las condiciones de funcionamiento (máxima potencia y nivel reducido) las pérdidas propias del Ecolum, no superan el 4 % o 5 % de la potencia eléctrica consumida por la lámpara.

Por trabajar la lámpara en alta frecuencia, mejora el rendimiento lumínico, es decir la relación lúmenes/vatio, respecto al que esa misma lámpara daría, alimentada a través de un balasto electromagnético estándar, a su tensión nominal y a una frecuencia de red de 50 Hz o 60 Hz.

Todo esto hace posible que la lámpara controlada por el Ecolum, consuma de la red una potencia equivalente a su potencia nominal para dar el mismo o incluso más flujo que con un equipo estándar ahorrando todas las pérdidas de estos últimos.

Ejemplo: supongamos una instalación de alumbrado compuesta por 60 puntos de luz con lámparas de vapor de sodio alta presión de 100 W, y para una red de tensión nominal 220 V, 50 Hz.

Con un equipo estándar el consumo de potencia de cada punto de luz sería de 116 W y por tanto el consumo de esta instalación sería:

$$60 \times 116 \text{ W} = 6.960 \text{ W/h}$$

para el mismo flujo, con el Ecolum:

$$60 \times 105 = 6.300 \text{ W/h}$$

$$\text{Diferencia o Ahorro Energético: } 6.960 \text{ W/h} - 6.300 \text{ W/h} = 660 \text{ W/h}$$

Estabilización de la potencia frente a variaciones de la tensión de red.

El Ecolum mantiene estable, con precisión de 1 W, el consumo de red de una lámpara determinada, frente a variaciones comprendidas entre 180 V y 250 V. En el caso de sobretensiones y comparándolo con equipos convencionales, incluso con los balastos electromagnéticos de doble nivel, la estabilización de potencia proporcionaría un ahorro adicional de hasta un 30 %, en función de dicha sobretensión. Suponiendo subtensiones, en cualquier punto de la línea se aseguraría tanto el arranque como el funcionamiento estable de las lámparas.

Como dato importante, conviene aclarar que la estabilización de la potencia frente a las variaciones de la tensión de red, se produce de igual forma en cualquiera de los estados de funcionamiento: máxima potencia o potencia reducida.

Sobreintensidades durante el proceso de arranque de las lámparas.

Durante el proceso normal de arranque, y hasta que las lámparas alcanzan la estabilidad térmica y la de los parámetros eléctricos y lumínicos, se producen sobreintensidades en la red, hasta valores que pueden alcanzar 2 veces la intensidad nominal.

El problema de sobredimensionado de conductores, podría eliminarse con la utilización del Ecolum, ya que la intensidad durante el proceso de arranque nunca sobrepasa el valor nominal después de la estabilización.

2.4 Eficacia Energética en Iluminación Pública

Tradicionalmente, los métodos utilizados para el ahorro de energía, prácticamente se redujeron al apagado total de las instalaciones a una determinada hora o al apagado de uno de cada dos puntos del alumbrado (regulación a flujo nulo). Como se puede observar, se trata de métodos absolutamente obsoletos y de muy poco calado social. Razones tan diversas como la seguridad ciudadana, la estética nocturna de nuestras ciudades y pueblos o alcanzar los niveles de uniformidad requeridos, hacen estas prácticas poco recomendables. Para alcanzar nuestro objetivo, debemos ser capaces de compatibilizar tres aspectos fundamentales:

- Ahorrar energía.
- Mantener niveles de iluminación aceptables.
- Reducir la contaminación luminosa.

Sistema de Encendido y Apagado de la Instalación

El ciclo de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado público se puede dividir en tres periodos bien determinados: encendido, apagado de la instalación y reducción del flujo luminoso.

El encendido y apagado de la instalación de alumbrado público se lleva a cabo mediante:

- Interruptor crepuscular: este sistema se basa en la luminosidad ambiental.
- Interruptor horario astronómico: este sistema se basa en el cálculo de los ORTOS y OCASOS en función de la latitud y longitud donde se encuentre situada la instalación.

El uso de ambos sistemas conjuntamente, consiguen mejorar notablemente sus funciones individuales de encendido y apagado de la instalación de alumbrado.

2.5 Sistema de Gestión Centralizada

Las instalaciones de alumbrado por norma suelen abarcar áreas extensas (término municipal) y las acciones de vigilancia tienen un carácter repetitivo, por lo que deberá implantarse un sistema que evite las rondas de vigilancia del personal, nos proporcione información fiable y completa y permita un control sobre la instalación de alumbrado en todo momento, aportando una serie de ventajas:

- Ahorro energético: mejor ajuste de los parámetros de la instalación. Control del encendido y apagado de la instalación y la entrada del nivel de reducción del flujo luminoso.
- Reducción de los gastos de mantenimiento: se reduce el gasto del material de reposición y del personal de mantenimiento de la instalación.
- Mejora de la calidad del servicio: conocimiento en tiempo real de cualquier alarma que se pueda presentar en la instalación.

Todo ello se consigue mediante los sistemas de gestión centralizada:

- Sistema de gestión punto a punto: este modelo de gestión como su propio nombre indica, establece un control sobre cada uno de los puntos que forman la instalación de alumbrado. Se necesita un módulo de control por cada una de las luminarias sobre las que se pretende actuar, lo que encarece su instalación.

La transmisión entre el cuadro de mando y los módulos de control colocados en cada punto a controlar se realiza por línea de alumbrado, mientras que la transmisión entre el cuadro de mando y la central remota (PC), se puede realizar vía radio, telefónica o GSM.

Actualmente este tipo de sistema de gestión centralizada punto a punto no está totalmente desarrollado, por problemas con la transmisión por línea de alumbrado.

- Sistema de gestión a cuadro de mando: Es el sistema de gestión centralizada más desarrollado. El modelo presenta un control sobre el cuadro de mando de la instalación. A diferencia con el modelo de gestión punto a punto, éste sólo necesita de un módulo de control en el cuadro de mando. La comunicación entre el módulo de control y la unidad remota (PC) se realiza vía radio, telefónica o GSM, siendo esta

última vía la más aceptada por su óptima fiabilidad. El módulo de control colocado en el cuadro de mando, paralelamente a su función de control de la instalación, permite mantener un historial sobre la instalación en cuanto a consumos, potencia demandada, valores de tensión, etc..

2.6 Mantenimiento

Debemos tener en cuenta los dos tipos de mantenimiento que, con relación al alumbrado público vamos a tener que realizar: el correctivo y el predictivo.

En esta guía vamos a tratar de hacer hincapié en la importancia del mantenimiento predictivo frente al correctivo, ya que una buena labor en el primero nos va a evitar o aplazar muchas de las tareas del segundo.

La importancia del mantenimiento predictivo reside fundamentalmente en la reducción e incluso la eliminación de ciertas tareas de mantenimiento correctivo habituales en cualquier instalación de alumbrado público. Dicho mantenimiento se debe realizar al menos una vez al año, como una actividad programada. La simple labor de limpieza periódica de luminarias, nos va a aportar una serie de importantes ventajas, ya que su no realización reduce el flujo luminoso de la lámpara en un valor que oscila entre 0,75 - 0,9, es decir, que estamos perdiendo de un 75 % a un 90 %, del flujo luminoso, sólo por el hecho de no limpiar la luminaria, el reflector, el cierre, etc..

Esta pérdida o disminución del flujo luminoso no produce como tal un aumento de consumo de energía, pero podemos darnos cuenta que debido a la suciedad de la luminaria, la iluminación de una vía puede llegar a ser insuficiente, pudiendo llegar a confundirnos y hacernos creer en la necesidad de aumentar el número de puntos de luz o de la potencia nominal de las lámparas.

Pero el mantenimiento predictivo no se refiere tan solo a la limpieza de equipos, también debe incluir un programa de sustitución de lámparas atendiendo a su vida útil, pues aunque continúe funcionando, el flujo luminoso radiado por ella al final de su vida útil es un 70 % del inicial y su consumo es mayor. El programa debe contemplar igualmente la sustitución de condensadores y la verificación del buen funcionamiento de los equipos o sistemas de los que conste nuestra instalación.

Todo ello implica la necesidad de poseer un perfecto conocimiento al nivel de detalle de nuestra instalación, lo que nos introduce en el siguiente apartado: la realización de un inventario de las instalaciones.

2.7 El Inventario de las Instalaciones

Es necesario disponer de un sistema donde estén expuestos los datos más importantes del alumbrado público, como pueden ser: emplazamiento de la acometida, número y situación de lámparas, tipo y potencia, sistema auxiliar de encendido y tipo de luminaria.

Para la realización de inventarios, existen diferentes métodos y sistemas que nos van a simplificar las tareas de actualización de los datos, tales como las bases de datos, ya sean gráficas o alfanuméricas. Hay sistemas de información, muy útiles pues combinan la información

gráfica con la alfanumérica, y por supuesto, de una manera tan fácil y sencilla como el papel y el lápiz.

Un buen inventario actualizado de las instalaciones va a permitir tener un conocimiento total de todos los elementos del sistema de alumbrado, conocer la potencia de una lámpara determinada, su marca, saber su fecha de instalación y cuántas horas lleva funcionando, sustitución de lámparas, equipos auxiliares, etc.. En definitiva, facilitar el trabajo y prestarnos una ayuda extra a la hora de intentar reducir o mejorar nuestros consumos, hecho que repercutirá en un ahorro energético y en consecuencia, en un menor consumo energético.

A continuación se expone un inventario tipo a modo de guía:

1. Inventario de acometidas y/o centros de mando:

- Nombre, Situación y Año de la instalación de la acometida.
- Compañía Suministradora.
- Número de hoja del plano en donde está ubicada.
- Sección de la acometida.
- Tensión de alimentación.
- Tipo de armario.
- Centro de transformación, o red del que se alimenta.
- Número de salidas. Esquema unifilar.
- Potencia conectada (contratada o instalada) (en vatios).
- Tarifa de Contratación.
- Contadores (Energía activa, reactiva y discriminación horaria).
- Reducción de régimen.
- Tipo de dispositivo de encendido: Crepuscular – Horario – Manual – otros.
- Estado actual de la acometida.

2. Inventario de lámparas:

- Tipo y potencia de las lámparas.
- Número de lámparas por acometida y total.
- Situación.

3. Inventario de soportes y luminarias:

- Tipo y antigüedad de los soportes
- Tipo y antigüedad de las luminarias.
- Número total.

4. Estado de las instalaciones:

- Niveles comparativos de iluminación entre diferentes zonas.
- Ajuste horario.
- Averías.
- Estado general de limpieza y envejecimiento.

5. Medios disponibles:

- Personal, vehículos e instrumentación municipal.
- Personal, vehículos e instrumentación contratado.

6. Control del Consumo Energético:

- Estudios sistemáticos realizados por los servicios municipales.
- Estudios esporádicos realizados por los servicios municipales.
- Estudios realizados por los técnicos externos.
- Descripción del proceso de control actual.

7. Descripción de proyectos e instalaciones.

8. Mantenimiento:

- Control general del funcionamiento de las instalaciones.
- Revisiones sistemáticas.
- Reparación de averías.
- Limpieza de luminarias.
- Reposición de lámparas, soportes y equipos auxiliares.

9. Datos urbanísticos:

- Datos de población, superficie y densidad.
- Superficie y longitud de los espacios viales.
- Actividades realizadas.
- Clasificación de los espacios viales.

10. Presupuestos:

- Instalaciones de nuevos alumbrados.
- Renovación del alumbrado existente.
- Mantenimiento.
- Consumo de energía.
- Inversiones del municipio.
- Presupuesto ordinario del Municipio.

Con respecto a la realización del citado inventario, el primer paso a realizar es el conocimiento y la cuantificación de los elementos que disponemos en las vías del término municipal. El inventario debe partir de la acometida o centro de mando como queda reflejado en el primer punto del inventario tipo reproducido anteriormente, pues la primera cuantificación será el número de centros de mando de que disponemos, a todos ellos les tendremos que dar un número de tres cifras pues es improbable que dispongamos de un número mayor de 1 000 centros de mando en un término municipal con lo cual queda identificado con el citado número

y a partir de este momento se reconocen todos los elementos que constituyen dicho cuadro de mando.

Una vez realizada la codificación del centro de mando y los datos solicitados del punto primero, sería recomendable el inventariado de los elementos de protección del citado cuadro, indicando su capacidad, marca y tipo, resultados que se deben tener en los citados esquemas unifilares para su posterior identificación y sustitución en caso de avería.

Posteriormente, debemos de proceder al conocimiento de todas y cada una de las vías que alimenta el centro de mando, como todas estas vías están codificadas anteriormente utilizaremos dichos códigos y a partir de este punto reconocer el número y el código de los puntos de luz de cada una de ellas.

En efecto, cada tipo de punto de luz al igual que cada elemento que compone dicho punto de luz y cada calle de la zona, tiene un número o código asignado que los identifica y diferencia de los demás, facilitando su clasificación, alteración y localización.

Indicando en cada punto de luz para su posterior codificación:

- Tipo y potencia de lámpara.
- Tipo de soporte.
- Tipo de luminaria.

Cuestiones que se reflejan en los puntos 2 y 3 del inventario tipo.

En los apartados anteriores hablábamos de punto de luz de una forma general, es decir, del caso más habitual en donde el número de luminarias y lámparas coincide con el número de soportes. Pero existen otros muchos casos en donde dos o más puntos de luz –luminaria y lámpara- se encuentran en un mismo soporte o por el contrario es la luminaria la que alberga más de una lámpara.

Estas unidades las podemos denominar Conjuntos, en donde hay un elemento común o soporte que sustenta las unidades luminosas. Cada conjunto tiene un código diferente entre sí.

Si además determinamos el ancho de la calle y su longitud, podremos tener una orientación de niveles luminosos.

Para una identificación del punto de luz debemos de codificarlo para proceder a su numeración, al menos en el plano y si podemos en la calle, teniendo en cuenta el criterio de ausencia de repetición de puntos en la misma.

CENTRO DE MANDO	000
CODIGO DE VIA	000
PUNTO DE LUZ EN VIA.	000

En consecuencia, la numeración de un punto de luz se hace en función de la calle y no del Centro de Mando. Si todo esto lo realizamos con una base de datos adecuada podemos obtener entre otras la siguiente información:

- Listado de material existente en varios puntos.
- Listado de calles donde hay un determinado punto de luz.

Con esta información, al introducir en el ordenador el código del punto de luz que deseamos, sabremos en qué cantidad y en qué calles se encuentra instalado, proporcionando la siguiente información:

- Cantidad y número de los puntos de luz en cada calle.
- Código y nombre de las vías.
- Número de los centros de mando correspondientes.

Pero en la citada base de datos también podemos conocer el control de los trabajos programados y así poder disponer de un mantenimiento efectivo; el control de los trabajos a realizar en todas y cada una de las calles y centros de mando, por lo que el trabajo se dispone en dos grupos:

- Información a nivel de calle:
 - Reparación programada de lámparas.
 - Limpieza de faroles y globos.
 - Inspección y medición de tomas de tierra.
 - Pintura de báculos y columnas.
 - Pintura de brazos murales.
 - Cualquier otro programa presente o futuro.
- Información al nivel de centro de mando:
 - Inspección y medición de centros de mando.
 - Inspección y medición de tomas de tierra.
 - Cualquier otro programa presente o futuro.

También es posible en la mencionada base de datos el Control de Averías y Reparaciones, cuya función es pretender el almacenamiento de información respecto a averías, reparaciones y reposiciones que se realicen en el alumbrado urbano.

Diariamente se introducirá en el ordenador todas las lámparas, báculos, luminarias, equipos, etc., que se hayan sustituido o reparado con indicación de fecha, nombre de la calle y número de punto de luz afectado, para de esta forma poder tener un control exhaustivo del comportamiento de las instalaciones de alumbrado.

La citada información resulta de utilidad para la posterior confección del presupuesto municipal en cuestión de gasto de material, solicitud de ofertas de material por disponer de idénticos materiales y no un conjunto vasto de elementos para almacenar, etc.

Otra función a tener en cuenta en una base de datos es la cuestión de las altas, bajas y modificaciones, pues se utiliza en lo referente a las instalaciones en las cuales se producen sustituciones actualizando la base de datos, y manteniéndolo al día, para el buen funcionamiento del servicio.

3 Normativa de Eficiencia Energética en Edificios

aven

Agencia Valenciana
de la Energía

3 Normativa de Eficiencia Energética de los Edificios

3.1 Directiva Europea

3.1.1 Introducción

La vigente normativa energética de los edificios en España tiene su origen en el R.D. 2429/79, de la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79, sobre Condiciones Térmicas en los Edificios, quedando definidos térmicamente mediante el coeficiente de transmisión térmica global (K_G).

Por lo que respecta a las instalaciones térmicas en los edificios, R.D. 1618/1980 aprobó el reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, con la finalidad de racionalizar el consumo, quedando posteriormente derogado con la entrada en vigor del reglamento de instalaciones térmicas en los edificios RITE y sus instrucciones técnicas complementarias ITE R.D. 1751/1998.

La Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, 2002/91/CE, establece un nuevo marco normativo para la eficiencia energética de los edificios.

Los Estados miembros de la UE pondrán en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en la Directiva 2002/91/CE a más tardar el 4 de enero de 2006.

3.1.2 Directiva 2002/91/CE

Objetivos

El objetivo de la presente Directiva es fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad Europea, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia. Dichas medidas no deben contravenir otros requisitos esenciales aplicables a los edificios, tales como la accesibilidad, la prudencia y la utilización a la que se destinen los edificios.

La presente directiva establece requisitos en relación con:

- *El marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios.* La Eficiencia Energética de los Edificios debe ser calculado con una metodología, que podrá ser diferente a escala regional, que comprenda no sólo el aislamiento térmico sino también otros factores que desempeñan un papel cada vez más importante, tales como las instalaciones de calefacción y aire acondicionado, la utilización de fuentes de energía renovables y el diseño del edificio. Dicha eficiencia se reflejará de forma clara y podrá incluir un indicador de emisiones de CO_2 .

En España, desde hace tiempo se está trabajando en la Calificación Energética de Edificios (CALENER), por parte de la Administración (Ministerio de Fomento e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, junto con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Sevilla).

- *La aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos.* Los edificios tienen gran incidencia en el consumo de energía a largo plazo (el sector de la vivienda y los servicios, compuesto en su mayoría por edificios, absorbe más del 40 % del consumo final de energía en la Unión Europea), por lo que todos los edificios nuevos deberán cumplir unos requisitos mínimos de eficiencia energética adaptados a las condiciones climáticas locales. A este respecto, se deben orientar las buenas prácticas a un uso óptimo de los elementos relativos a la mejora de la eficiencia energética. Como en general no se aprovecha completamente el potencial que ofrece la utilización de fuentes de energía alternativas, debe considerarse la viabilidad técnica, ambiental y económica de tales fuentes.
- *La aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de grandes edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.* Este es un buen momento para implantar medidas eficaces en relación con el coste para aumentar su rendimiento energético. Son reformas importantes, por ejemplo, los casos en que los costes totales de la renovación referentes al cerramiento exterior del edificio o a instalaciones energéticas tales como calefacción, suministro de agua caliente sanitaria, aire acondicionado, ventilación e iluminación son superiores al 25 % del valor del edificio, excluyendo el valor del terreno en el que está construido, o cuando se renueva más del 25 % del cerramiento exterior del edificio.
No obstante, la mejora de la eficiencia energética global de un edificio existente no significa necesariamente una renovación total del edificio sino que puede limitarse a aquellas partes que sean más importantes para la eficiencia energética del edificio y tengan una rentabilidad adecuada. Debe ser posible recuperar costes adicionales relacionados con dicha renovación en un plazo razonable respecto a la esperanza teórica de vida de la inversión por medio de mayores ahorros de energía.
- *La certificación energética de edificios.*
- *La inspección periódica* de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios y, además, la evaluación del estado de la instalación de calefacción con calderas de más de 15 años.

Definiciones

A efectos de la presente Directiva resumidamente se expresan los contenidos de dichos términos:

Edificio: construcción techada con paredes en la que se emplea energía para acondicionar el clima interior; puede referirse a un edificio en su conjunto o a partes del mismo que hayan sido diseñadas o modificadas para ser utilizadas por separado.

Eficiencia Energética de un Edificio: el rendimiento energético total de un edificio, reflejado en uno o más indicadores cuantitativos calculados teniendo en cuenta el aislamiento, las características técnicas de la instalación, el diseño y la orientación, en relación con los aspectos climáticos, la exposición solar y la influencia de construcciones próximas, la generación de energía propia y otros factores, incluidas las condiciones ambientales interiores, que influyan en la demanda de energía.

Certificado de Eficiencia Energética de un Edificio: certificado reconocido por el Estado miembro, o por una persona jurídica designada por él, que incluye la eficiencia energética de un edificio calculada con arreglo a una metodología basada en el marco general.

Cogeneración (producción combinada de calor y electricidad): la conversión simultánea de combustibles primarios en energía mecánica o eléctrica y térmica.

Sistema de Aire Acondicionado: la combinación de todos los elementos necesarios para proporcionar un tipo de tratamiento del aire en el que se controla o puede reducirse la temperatura, posiblemente en combinación con el control de la ventilación, la humedad y la pureza del aire.

Caldera: la combinación de caldera y quemador diseñada para transmitir el calor de la combustión a un fluido térmico.

Potencia Nominal Efectiva (kW): la potencia calorífica máxima expresada y garantizada por el fabricante para obtenerse en régimen de funcionamiento continuo, respetando el rendimiento útil expresado por el fabricante.

Bomba de Calor: un dispositivo o instalación que extrae calor de una fuente fría exterior y lo transmite al interior del edificio.

3.2 Certificado de Eficiencia Energética

1) Cuando los edificios sean vendidos o alquilados se pondrá a disposición del propietario o inquilino, un certificado de eficiencia energética, de validez no superior a 10 años.

Para las viviendas o locales destinados a usos independientes situados en un mismo edificio, la certificación podrá basarse en:

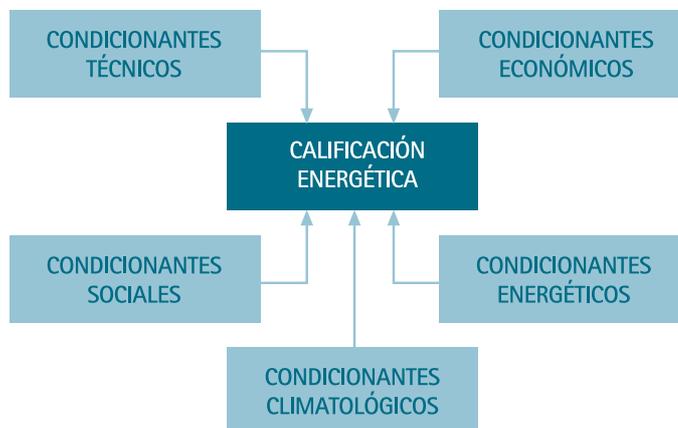
- Una certificación única de todo el edificio, para aquellos con sistema centralizado de acondicionamiento térmico.
- O bien en la evaluación de una vivienda representativa del mismo edificio.

2) El certificado de eficiencia energética de un edificio deberá incluir valores de referencia tales como la normativa vigente y valoraciones comparativas, con el fin de que los consumidores puedan comparar y evaluar la eficiencia energética del edificio. El certificado deberá ir acompañado de recomendaciones para la mejora de la relación coste-eficacia de la eficiencia energética.

El objetivo de los certificados se limitará al suministro de información, y cualesquiera efectos de los mismos en acciones judiciales o de otro tipo se decidirán de conformidad con las normas nacionales.

3) Los edificios con una superficie útil superior a 1.000 m² ocupados por autoridades públicas o instituciones que presten servicios públicos a un número importante de personas y que, por consiguiente, sean frecuentados habitualmente por ellas, debe garantizar que se exhiba, en lugar destacado y claramente visible por el público, un certificado energético con una antigüedad no superior a 10 años.

De forma esquemática en el siguiente diagrama se presentan todos los factores o condicionantes que afectan a la Calificación Energética para el Sector de la Edificación



3.3 Marco Normativo para la Eficiencia Energética en los Edificios y sus Requisitos en Nuestro País

Nuestro país deberá poner en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a la directiva antes 4 de enero de 2006.

Nuestra normativa y los trabajos desarrollados anteriormente arrojan el siguiente resultado de cara a la transposición de la propuesta de la Directiva Europea en nuestro país:

- Metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios: se cuenta con una metodología y soporte informático de aplicación denominado CALENER.
- Los requerimientos mínimos de eficiencia energética para edificios nuevos y ya existentes: actualmente estos se encuentran en la NBE-CT-79 y el RITE, con la aprobación del Código Técnico de la Edificación (CTE) estando contenidos en el apartado "Requisitos de Ahorro de Energía" y que están agrupados en los siguientes apartados:
 1. Limitación de Demanda Energética (actualización de la NBE-CT-79).
 2. Rendimiento de las Instalaciones Térmicas (remisión al RITE).
 3. Rendimiento de las Instalaciones de Iluminación.
 4. Producción de Agua Caliente Sanitaria por Energía Solar Térmica.
 5. Energía Solar Fotovoltaica.

Actualmente, se está trabajando en la redacción de un Real Decreto que va a recoger los nuevos requisitos que plantea la Directiva Europea.

3.3.1 Calener

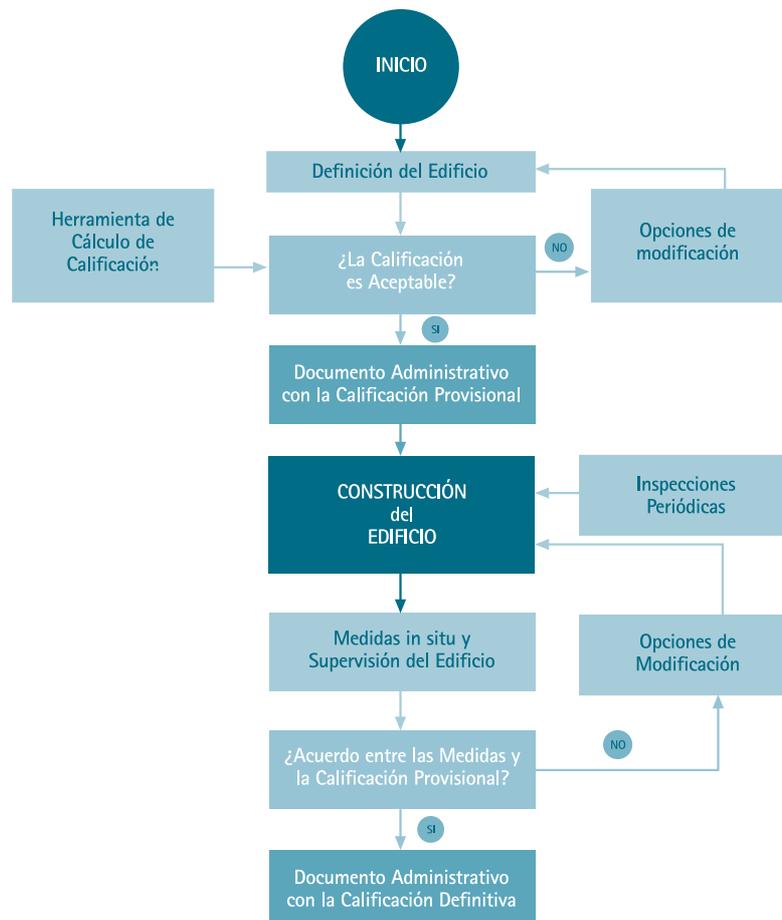
La Directiva SAVE 76/93 establece, entre otras disposiciones, la obligatoriedad para los Estados Miembros de implementar un procedimiento para la Calificación Energética de los edificios, siendo esta Directriz el origen del proceso de Calificación Energética.

El proceso de Calificación Administrativa se desglosa en dos etapas:

- **Calificación Provisional:** es el resultado de aplicar al proyecto del Edificio Objeto la sistemática de evaluación definida por la Herramienta de Cálculo. Es decir, un Técnico Calificador lleva a cabo una evaluación y como resultado de la misma propone una Calificación Provisional la cual puede resultar aceptable o no.
- **Calificación Definitiva:** pretende ratificar la Calificación Provisional, aunque como resultado de la evaluación del edificio durante la fase de entrega la calificación puede variar.

Para que la Calificación Definitiva sea igual o superior que la Calificación Provisional, se considera adecuado que exista una supervisión o inspección del proceso de ejecución del edificio. Con lo que nos aseguráramos que las calidades definidas en el proyecto no son inferiores y la obra se realiza de forma adecuada.

En el diagrama siguiente se muestra, de forma esquemática, el procedimiento de calificación energética de un edificio.



Marco General en el que deberá Inscribirse el Cálculo de la Eficiencia Energética de los Edificios

1. La metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios deberá integrar al menos los aspectos siguientes:

- Características técnicas del edificio (cerramientos exteriores e internos, etc.). Estas características podrán incluir asimismo la estanqueidad del aire.
- Instalación de calefacción y de agua caliente, y sus características de aislamiento.
- Instalación de aire acondicionado.
- Ventilación.
- Instalación de iluminación artificial (especialmente en la parte no residencial).
- Disposición y orientación de los edificios, incluidas las condiciones climáticas exteriores.
- Sistemas solares pasivos y de protección solar.
- Ventilación natural.

2. En el cálculo se tendrá en cuenta la incidencia positiva de los siguientes aspectos, cuando resulten pertinentes:

- Sistemas solares activos u otros sistemas de calefacción o producción de electricidad basados en fuentes de energía renovables.
- Electricidad producida por cogeneración.
- Sistemas de calefacción y refrigeración central o urbana.
- Iluminación natural.

3. A efectos de este cálculo, los edificios deberían clasificarse adecuadamente en categorías como las siguientes:

- Viviendas unifamiliares de distintos tipos.
- Edificios de viviendas.
- Oficinas.
- Edificios de centros de enseñanza.
- Hospitales.
- Hoteles y restaurantes.
- Instalaciones deportivas.
- Edificios comerciales destinados a la venta.
- Otros tipos de edificios que consuman energía.

4 Edificios Públicos: Iluminación

aven

Agencia Valenciana
de la Energía

4 Edificios Públicos: Iluminación

4.1 Introducción

Un buen sistema de alumbrado proporciona "Right light at the right time at the right place", esto es, suficiente luz en el lugar correcto en el momento en que se necesita. Una inadecuada iluminación artificial, en salas donde se trabaja con pantallas de visualización, provoca en los operarios una serie de trastornos que se ponen de manifiesto a nivel de **fatiga visual**. Para conseguir una buena iluminación es necesario apoyarse en el R.D. 486/1997 en su artículo 8, donde se señalan los requisitos para conseguir unos óptimos niveles de iluminación, y así mejorar el aspecto de un espacio y proporcionar un ambiente de trabajo agradable o una zona de descanso atractiva, sin olvidar plantear un sistema de iluminación energéticamente eficiente

En muchos edificios, la iluminación es un importante consumidor energético y un gran componente del coste de servicios.

Energía Consumida (%)	
Oficinas	50 %
Hospitales	20 % - 30 %
Escuelas	10 % - 15 %

Tabla 19: Consumos de Energía Eléctrica en Iluminación.

La energía del alumbrado a menudo se derrocha porque no se sabe lo que está sucediendo en la práctica.

Un buen mantenimiento es esencial, el control regular del uso de la energía y la comprobación de los resultados de eficiencia energética son esenciales. Sin esto, es fácil que algunos fallos de funcionamiento del equipo no se detecten hasta pasado un cierto tiempo. Por ejemplo: el fallo de un sistema de control del alumbrado cuya función sea apagar las luces al final del día puede provocar un considerable consumo de energía innecesario y su coste asociado.

No sólo se deben comprobar los planes de mantenimiento sino también asegurarse de que se realiza una correcta sustitución del equipo, por ejemplo, que las lámparas energéticamente eficientes no se sustituyan por otras menos eficientes. Este fenómeno se ve más acentuado cuando se realiza la sustitución de las lámparas agotadas por otras de marcas no reconocidas. Todo material debe estar sometido a controles de calidad que nos aseguren sus características (Lámparas: flujo luminoso, vida útil, eficacia luminosa, etc.), ya que en estas situaciones la sustitución del material agotado puede salir bastante costosa.

Algunos desarrollos recientes en la tecnología del alumbrado combinados con estrategias de control de iluminación planificadas pueden redundar en una importante reducción del consumo de energía, que típicamente está en el intervalo de 15 % a 50 % de la electricidad que se utiliza normalmente para la iluminación. En instalaciones nuevas, un sistema de alumbrado energéticamente eficiente cuesta un poco más que el antiguo, menos eficiente.

4.2 Tipo de Lámparas

Las lámparas empleadas en iluminación de interiores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.). Las lámparas escogidas, por lo tanto, serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) mejor se adapte a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación, etc.).

Ámbitos de Uso	Tipos de Lámparas más utilizados
Oficinas	Alumbrado general: fluorescente, LBC. Alumbrado localizado: Incandescentes y halógenas de baja tensión.
Industrial	Para luminarias colocadas por debajo de 5-6 m: se usarán fluorescentes. Para luminarias superiores a 5-6 m: se usarán lámparas de descarga de alta intensidad

Tabla 20: Tipos de Lámparas para Iluminación.

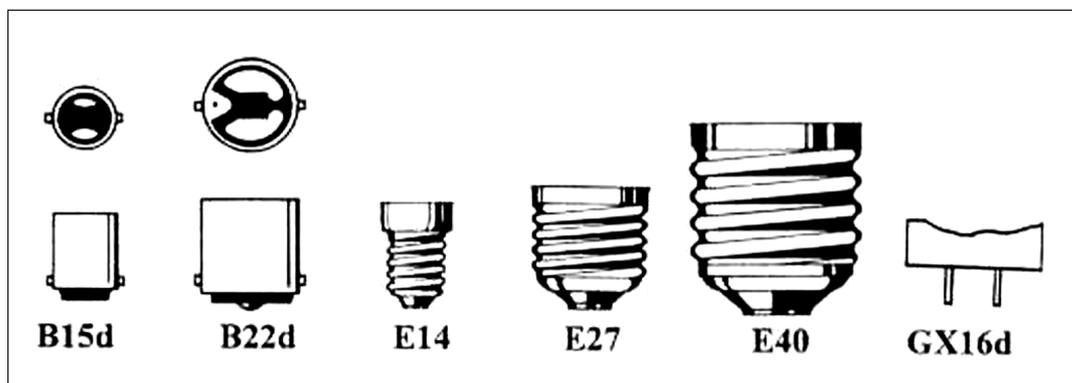
4.2.1 Lámparas Incandescentes

La incandescencia es un sistema en el que la luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor que alcanza la temperatura de incandescencia, dando origen a la emisión por termorradiación. Una gran parte de la energía eléctrica absorbida por la lámpara se pierde en calor, lo que da lugar a una eficacia luminosa muy reducida (10 lm/W -20 lm/W).

La potencia disipada por la lámpara dependerá de la tensión de funcionamiento y del valor de la resistencia en caliente del filamento.

El casquillo proporciona un método de conexión entre la lámpara y el portalámparas. Existe una gran variedad de casquillos para este tipo de lámparas.

A lo largo de la vida media de una lámpara de incandescencia, la depreciación de su flujo va aumentando progresivamente y resulta ser del orden del 20 % cuando alcanza su vida media,

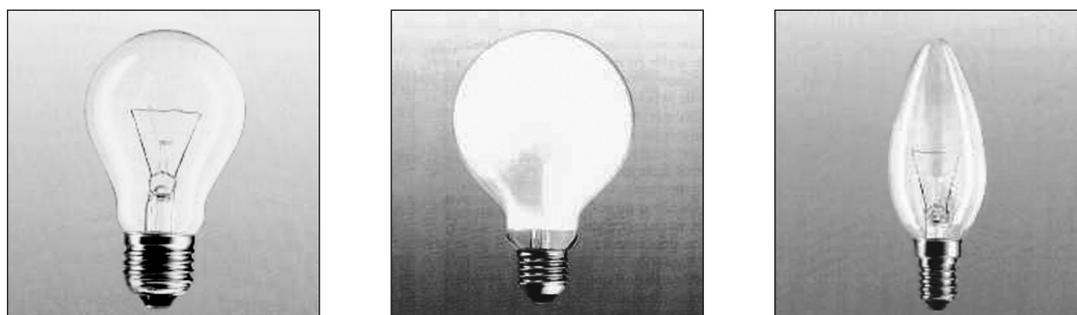


Casquillos tipo para lámparas incandescentes

estimándose su duración media en 1.000 horas, es decir que parte de ellas durarán menos, mientras que otras pasarán de ese periodo de duración. La vida media de las lámparas incandescentes es la menor de todas las lámparas.

Es importante considerar el comportamiento de la vida media de este tipo de lámparas ante las variaciones que pueda sufrir la tensión de alimentación. Un aumento en la tensión de un 30 % deja a la lámpara prácticamente sin vida, mientras que una disminución del 10 % aumenta la vida en un 400 %, reduciendo su potencia lumínica, lo que a efectos de mantenimiento marca la importancia de una regulación adecuada en la tensión de suministro.

El uso de este tipo de lámparas está muy difundido en el alumbrado doméstico, comercial y servicios. Las lámparas incandescentes expresadas en la tabla 21 suelen caracterizarse por: Un índice de rendimiento de color igual a 100, una temperatura de color de 2.700 K y una duración de 1.000 h.



Tipos de Lámparas incandescentes

Tipo	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia Luminosa (lm/W)	Casquillo
Estándar	25	220	8,80	E 27
	40	420	10,50	E 27
	60	720	12,00	E 27
	75	945	12,6	E 27
	100	1.360	13,60	E 27
	150	2.200	14,70	E 27
	200	3.050	15,25	E 27
	300	4.750	15,8	E 40
Vela	25	200	8	E 14 / E 27
	40	400	10	
	60	660	11	
Esférica	25	200	8	E 14 / E 27
	40	400	10	
	60	660	11	

Tabla 21: Lámparas Incandescentes.

4.2.2 Halógenas

Las lámparas halógenas aparecieron para mejorar las características de las lámparas incandescentes. Esencialmente son lámparas incandescentes que contienen un aditivo de halógeno o compuesto halógeno.

En una lámpara de tungsteno incandescente normal se pierde material del filamento por evaporación y la mayor parte de éste se deposita en las paredes del bulbo dando lugar a ese ennegrecimiento familiar de la lámpara. En las lámparas halógenas, se añade al gas de relleno en un pequeño porcentaje en peso de un halógeno (yodo, bromo o flúor). Si se mantienen las temperaturas correctas, las moléculas de tungsteno evaporadas del filamento se combinan con las moléculas del halógeno en el gas. Las moléculas de halógeno - tungsteno así formadas se depositan hacia el filamento quedando el tungsteno depositado de nuevo en el filamento, mientras que el halógeno queda libre para el ciclo siguiente. Con este ciclo regenerativo se consigue demorar el ennegrecimiento de la ampolla, prolongar la vida de la lámpara, obtener mayores intensidades lumínicas y mejorar el rendimiento en lm/W.

Si bien todas las lámparas halógenas tienen idéntico principio de funcionamiento, en el mercado existen diferentes tipos, con geometrías y características técnicas distintas que aún para los expertos llegan a causar alguna confusión.

Entre toda la gama de lámparas halógenas se establece la clasificación que se muestra en la Tabla 22.

Alimentación	Tipo de Lámpara	Descripción
Tensión de Red	Halógenas reflectoras (PAR)	Con reflector de aluminio o luz fría con casquillo E 27
	Lámparas halógenas lineales	Con casquillo bilateral, potencias entre 60 W y 2.000 W. Con y sin capa reflectora de infrarrojos
	Lámparas halógenas de uso general	Con casquillos E27/E14 y de varias formas geométricas
Lámparas para Baja Tensión (Este tipo de lámparas requieren un equipo auxiliar para conexión a red)	Lámparas halógenas STARLITE sin reflector	Lámparas tubulares de 9 mm, 12 mm y 16 mm de diámetro
	Lámparas halógenas con reflector de aluminio	Diámetros de 48 mm, 70 mm y 111 mm, formando una unidad luminotécnica óptima
	Lámparas halógenas con reflector dicróico y recubrimiento metálico de luz fría	Diámetros 35 mm y 55 mm, ángulos de proyección entre 10° y 60° y potencias de 10 W, 35 W, 50 W y 65 W

Tabla 22: Tipos de Lámparas Halógenas.

El color de una lámpara halógena es ligeramente más blanco que el de la lámpara incandescente estándar.

Las lámparas halógenas están desplazando a las lámparas incandescentes estándar de mayores potencias debido a su mayor eficacia, a su tamaño compacto, mejor claridad y más larga vida.

Las lámparas halógenas presentan las siguientes ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

- Mayor eficacia luminosa que las incandescentes convencionales.
- La vida media resulta mayor, 2.000 horas, debido también a la regeneración del tungsteno.
- La ampolla de cuarzo apenas ennegrece, puesto que no se deposita tungsteno sobre ella, lo que se traduce en una menor depreciación del flujo luminoso, que permanece casi inalterable a lo largo de su vida.
- Debido a sus reducidas dimensiones es posible conseguir un control más preciso del haz luminoso.
- Ausencia de efecto estroboscópico.

Inconvenientes:

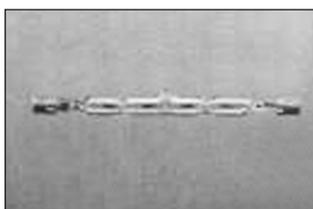
- Aportación de calor considerable a tener en cuenta ante su aplicación en interiores.
- Su duración. Pese a duplicar a las incandescentes convencionales, está aun lejos de los valores de las lámparas de descarga, pudiendo suponer unos costes de mantenimiento por reposición de lámparas elevados.
- Su posición de trabajo debe ser siempre horizontal, una inclinación mayor de 4º altera el equilibrio térmico de la regeneración, este problema desaparece con las lámparas halógenas de doble envoltura.

Por último cabe destacar entre las lámparas halógenas la nueva generación de lámparas halógenas proyectoras con las que se puede ahorrar hasta un 25 % de energía. Estas lámparas poseen una finísima capa en el interior de la ampolla que refleja la radiación infrarroja hacia el filamento. Esta nueva generación de lámparas halógenas ofrece ventajas con respecto a sus predecesoras, como:

- Mayor eficacia luminosa con menor consumo de energía.
- La lámpara de 250 W ofrece un flujo luminoso más alto que las lámparas halógenas convencionales de 300 W.
- La lámpara de 400 W sustituye a la de 500 W.
- Ahorro de energía de hasta 25 %.
- Reducción de la carga térmica en la luminaria en un 30 %.
- Vida media 3.000 h.
- Regulables.

Tipo	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia Luminosa (lm/W)	Duración (h)	Casquillo
Lineales (220 V - 230 V)	100	1.600	16,00	2.000	R7s
	150	2.300	15,40		R7s
	200	3.200	16,00		R7s
	300	5.600	18,70		R7s
	500	9.900	19,80		R7s
	750	16.500	22,00		R7s
	1.000	22.000	22,00		R7s
	1.500	33.000	22,00		R7s
	2.000	44.000	22,00		R7s
Doble Envoltura (220V - 230V)	60	840	14,00	2.000	E27
	100	1.500	15,00		E27
	150	2.550	17,00		E27
	250	2.550	10,20		E27
Intensidad luminosa (cd)					
Reflectoras Dicroicas (12V)	20 (10°/60°)	5.000 / 350		4.000	GU5.3
	35 (10°/60°)	6.500 / 1.000			GU5.3
	50 (10°/60°)	12.000 / 1.100			GU5.3
Reflectoras Vidrio Prensado (220V - 230V)	60 (10°/30°)	3.100 / 1.200		2.500	E27
	80 (12°/30°)	4.700 / 1.800			E27
	120 (10°/30°)	8.200 / 3.100			E27

Tabla 23: Características de Lámparas Halógenas.



Tipos de Lámparas Halógenas

Las luminarias que vayan a ser equipadas con lámparas halógenas deben cumplir con los requerimientos exigidos por la nueva norma europea. Según la nueva norma EN 6059C: Las luminarias para lámparas halógenas estarán equipadas con pantallas protectoras, además deben poseer un alto factor de absorción de radiación ultravioleta, excepto cuando las luminarias estén equipadas con:

- Su propia pantalla protectora.
- Lámparas a tensión de red con ampollas según IC 432-2
- Lámparas halógenas de baja presión con protección UV.

4.2.3 Fluorescentes Compactas

Las lámparas fluorescentes compactas se han desarrollado para su utilización en aquellas aplicaciones en las que tradicionalmente se empleaban lámparas incandescentes. Las lámparas incandescentes se conectan y desconectan instantáneamente a diferencia de las fluorescentes compactas que alcanzan el 80 % de su flujo luminoso tras aproximadamente un minuto. En los lugares en que las lámparas incandescentes se mantienen conectadas durante periodos largos, se pueden sustituir por lámparas fluorescentes compactas. Las lámparas fluorescentes compactas tienen, aproximadamente una eficacia igual a cinco veces la de las lámparas incandescentes y están disponibles comercialmente con la misma configuración de casquillo que las lámparas incandescentes, por lo que resulta fácil su sustitución.

La lámpara fluorescente compacta no es una lámpara regulable, por lo que no es apropiada para su uso con reguladores electrónicos, ya que al reducir su tensión se influye negativamente en su vida útil, haciendo que ésta se reduzca drásticamente. Por el contrario las lámparas incandescentes si pueden ser reguladas.

En la Tabla 24 se expresa la equivalencia existente entre lámparas fluorescentes compactas y lámparas incandescentes.

Lámparas Fluorescentes Compactas (LBC)	Lámparas Incandescentes	Ahorro de Energía (%)
3 W	15 W	80
5 W	25 W	80
7 W	40 W	82,5
11 W	60 W	82
15 W	75 W	80
20 W	100 W	80
23 W	150 W	84

Tabla 24: Equivalencia entre Lámparas LBC e Incandescentes.

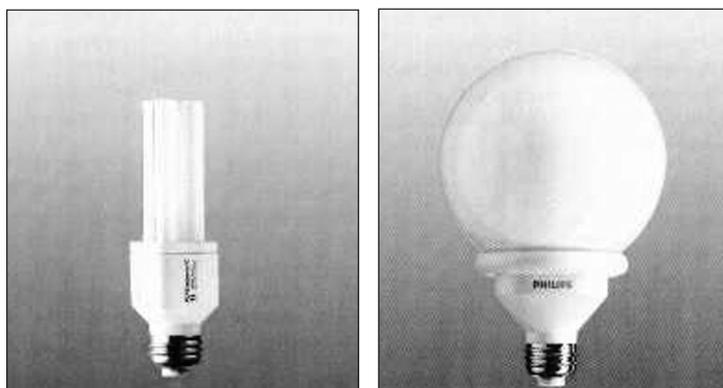
Una de las diferencias que presentan las lámparas fluorescentes con respecto a las lámparas incandescentes es el índice de reproducción cromático. Como se indicó anteriormente las lámparas incandescentes tienen un IRC de 100, mientras que las lámparas fluorescentes compactas alcanzan un IRC máximo de 82. Esta diferencia es necesario tenerla en cuenta antes de sustituir una lámpara incandescente por una lámpara fluorescente compacta.

Las lámparas con una temperatura de color más alta tienen un contenido de azul mayor y, por eso su apariencia es más fría. Las lámparas fluorescentes compactas se pueden usar en aquellos lugares donde el rendimiento en color sea crítico, sin embargo hay una reducción del 34%-37%, en la producción luminosa.

Otra característica de este tipo de lámparas fluorescentes compactas es su mayor duración en comparación con las lámparas incandescentes, con una duración aproximada a las 10.000 horas, frente a las 1.000 horas de las lámparas incandescentes.

Tipo	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	Duración (h)	Casquillo
Lámparas Fluorescentes	5	200	10.000	E 14 / E 27
	7	400		E 14 / E 27
	11	600		E 14 / E 27
	15	900		E 27
	20	1.200		E 27
	23	1.500		E 27
Clásica	5	150	10.000	E 14 / E 27
	7	350		E 27
	11	500		E 27
	15	800		
Globo	15	700	10.000	E 27
	20	1.000		E 27

Tabla 25: Lámparas Fluorescentes Compactas.



Ejemplo Práctico:

Ejemplo ahorro de coste para 10.000 horas de uso.

En un despacho con 6 puntos de luz incandescentes, cada uno de 60 W, funcionando 8 horas diarias a lo largo del año, tendremos:

	LBC	Incandescente
Consumo	11 W	60 W
Flujo luminoso	600 lm	720 lm
Vida lámpara	10.000 horas	1.000 horas
Precio compra	13,22 €	0,42 €
Coste kWh	0,12 € / kWh	0,12 € / kWh
Coste en lámparas de 10.000 h	13,22 €	0,42 · 100 = 4,20 €

Situación actual: 6 puntos de luz incandescente de 60 W cada uno.

Coste de la energía:

$$6 \text{ puntos} \cdot 60 \text{ W} = 360 \text{ W}$$

$$360 \text{ W} \cdot 10.000 \text{ horas} = 3.600 \text{ kWh}$$

estimado un precio kWh de 0,12 € tendremos 432,73 €

Coste de sustitución: $6 \cdot 4,21 \text{ €}$

Coste total = 457,99 €

Realizando el cambio por luminarias compactas de bajo consumo tendremos según tablas, 6 luminarias de 11 W.

Coste Energía:

$$6 \text{ puntos} \cdot 11 \text{ W} = 66 \text{ W}$$

$$66 \text{ W} \cdot 10.000 \text{ horas} = 660 \text{ kWh}$$

$$660 \text{ kWh} \cdot 0,12 \text{ €} = 79,2 \text{ €}$$

Coste sustitución: $6 \cdot 13,22 \text{ €}$

Coste Total: 158,52 €

Ahorro Anual = $457,99 - 158,52 = 299,47 \text{ €}$

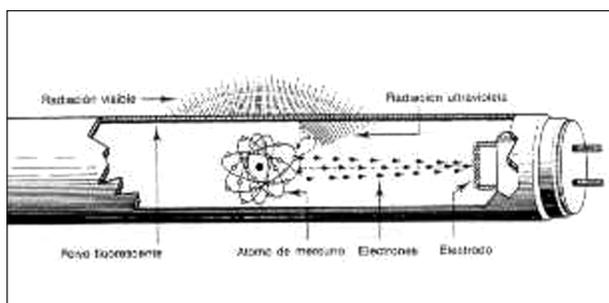
$$\text{Plazo de Amortización: } \frac{(6 \cdot 13,22 - 6 \cdot 4,21) \cdot 10.000 \text{ horas}}{299,47} = 1805 \text{ horas}$$

Asumiendo que la media de uso profesional es de 8 horas al día.

Periodo de Amortización: 11,28 meses

4.2.4 Fluorescentes

Las lámparas fluorescentes tubulares son las más empleadas, de entre todos los tipos de lámparas de descarga. Se usan casi universalmente en todos los alumbrados de interiores cuando la altura de montaje de la luminaria está por debajo de 6 m. No son apropiadas para locales fríos, como las áreas de almacenamiento refrigerado, porque la entrega de luz de una lámpara fluorescente disminuye a medida que decrece la temperatura del ambiente. En general, las lámparas fluorescentes producen su entrega pico de luz a una temperatura de 25 °C aproximadamente. A una temperatura de 0 °C, el flujo luminoso de las lámparas fluorescentes se puede reducir hasta un 50 % aproximadamente, según modelo.



Lámpara Fluorescente

Las lámparas fluorescentes son fuentes luminosas originadas como consecuencia de una descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, en las que la luz se genera por el fenómeno de la fluorescencia, mediante la conversión de la radiación ultravioleta en visible que efectúan las sustancias fluorescentes situadas en la pared interior del tubo de descarga.

En las lámparas fluorescentes, aproximadamente el 60 % de la energía que entra se convierte directamente en radiación ultravioleta. El 38 % se transforma en calor y un 2 % en luz visible.

El fósforo transforma alrededor del 21 % de la radiación ultravioleta en luz visible, convirtiéndose en calor el 39 % restante.

Al contrario que las lámparas incandescentes, una lámpara fluorescente no puede funcionar mediante conexión directa a la red, necesita un dispositivo que limite el flujo de la corriente a través de ella, debido a la característica inversa de tensión-intensidad. Este dispositivo llamado balasto, que también proporciona el pico de tensión necesario para el encendido, en la mayoría de los tipos de tubos fluorescentes suelen ir acompañados de un circuito de precaldeo de los electrodos. Este balasto absorbe una potencia que debe añadirse a la potencia de la lámpara para conocer la potencia total demandada.

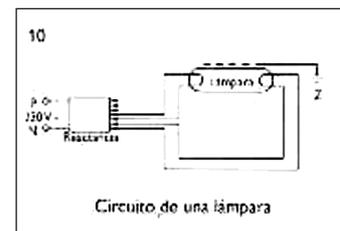
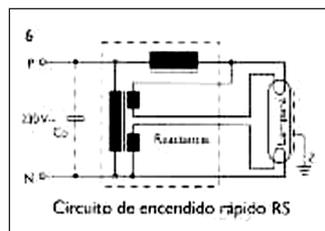
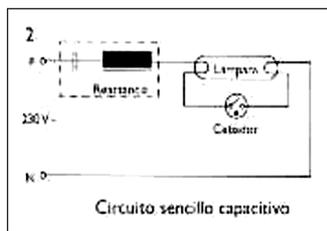
Las lámparas fluorescentes se identifican primeramente por los parámetros característicos de su tubo de descarga (diámetro, longitud y potencias). La forma más extendida es rectilínea, aunque existen otras ejecuciones especiales. Los diámetros más usuales son:

- 16 mm (T5): tubos de pequeña potencia.
- 26 mm (T8): convencionales.
- 38 mm (T12): convencionales antiguos.

Las lámparas fluorescentes están disponibles en un amplio surtido de potencias y colores. Ha habido muchos avances en los últimos años, en el desarrollo de lámparas fluorescentes más eficientes mediante la introducción de nuevos gases y de nuevas combinaciones de fósforos. Estas lámparas ofrecen una eficacia mejorada y un rendimiento de color más alto en comparación con las lámparas fluorescentes estándar antiguas, y con potencias menores producen entregas equivalentes de flujo luminoso.

El encendido es otra de las características más destacable de estas lámparas junto con la estabilización de la descarga. Existen tres tipos básicos de encendido:

- Encendido por cebador, utilizado en la mayoría de los tubos fluorescentes.
- Encendido rápido, con precalentamiento de electrodos, utilizados en los fluorescentes de arranque rápido.
- Encendido instantáneo, o arranque en frío, que se produce bajo el efecto combinado de la tensión producida por el balasto y la ayuda externa.



Esquemas de Conexión de Lámparas Fluorescentes

Las gamas de tonalidades actualmente en el mercado vienen a estar clasificadas en tres categorías básicas:

- Tonalidades cálidas (2.700 K - 3.100 K).
- Tonalidades frías (3.800 K - 4.500 K).
- Tonalidades luz día (6.500 K - 7.500 K).

En los tubos fluorescentes convencionales, el rendimiento de color y la eficacia luminosa han sido dos parámetros antagónicos, dado que se consideraba que un buen IRC sólo podía ser obtenido mediante un espectro continuo, similar al de las lámparas incandescentes y, por tanto de baja eficacia luminosa. Para poder resolver este antagonismo entre el rendimiento de color y la eficacia luminosa, se utiliza en los tubos como sustancia fluorescente el trifósforo. De esta manera los valores usuales del IRC en estos tubos, son los siguientes:

Tipo de Tubo	Valor IRC
Trifósforo normal	85
Trifósforo de Lujo	95

En el caso de los tubos de Trifósforo de lujo se experimenta un descenso de la eficacia luminosa, aunque no tan acusada como en los tubos convencionales.

La vida media de los tubos fluorescentes es de aproximadamente 10 000 horas. Actualmente con el uso de balastos electrónicos, la duración de este tipo de lámparas puede alcanzar las 20 000 horas.

El agotamiento de los electrodos del tubo produce su "muerte", el momento más perjudicial para la vida del tubo es el arranque, de lo que se puede deducir que existe una estrecha relación entre el número de encendidos y la vida del tubo, tema importante a tener en cuenta según el local o zona donde vaya a instalarse. A este respecto la vida media del tubo suele darse para una frecuencia de encendido de uno cada tres horas.

Efecto Estroboscópico:

La luz emitida por las lámparas fluorescentes sufre fluctuaciones. Estas fluctuaciones son debidas a la tensión de alimentación. La tensión de alimentación es una onda sinusoidal que pasa 100 veces por cero, por cada segundo. Esto provoca que la onda luminosa de la lámpara sea siempre intermitente de una frecuencia de 100 Hz por segundo.

Estas variaciones periódicas de la iluminación en las fuentes luminosas, son percibidas por el ojo humano en forma de centelleo o parpadeo.

Al aumentar la frecuencia de la tensión de alimentación de las fuentes luminosas el efecto estroboscópico se reduce gradualmente hasta el punto de poder reducirse totalmente al iluminar con luz natural del sol, o con corriente continua pura.

El centelleo de los caracteres luminosos que aparecen en las pantallas, motivados por las lámparas fluorescentes (efecto estroboscópico), produce fatiga visual tanto como la falta de un buen nivel de iluminación.

Para poder evitar este efecto, se hacen distintos montajes para así poder aumentar la frecuencia de parpadeo, y de esta manera se consigue reducir considerablemente el efecto estroboscópico. Estos dos montajes de conexión son conocidos como: Dúo y conexión trifásica.

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Duración (hútiles)	Casquillo	Longitud (mm)
Estándar T12 (Temperatura de color 3000 K-4000 K; Ø=38 mm)				
20	1.150	10.000	G13	590
40	2.800			1.200
65	4.400			1.500
Estándar T8 (Temperatura de color 3000 K-4000 K; Ø=26 mm)				
18	1.350	10.000	G13	590
36	3.350			1.200
58	5.200			1.500
Estándar T5 (Temperatura de color 3000 K-4000 K; Ø=16 mm)				
14	1.350	10.000	G5	549
21	2.100			849
28	2.900			1.149
35	3.650			1.449
Estándar T2 (Temperatura de color 3000 K-4000 K; Ø=7 mm)				
6	432	10.000		330
8	576			540
11	792			750
13	936			930

Tabla 26: Lámparas Fluorescentes.

Las lámparas fluorescentes T8 (26 mm) pueden sustituir a las fluorescentes convencionales (T12) aportando un ahorro del 10 %. La sustitución entre ambas lámparas es directa debido a sus similitudes de diseño. Tanto las lámparas T12 como la T8 trabajan con los mismos equipos auxiliares.

Por el contrario, la sustitución de las lámparas fluorescentes convencionales (T12) por lámparas (T5) no es tan directa. Este tipo de lámpara fluorescente (T5) posee dimensiones más reducidas, lo que implica un cambio de luminaria. El equipo auxiliar usado por las lámparas (T5), es un equipo electrónico diferente al usado en las lámparas convencionales (T12 y T8).

Actualmente debido a los avances realizados sobre las lámparas fluorescentes se ha conseguido dos objetivos:

- Reducir las dimensiones de las lámparas: lámparas miniaturas con un diámetro de 7 mm (T2) y un rango de potencias entre 6 W - 13 W.
- Aumentar la eficiencia de las lámparas y elevar el flujo luminoso, pasando éste de 2,8 lm a 4,85 lm.

4.2.5 Halogenuros Metálicos

Son lámparas derivadas de las de vapor de mercurio de alta presión, en las que el tubo de descarga contiene diversos aditivos metálicos, generalmente en forma de yoduros, de modo que las líneas de emisión de estos metales cubran las zonas apropiadas al espectro visible, con el objetivo de potenciar la eficacia luminosa, el rendimiento de color o ambas características simultáneamente. Los elementos utilizados son tales como disprosio, galio, indio, etc., combinados con un halógeno (yodo), dado que la mayoría de estos metales en estado libre atacan al cuarzo del tubo de descarga. Así, el halogenuro experimenta un ciclo similar al realizado por las lámparas halógenas, de modo que en la descarga se produce la vaporización del halogenuro.

Las lámparas de halogenuros metálicos no generan prácticamente radiaciones ultravioletas, por lo cual sus ampollas exteriores no están recubiertas de sustancias fluorescentes.

Existen cuatro tendencias de lámparas de halogenuros, en función de los aditivos empleados en su fabricación, que dan lugar a muy distintas prestaciones.

Se pueden distinguir dos tipos básicos de lámparas de halogenuros, según el tipo de ampolla:

- Con ampolla exterior de vidrio, en diversas formas.
- Con ampolla exterior de cuarzo, de dimensiones reducidas y adaptada a pequeños sistemas de proyección.

Los casquillos más usuales en las lámparas de halogenuros son: Edison o de Rosca (para la ampolla exterior) y Cerámicos (para los tubos de cuarzo visto).

El inicio de la descarga en este tipo de lámparas, debido a la presencia de los halogenuros, requiere la utilización de tensiones de encendido muy elevadas (1,5 kW - 5 kW) que son suministradas por un arrancador generalmente. El periodo de arranque es de 3 minutos a 5 minutos, y el reencendido suele estar comprendido entre 10 minutos a 20 minutos.

Las lámparas de halogenuros metálicos y las de sodio de alta presión han desplazado virtualmente hoy día a las lámparas de vapor de mercurio de alta presión, a causa de la mayor

eficacia de ellas y de su color mejorado. Las lámparas de halogenuros metálicos producen un 50 % más de flujo luminoso que las lámparas de vapor de mercurio de alta presión de potencias equivalentes, con un rendimiento en color mucho más alto. Las lámparas de halogenuros metálicos tienen un Ra entre 80 y 90 para una luz día artificial, por el contrario las lámparas de vapor de mercurio de alta presión tienen un Ra desde 44 a 49.

La duración de este tipo de lámparas depende de la potencia de las lámparas. En general, las de pequeña potencia tienen una vida media cercana a las 10.000 horas. Por el contrario, las de gran potencia pueden oscilar entre 2.000 horas y 6.000 horas. En las lámparas de halogenuros la depreciación del flujo luminoso es bastante más acusada que en las de vapor de mercurio.

De entre las ventajas de las lámparas de halogenuros metálicos hay que destacar principalmente su alta eficacia luminosa, y en general, su buen rendimiento de color, lo que las hace apropiadas para alcanzar óptimos niveles de iluminación, en aplicaciones de interior y exterior.



Lámpara de Halogenuro Metálico

Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	IRC (Ra)	Duración Útil (h)	Casquillo
Ovoide Estándar				
70	5.200	69	10.000	E27
100	7.800			E27
150	11.400			E27
250	19.000			E27
400	32.000			E40
1.000	95.000		2.000-6.000	E40
Tubulares Claras				
250	20.000	69	10.000	E40
400	32.000			E40
1.000	80.000		6.000	E40
2.000	180.000			E40
3.500	320.000			E40
Lineales				
70	5.700	80/90	10.000	G12/RX7s
150	13.500			G12/RX7s-24
250	20.000			Fc2
400	35.000			Fc2
Sin Ampolla Exterior				
1.000	90.000	80/90	10.000	Cable
2.000	200.000			Cable

Tabla 27: Lámparas de Halogenuros Metálicos.

4.3 Sistemas de Encendido y Apagado

4.3.1 Fluorescencia

Balastos Electromagnéticos

La lámpara de descarga tiene una característica de tensión – intensidad inversa, por lo que ha de trabajar en conjunto con un dispositivo limitador de corriente o balasto, a fin de evitar que la corriente aumente sin control. Los balastos, con resistencia positiva pueden ser:

- Una resistencia.
- Un condensador.
- Una inductancia.
- Un circuito electrónico.

Cada una de ellas tiene sus ventajas y desventajas específicas, pero cada tipo ha encontrado su aplicación práctica de una u otra forma.

El uso de los balastos resistivos, hasta la aparición de los balastos electrónicos, se centraban en la estabilización de las lámparas fluorescentes alimentadas con corriente continua.

Los condensadores también han sido empleados como balastos presentando pocas pérdidas, pero no pueden usarse por si solos, porque darían lugar a la aparición de picos muy agudos en la forma de la corriente de la onda de la lámpara.

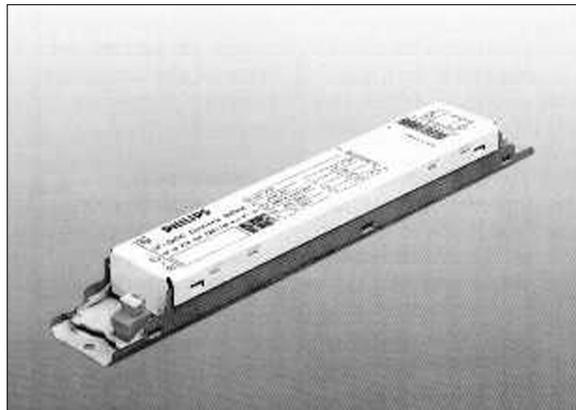
La inductancia presenta mayores pérdidas que el condensador, pero produce menor distorsión en la corriente de la lámpara para 50 Hz. En combinación con un conmutador de arranque, puede producir el impulso de alta tensión necesario para la ignición de la lámpara.

En la práctica un balasto inductivo consiste en un gran número de espiras de hilo de cobre arrolladas sobre un núcleo formado por láminas de hierro. Las pérdidas térmicas se producen por la resistencia óhmica del arrollamiento y por histéresis en el núcleo. Este tipo de balastos son los conocidos como balastos electromagnéticos. (convencionales)

Balastos Electrónicos

Los balastos electrónicos tienen cualidades superiores a los balastos convencionales (electromagnéticos). En ellos no hay pérdidas debidas a la inducción de la bobina ni a las pérdidas en el núcleo de hierro, las que se disipan en forma de calor.

Los balastos electrónicos, aunque más caros, especialmente los tipos de alta frecuencia ofrecen ventajas sobre los balastos inductivos convencionales, tal como se vio en el capítulo de Alumbrado Público.



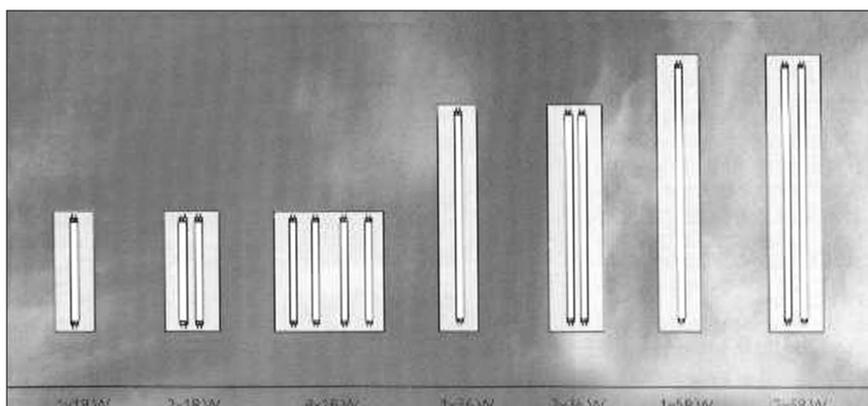
Balasto Electrónico

En la actualidad se fabrican balastos electrónicos para los siguientes grupos de lámparas fluorescentes:

- Tubo de diámetro 26 mm (T8), estándar actual.
- Tubo de diámetro 16 mm (T5).
- Lámparas fluorescentes compactas.

La gama de balastos incluye normalmente modelos para uno o dos tubos; algunos fabricantes ofrecen también balastos para tres y cuatro tubos. Cuantos más tubos más reactancias convencionales se sustituyen por un solo balasto electrónico y mayor es la rentabilidad.

Los datos que se indican a continuación corresponden a los tubos recomendables en iluminación de locales comerciales y de oficinas.



Configuraciones básicas de lámparas fluorescentes

Tubos de diámetro 26 mm (T8):

Para las configuraciones habituales de puntos de luz se exponen, las potencias del sistema (lámpara más balasto) con balastos convencionales y con balastos electrónicos, y el ahorro de energía que se consigue en cada caso es:

Punto de Luz	Potencia del sistema (W)		Ahorro de Energía (%)
	Blalasto Convencional	Blalasto Electrónico	
1 x 18	25	20	20
2 x 18	50	39	22
1 x 36	45	40	14
2 x 36	90	76	15
1 x 58	70	62	14
2 x 58	140	128	10

Tabla 28: Lámparas fluorescentes T8 ($\phi=26$).

Tubos de diámetro 16 mm (T5):

Su uso es muy aconsejable en oficinas, tiendas, talleres, salas, salones de actos, colegios, hospitales, museos y todo tipo de zonas en los que se necesite una luz de buena calidad y pocos encendidos.

Estos tubos fluorescentes, además de un menor diámetro, tienen una longitud más reducida que los tubos de 26 mm (T8). Están diseñados para funcionar con balastos electrónicos especiales y son los más eficientes, por el momento, de toda la gama de tubos fluorescentes.

Fluorescentes de Elevado Flujo Luminoso						
Potencia	W	24	39	49	54	80
Flujo luminoso	lm	2.000	3.500	4.900	5.000	7.000
Casquillo		G 5				
Longitud	mm	549	849	1.010	1.149	1.449

Tabla 29: Fluorescentes de Elevado flujo Luminoso.

Ejemplo Práctico: Sustitución de balastos convencionales por balastos de bajas pérdidas.

Consideremos un colegio que dispone de 500 lámparas de 36 W funcionando a 220 V, durante 6 horas diarias y 180 días al año. La comparativa eléctrica de una reactancia convencional y otra de bajas pérdidas, son las que se muestran en la Tabla 30.

Datos	Reactancia Convencional	Reactancia de Bajas Pérdidas
Tensión de red	220 V	220 V
Potencia de Lámpara	36 W	36 W
Potencia de reactancia	10 W	2,5 W
Potencial Total	46 W	38,5 W
Intensidad de lámpara	0,43 A	0,43 A

Tabla 30: Datos de un Ejemplo Práctico.

La potencia ahorrada sería de:

$$500 \cdot 6 \cdot 180 \cdot (10 - 2,5) = 4.050.000 \text{ Wh} = 4.050 \text{ kWh}$$

Y estimando el precio del kWh en 0,12 €, el ahorro económico resultara ser:

$$4.050 \text{ kWh} \cdot 0,12 \text{ €} = 486 \text{ €/año}$$

Esta claro que una reactancia de bajas pérdidas cuesta más que una normal, por lo que el ahorro económico será algo menor. Según fabricantes la vida media de una reactancia de este tipo es de 10 años y los costes medios de las reactancias son:

- Coste aproximado reactancias convencional $\approx 3,60 \text{ €}$
- Coste aproximado reactancias bajas pérdidas $\approx 7,81 \text{ €}$
- Coste aproximado reactancias electrónica $\approx 36 \text{ €}$

Otro factor a tener en cuenta sería el rendimiento de los equipos:

- Rendimiento Reactancia Convencional = $36 / 46 = 0,78$
- Rendimiento Reactancia de Baja Pérdida = $36 / 38,5 = 0,93$

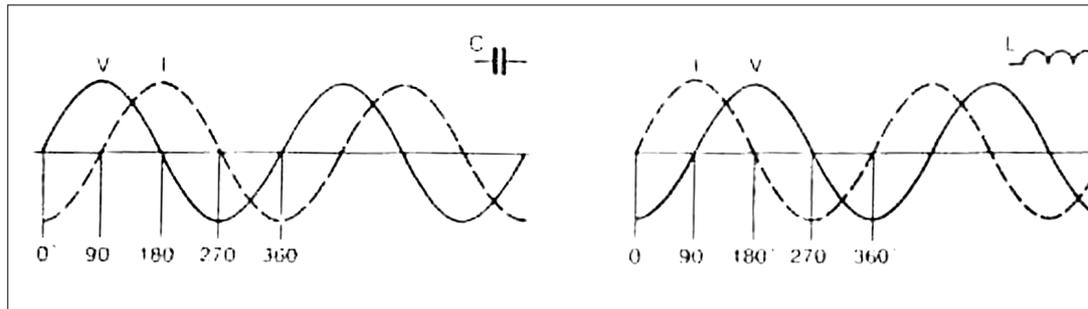
4.3.2 Sistema de Corrección de Potencia

Un condensador y una autoinducción producen desviaciones de fase opuestas entre la corriente y la tensión. En un condensador sometido a una corriente alterna sinusoidal, en los picos de tensión no se produce paso de corriente a través de éste, la corriente alcanza su valor máximo en el momento en que la tensión pasa por su valor cero. El resultado se reduce a una desviación de la fase de 90° entre la corriente y la tensión, con adelanto de la primera.

Para una autoinducción la corriente se retrasa 90° respecto de la tensión.

En la práctica cualquier circuito eléctrico contiene ambos elementos capacitivos e inductivos, que actúan en sentido contrario, por ello, la desviación de fases será de hecho siempre menor de 90° . Esto quiere decir que para circuitos eléctricos de c.a. la relación que expresa la potencia eléctrica es:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$



Comportamiento de la Tensión e Intensidad ante un Circuito Capacitivo e Inductivo Puro

Un bajo factor de potencia no es deseable ya que, para la misma potencia consumida, fluye una corriente superior a la normal a través de los conductores, cableado, accesorios y equipo de distribución con el resultado que la carga útil a utilizar se reduce. Como consecuencia de esto, pueden imponerse tarifas especiales y penalizaciones a aquellos consumidores que presenten consumos con bajo factor de potencia. Por otro lado las compañías suministradoras pueden obligar a que el factor de potencia de cualquier instalación esté por encima de 0,85. En una instalación de alumbrado por fluorescencia que emplee sólo balastos inductivos, esta cifra no puede conseguirse. El factor de potencia no será superior al 0,5. Así, donde vayan a instalarse este tipo de lámparas habrá de añadirse un sistema de compensación adecuado.

Alumbrado	Potencia lámpara (W)	Capacidad (μF) para $\cos \varphi > 0,9$
FLUORESCENCIA	4 - 6 - 8	2,5
	18 - 20	3,5
	36 - 40	4,5
	58 - 65	7

Tabla 31: Capacidades necesarias para Compensación en Paralelo del factor de potencia.

4.4 Luminarias

La definición (C.I.E.) aceptada internacionalmente para una luminaria es la siguiente:

“Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas y que incluye, excepto las lámparas propiamente dichas, todos los componentes necesarios para fijar y proteger estas y, donde proceda, los circuitos auxiliares, así como los medios necesarios para la conexión a la red eléctrica de alimentación”.

La elección de las luminarias está condicionada por la lámpara utilizada y el entorno de trabajo de esta. La forma y tipo de las luminarias oscilará entre las más funcionales donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente, como pasa en el alumbrado industrial ó las más

formales donde lo que prima es la función decorativa como ocurre en el alumbrado doméstico.

Las luminarias para lámparas incandescentes tienen su ámbito de aplicación básico en la iluminación doméstica. Por lo tanto, predomina la estética sobre la eficiencia luminosa. Sólo en aplicaciones comerciales o en luminarias para iluminación suplementaria se buscará un compromiso entre ambas funciones.

Las luminarias para lámparas fluorescentes, se utilizan mucho en oficinas, comercios, centros educativos, almacenes, industrias con techos bajos, etc. por su economía y eficiencia luminosa. Así pues, nos encontramos con una gran variedad de modelos que van desde los más simples a los más sofisticados con sistemas de orientación de la luz y apantallamiento (modelos con rejillas cuadradas o transversales y modelos con difusores).

Como se ha podido apreciar, la definición divide la luminaria en tres grupos de componentes:

- Elementos que distribuyen, filtran o transforman la luz. (sistema óptico)
- Aquellos que soportan, fijan y protegen las lámparas y la carcasa.
- Dispositivos eléctricos necesarios para que funcione la lámpara.

Nos centraremos en el primer grupo de componentes de las luminarias por su mayor interés desde el punto de vista energético. Los componentes eléctricos asociados a los distintos tipos de lámparas se trataron anteriormente.

4.4.1 Sistema Óptico

Elementos para el Control de la Luz

Los sistemas de control óptico de la luz se extienden desde los que difunden la luz emitida por la lámpara o lámparas para obtener en todas direcciones una distribución de luz más o menos uniforme y no deslumbradora, hasta aquellos que recogen o localizan la luz dentro de un haz, que se emiten en una o más direcciones bien definidas. Tales sistemas pueden servir también para apantallar las lámparas desde la zona de visión para evitar el deslumbramiento.

Los sistemas de direccionamiento y control de flujo luminoso, se basan en la utilización de diferentes superficies ópticas:

Reflector

La mayoría de las luminarias convencionales van provistas de un reflector de una u otra forma. Es importante tener en cuenta, sin embargo, que la emisión total de luz comprende en realidad dos sistemas de haces separados y superpuestos. Un haz creado por la propia lámpara y el otro creado por la luz reflejada.

Los tres tipos principales de reflexión utilizados en el diseño de los sistemas ópticos para luminarias, son la especular, dispersa y difusa.

Reflectores especulares

La reflexión especular es, por definición, aquella situación en la que se cumple las leyes de la reflexión. Estas leyes establecen que el ángulo de reflexión es igual al de incidencia.

Se utilizan reflectores especulares cuando se requiere una forma precisa o casi precisa de distribución de la luz, como ocurre en las luminarias para alumbrado por proyección de haz concentrado y público.

Existen diferentes materiales y técnicas para conseguir un acabado especular.

El material más usado es la hoja de aluminio. Es más ligero y a su vez más barato que el popular vidrio plateado, no es frágil, y si se le da el espesor necesario, tiene la robustez suficiente para constituir un reflector verdaderamente estable desde el punto de vista óptico y mecánico.

Con reflectores especulares, la lámpara y la forma de la superficie determinan el modo en que la luz se distribuye a través del haz reflejado. Se emplean tanto superficies planas como curvas.

Los reflectores curvos, según una sección transversal, pueden ser circulares, parabólicos, elípticos, hiperbólicos, etc.

Material	Acabado	Reflectancia
Aluminio de tipo comercial	Pulido y anodizado	0,70
Aluminio con recubrimiento de:		
Aluminio super duro	Pulido y anodizado	0,80
Plata	Pulido y anodizado	0,90
Vidrio o Plástico	Aluminizado	0,85 - 0,88
Cromo	Pulido	0,65
Acero Inoxidable	Pulido	0,60

Tabla 32: Reflectancia de los Materiales Especulares.

Reflectores dispersores

En la reflexión dispersa, no se forma una imagen especular de la fuente, a pesar de ello, el ángulo de máxima intensidad reflejada es igual al ángulo de incidencia.

Los reflectores dispersos que pueden ser de sección transversal circular, parabólica o elíptica y de forma esférica o cilíndrica, se emplean donde se requiere un grado moderado de control óptico. Este tipo de reflectores ayuda a suavizar las discontinuidades de distribución de luz, debido a las imperfecciones de la forma del reflector producidas durante el proceso de fabricación.

Los reflectores dispersos se utilizan sobre todo en alumbrado de exhibición y en algunos tipos de proyectores, donde sea particularmente importante una distribución de luz bien definida pero uniforme.

Material	Acabado	Reflectancia
Aluminio	Martilleado	0,70 - 0,80
	Atacado químico	0,70 - 0,85
	Cepillado	0,55 - 0,58
Cromo	Satinado	0,50 - 0,55
Acero	Pintado de aluminio	0,60 - 0,70

Tabla 33: Reflectancias de Materiales Reflectantes Dispersos.

Reflectores difusores

En el extremo opuesto a la reflexión especular se encuentra la reflexión difusa. Una superficie difusora teóricamente perfecta es aquella que esparce en todas direcciones luz incidente desde cualquier ángulo. Puede definirse como una superficie cuya luminancia permanece constante para cualquier ángulo de absorción que se considere.

Los reflectores difusores no pueden proporcionar un control de haz fino o detallado como puede conseguirse con un reflector especular, pero son inapreciables para las tareas menos exigentes de dirigir masivamente la luz hacia amplias zonas de trabajo. En otras palabras, se emplean estos reflectores donde se quieran distribuciones de luz no focalizada, en aquellos casos en que se necesite haces de gran apertura (no inferiores a 90°).

Material	Acabado	Reflectancia
Acero	Pintura blanca vitrificada	Hasta 0,84
Plásticos	Blanco vitrificado	Hasta 0,90

Tabla 34: Reflectancias de Materiales con Reflexión Difusa.

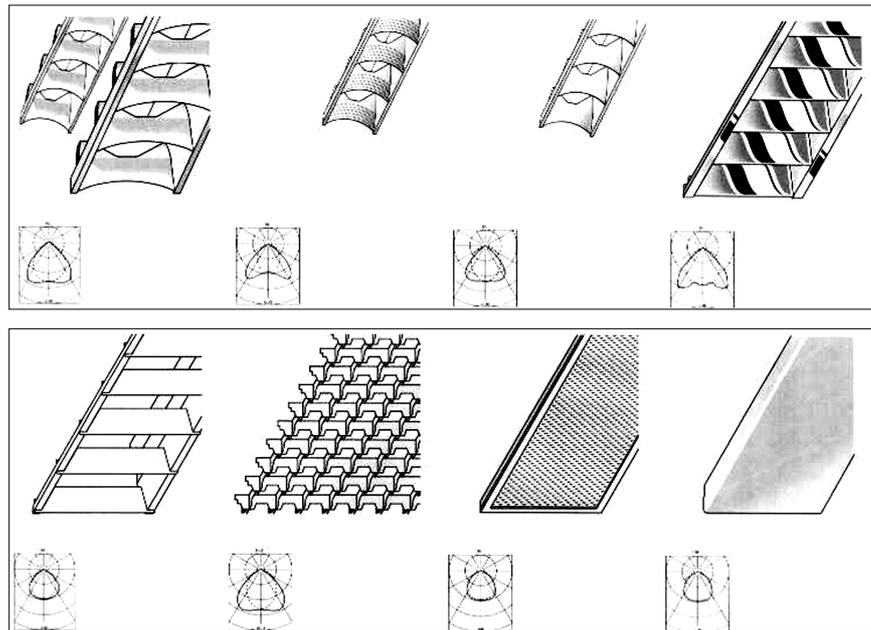
Refractores

El refractor es un dispositivo empleado en aquellos casos que requiere un control direccional de la luz por una o varias lámparas.

El refractor más comúnmente empleado en el alumbrado de interiores es el que se encuentra en luminarias para lámparas fluorescentes diseñadas para alumbrado general.

Donde se utilizan paneles verticales laterales, estos suelen ser bien de plástico opal para difundir la luz emitida a través de los laterales de la luminaria, o bien están dotados de prismas apropiados para lanzar la luz hacia arriba e iluminar el techo.

En la fabricación de estos paneles se emplean normalmente poliestireno y acrílicos. El poliestireno es el más barato de los dos, posee mayor estabilidad dimensional y resistencia mecánica pero, so pena que se estabilice químicamente, se ve afectado por el calor y la radiación ultravioleta. El acrílico, por otro lado, es más caro pero no resulta afectado por rayos UV. Además, el factor de transmisión es del orden del 5% más elevado que el del poliestireno.



Refractores

Difusores

En algunos tipos de lámparas, para esparcir la luz emitida por el filamento o arco de descarga, es necesario el uso de materiales que transmitan la luz difundiéndola. Esto sirve para aumentar el tamaño aparente de la fuente, reduciendo así el brillo superficial de la lámpara.

En ocasiones, las luminarias van equipadas con sus propios difusores.

Los difusores, se fabrican normalmente de vidrio opal para aquellas luminarias que alojan lámparas incandescentes y de plástico traslucido para las equipadas con lámparas fluorescentes.

En relación con la eficacia de la luminaria, es extremadamente importante que el material seleccionado como difusor, sea tal que presente el máximo grado de dispersión de la luz junto con la mínima absorción. Es también importante, inclusive con un buen difusor, no montarlo muy cerca de la lámpara o lámparas.

Dispositivos de Apantallamiento

Una técnica empleada a veces para controlar o dirigir la luz de una luminaria, o para ocultar la lámpara o lámparas de la observación directa, o bien para ambos casos, consiste en interponer una pantalla o blindaje. La función de apantallado puede constituir una característica de diseño de la luminaria o bien, puede realizarse a través de dispositivos de apantallamiento adicionales.

En aquellos casos en los que resulte inadecuado el apantallamiento incorporado en el cuerpo principal de la propia luminaria, puede emplearse con el mismo fin una celosía apropiada.

Las celosías se fabrican de muy diversas formas para cubrir un amplio margen de aplicaciones. Algunos tipos simplemente sirven para apantallar la lámpara o lámparas de la visión directa, contribuyendo muy poco a modificar la distribución de la luz de la luminaria. Otras por el contrario, al tiempo que proporcionan el apantallamiento requerido, ayudan a dirigir la luz

hacia donde se necesite. Por convenio, para diferenciar los dos tipos de celosías se les conoce con el nombre de no focalizante y focalizante.

El grado de apantallamiento queda determinado por la relación entre la profundidad y el espaciado de las bandas que forman la celosía. Es muy normal un grado de apantallamiento entre 40° y 45°.

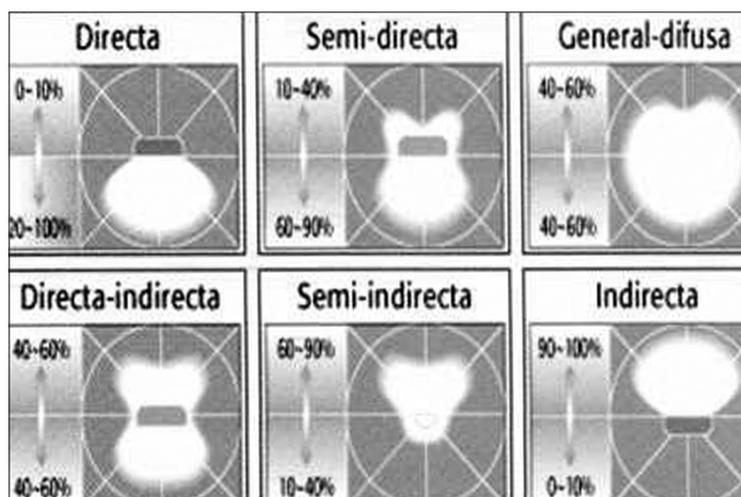
Los rendimientos aproximados de los diferentes tipos de luminarias para lámparas fluorescentes se indican en la siguiente tabla:

Tipo de Luminaria	Rendimiento en %	Rendimiento en %
	Total	Hemisferio Inferior
Regleta sencilla	95	60
Regleta con cubeta de plástico opal	70	45
Con reflector y lamas en V	65	65
Con reflector y rejilla de retícula fina	55	55
De baja luminancia con reflectores parabólicos y rejillas de lamas	70	70
De baja luminancia con reflectores parabólicos y rejilla de lamas para lámpara de 16 mm	80	80

Tabla 35: Tipos de Luminarias.

Por último, señalar que las luminarias también se pueden diferenciar por sus tipos de montajes. Los tipos de montajes más comunes son superficiales, suspendida y empotrada.

4.4.2 Clasificación según el Tipo de Iluminación



Tipos de Iluminación

Esta clasificación se realiza en función del porcentaje de flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal de la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que se proyecte en el suelo o en el techo, se diferencian varios tipos de iluminación

4.4.3 Sistemas de Iluminación

Según la disposición y ubicación de las luminarias, se pueden diferenciar tres sistemas de básicos del alumbrado de interior:

Alumbrado General, proporcionado por una distribución regular de luminarias.

Este tipo de alumbrado ha sido adoptado por la mayoría de las oficinas generales. Se emplea un alumbrado directo para así poder conseguir la iluminancia horizontal y uniformidad deseada.

Tiene la ventaja de poder usar cualquier parte de la oficina como puesto de trabajo, por lo que en el caso de una reestructuración de la planta, no sería necesario un cambio del alumbrado.

Alumbrado general localizado, proporcionado por una distribución irregular de las luminarias en relación con las zonas de trabajo.

Con este tipo de alumbrado se pueden conseguir ciertos ahorros, ya que las luminarias se colocan alrededor de los puestos de trabajo, o en donde determinadas luminarias se puedan desconectar. Al diseñar una instalación de este tipo se ha de tener especial precaución en que las iluminancias requeridas en los diversos puestos sean las adecuadas.

La oficina tipo celular constituye un ejemplo típico en donde el alumbrado general localizado puede emplearse a menudo para obtener un buen efecto.

Alumbrado General más Alumbrado Local, en el que se completa un nivel de alumbrado general con luminarias en los puestos de trabajo.

Este tipo de alumbrado surge debido al interés que se está creando por ahorrar energía. Se debe tener en cuenta que el alumbrado local del puesto de trabajo necesario para complementar el general de bajo nivel, deberá permitir que la tarea se realice confortablemente para cualquier posición del trabajador, lo que significa que para evitar deslumbramientos, la luz debe apantallarse de tal forma que no alcance directamente sus ojos cuando este sentado en posición normal de trabajo.

Las luminarias que proporcionen el alumbrado local están o bien suspendidas del techo o sobre la mesa

El uso de lámparas eficaces (T8 o T5) para el alumbrado local, puede conseguir ahorros de costes y de energía de alrededor de un 30 % respecto al sistema de alumbrado general.

4.4.4 Niveles de Iluminación Recomendados

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general se puede distinguir entre tareas con requerimiento luminoso mínimos, normales, o exigentes. En la actualidad se basan en el Real Decreto 486/1997.

En el primer caso estarían las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria, etc.) con iluminancias entre 50 lx y 200 lx. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 lx y 1.000 lx. Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1.000 lx) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local.

Tareas y Clase de locales	Iluminancia media en servicio (lx)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas Generales de Edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudios	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de procesos de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación	500	750	1.000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1.000
Industria (general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1.000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1.000	1.500	2.000

Tabla 36: Niveles de Iluminación.

4.5 Control de la Iluminación

Un sistema ideal de control de alumbrado sería aquel que proporcionara suficiente iluminación para que la tarea se realice con suficiente confort, comodidad y seguridad durante el tiempo de ejecución de la misma. El resto del tiempo la iluminación será desconectada.

Se pueden considerar las siguientes estrategias de control de la iluminación:

Programación:

Cuando se conocen perfectamente la rutina de actividades diarias, los niveles de iluminación y su distribución se puede programar de forma automática. Este es el caso de muchas áreas de trabajo en el sector industrial y servicios.

Depreciación Luminosa:

Los sistemas de alumbrado se diseñan para una iluminancia, que puede exceder de un 20 % a un 50 % al nivel mínimo requerido. La estrategia de control consiste en reducir la iluminación de la instalación a los valores de diseño.

Luz Natural:

Cuando la luz diurna puede suministrar parte de la iluminación de un área de trabajo, ajustar el alumbrado eléctrico en proporción a la luz natural disponible, supone una reducción del consumo energético. Además, en muchos casos, coincide con periodos de demanda de potencia alta o periodos tarifarios de mayor coste.

Optimización de la Potencia:

El control de la potencia del alumbrado puede ser útil para reducir la demanda de potencia global, en cortos periodos de tiempo, mediante la reducción de los niveles de iluminación de áreas no críticas.

Esta estrategia puede ser particularmente útil en verano, cuando existe un sistema de acondicionamiento de aire que, a su vez, necesita menos potencia si se reduce la carga de alumbrado.

Un sistema completo combinaría uno o más de los subsistemas siguientes:

Sistemas de control de tiempo:

Los sistemas de control de tiempo apagarán las luces según un esquema especificado, aunque los ocupantes dispongan de un control independiente para encender

las luces. Para optimizar el uso de la luz natural, algunos sistemas colocados cerca de las ventanas también se pueden accionar en función de la cantidad de luz natural disponible.

Sistemas de control relacionados con el grado de ocupación:

Estos sistemas utilizan unos detectores de presencia, a menudo ultrasónicos, infrarrojos, microondas o acústicos para controlar las luces. Normalmente, encienden la luz cuando detectan a alguien y la apagan otra vez cuando ya no detectan el ocupante durante un tiempo determinado. Los sistemas de control relacionados con el grado de ocupación son adecuados para, por ejemplo, zonas de almacén, pasillos y servicios.



Detector de Presencia



Fotocélula

Sistemas de control relacionados con la luz del día:

Este tipo de control se basa en una serie de fotocélulas y se puede utilizar para apagar las lámparas cuando la luz del día es suficiente. Algunos desarrollos recientes han introducido los controladores de oscurecimiento, que mantienen un nivel constante de iluminación oscureciendo algunas luces para compensar la luz natural disponible.

Interruptores localizados:

Los interruptores localizados son importantes cuando sólo se necesita una parte iluminada de una gran zona, debido a que las otras partes no están ocupadas o porque ya disponen de una cantidad adecuada de luz natural.

Sistemas de gestión de la iluminación:

En edificios de usos múltiples, es cada vez más interesante disponer de un sistema que permita el manejo y el control energético de las instalaciones de iluminación, de forma similar a los implantados por otras instalaciones como las de climatización. El control centralizado supone una serie de ventajas, entre las que citaremos:

- Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante ordenes centrales, bien sean manuales o automáticas (control horario).
- Modificaciones de circuito de encendido a nivel central sin obras eléctricas.
- Monitorización de estados de los circuitos y consumos de los mismos.

Si el sistema dispone simultáneamente de control local, un buen uso de la centralización permitirá un considerable ahorro de energía, aplicando un buen control horario, de acuerdo con las necesidades del usuario, que evite luces olvidadas encendidas.

Uso de Controladores Lógicos Programables PLCs. En los últimos años ha habido mucho desarrollo en el campo de sistemas sofisticados de gestión de iluminación. Mediante el control por PLCs, se instalan sensores para detectar los niveles de luz natural, el estado de la ocupación o ambos. La información es retroalimentada a un PLC, el cual atenúa o conmuta una lámpara o un grupo de lámparas según un programa preestablecido. La eficacia del sistema se puede maximizar con el uso de un programa que combina la luz natural y la ocupación.

Estudio de caso seleccionado:

En el siguiente caso estudiado se muestran ejemplos típicos de los ahorros que se pueden conseguir con la mejora de las instalaciones de iluminación. En el siguiente ejemplo se estudia las mejoras llevadas a cabo sobre una instalación en el Reino Unido.

Procedimiento:

- Sustitución de los balastos convencionales de las lámparas fluorescentes por balastos electrónicos.
- Sustitución de las lámparas de baja eficacia.
- Instalaciones de sensores fotoeléctricos para el aprovechamiento de la luz y sensores de ocupación.
- Implantación de un programa de mantenimiento planificado.

Resultados:

Un 66 % de reducción en el consumo de energía.

Un periodo de 2,2 años para la amortización.

Descripción del trabajo realizado:

Las mejoras se llevaron a cabo en una compañía cervecera del Reino Unido. Esta compañía posee un edificio de cuatro pisos, cubre una superficie de unos 10.000 m². Está dividido en 147 áreas separadas, la mayoría de las cuales no tienen acceso a la luz natural. Los pisos superiores del edificio y las escaleras están, sin embargo, provistos de vidrio.

Se acometieron un número de procedimientos para mejorar la eficacia de la instalación de iluminación. La cantidad de luminarias se redujo de 1.382 a 1.045 y se sustituyeron las lumina-

rias averiadas. Las luminarias restantes provistas de balastos convencionales se sustituyeron por balastos electrónicos, un requisito esencial para el funcionamiento con sistemas de control provistos con sensores de ocupación.

Todas las lámparas fluorescentes de 38 mm (T12) de 65 W y de 20 W se sustituyeron por sus equivalentes de 26 mm (T8) de 58 W y de 18 W. La mayoría de las lámparas de tungsteno (incandescentes) y de mercurio de alta presión se sustituyeron por lámparas fluorescentes compactas. El efecto de todos los cambios de lámparas y luminarias redujo en 81 kW, un 50%, la potencia instalada para la iluminación.

También se instalaron sistemas de control. Un sistema relacionado con la luz natural que utiliza fotocélulas para detectar la disponibilidad de la luz natural y ajusta consecuentemente el nivel de la luz artificial. Donde resultaba, adecuado se instalaron también sensores infrarrojos, se instalaron sensores de microondas. Los sensores de ocupación hicieron una contribución importante al éxito de la instalación renovada.

Se implantó también un programa de mantenimiento. Las lámparas fluorescentes y de sodio se sustituyeron después de 8 000 horas de servicio. Se instalaron medidores de horas de funcionamiento para monitorizar el uso de las lámparas. El programa de mantenimiento ha reducido en un 40 % el costo por conceptos de mantenimiento.

La renovación general ha dado lugar a ahorros en el costo por encima de 48.964 €. El costo del proyecto fue de 104.923 €. Luego el periodo de amortización simple es de 2,2 años aproximadamente.

4.5.1 Alumbrado en Dependencias Municipales

Alumbrado de Oficinas

Para poder establecer los sistemas de iluminación, luminarias, lámparas, equipos y sistemas de control, así como los criterios básicos de dichas instalaciones, es necesario hacer una diferenciación entre los distintos tipos de oficinas que nos encontramos.

Según estudio llevado a cabo por BRE (Building Research Establishment), se han podido identificar una serie de patrones entre los diferentes conceptos de oficinas en todo el mundo. En consecuencia se propone un modelo conceptual en el que se definen cinco funciones de oficinas básicamente distintas: Colmena, Celular, Reunión, Club y Lobby. Estos cinco tipos de oficinas tienen como patrones más importantes: la **comunicación** y la **autonomía**.

Colmena

Las oficinas "colmena" se caracterizan por el trabajo individual y por procesos sistemáticos. En estas oficinas la comunicación entre los individuos no es habitual. Ejemplos típicos de esta clase de oficinas son las oficinas de atención al cliente. Las distribuciones arqueotípicas son la planta abierta y la planta abierta con cabinas. La infraestructura de este tipo de oficinas se orienta a la creación de puestos de trabajo con el mínimo gasto posible.

Por las dimensiones que tienen este tipo de oficinas los niveles de iluminación que se recomiendan serán más elevados que los de oficinas más pequeñas.

Dentro de este tipo de oficinas se puede distinguir entre aquellas que tengan:

- Necesidades visuales altas.
- Salas de delineación.
- Editoriales.
- Trabajo con papeles satinados.
- Tareas de escritura y lectura tradicional.

Debido a las grandes dimensiones del local, hace que sea necesario prestar atención a la selección y colocación de las luminarias en lo que respecta a los posibles deslumbramientos, tanto directos como por reflexión.

Necesidades visuales medias.

- Trabajo de lectura y escritura en ordenadores.



Oficina Tipo Colmena

En este tipo de oficinas se ha de tener especial precaución para que no se produzcan deslumbramientos molestos en las pantallas de los ordenadores, sin embargo, los niveles de iluminación serán algo menores, para facilitar al ojo la adecuación a la pantalla.

Celular

Este tipo de oficina acoge empleados que desarrollan un trabajo individual que requiere un grado relativamente alto de concentración. La inversión en infraestructura es considerablemente más alta que el tipo de oficina colmena.

Un ejemplo típico de este tipo de oficina es el usado por los directivos. Las dimensiones de las celdas normalmente se ajustan a las de uno o dos módulos prefabricados característicos.

Al igual que en el caso anterior, se distinguirá entre aquellos que tengan necesidades visuales altas o medias.



Oficina Tipo Celda

Reunión

En todas las organizaciones se puede encontrar algún área dedicada expresamente a la función de reunión. En estas zonas, lo esencial es la comunicación interna de los equipos. Esta función no se limita únicamente a las salas de reunión especiales; las mesas de recepción, las salas de conferencias, también forman parte de la función reunión de las oficinas.

Lo esencial en lo que se refiere a la actividad visual en salas de reunión, es la posibilidad de comunicación clara, es decir, que los rostros de los asistentes a las reuniones se vean con el suficiente modelado para apreciar sus gestos. Una iluminación demasiado difusa o una iluminación demasiado dramática, puede impedir una buena comunicación.

Un parámetro importante en este tipo de salas es la flexibilidad que debe aportar el alumbrado, ya que en ella se realizan otra serie de actividades como: Proyección de diapositivas, Proyección de videos, lectura de documentos, etc.



Oficina Tipo Reunión

Zonas Comunes

La función de las zonas comunes está presente en todos los edificios de oficinas. En este caso la importancia de la comunicación es escasa. El área sirve de canal de comunicación entre las distintas salas del edificio. El lobby de un edificio esta formado por: pasillos, escaleras, vestíbulo, incluso la cafetería.

La instalación de detectores de presencia o temporizadores en aseos, y zonas de paso, permitirán obtener un ahorro energético importante.



Zonas Comunes (vestibulo y pasillos)

Dentro de la zona de tipo Lobby también podemos encontrar unas mayores necesidades visuales como es el caso de las bibliotecas o salas de lectura.

Criterios de Diseño

Colmena

Requerimientos Técnicos	
Nivel General	500 lx - 1.000 lx
Temperatura de color	3.000 K - 4.000 K
Rendimiento de color	Ra > 80
Uniformidad	Alta
Control deslumbramiento	Alto

Tabla 37: Parámetros de Iluminación Recomendados en Oficinas Colmena.

Celda

Requerimientos Técnicos	
Nivel General	500 lx - 750 lx
Temperatura de color	3.000 K - 4.000 K
Rendimiento de color	Ra > 80
Uniformidad	Moderada
Control deslumbramiento	Medio

Tabla 38: Parámetros de Iluminación Recomendados en Oficinas Celda.

Zonas Comunes

Requerimientos Técnicos	
Nivel General	200 lx - 500 lx
Temperatura de color	2.700 K - 5.300 K
Rendimiento de color	Ra > 80
Uniformidad	Moderada
Control deslumbramiento	Sin determinar

Tabla 39: Parámetros de Iluminación Recomendados en Zonas Comunes.

Reunión

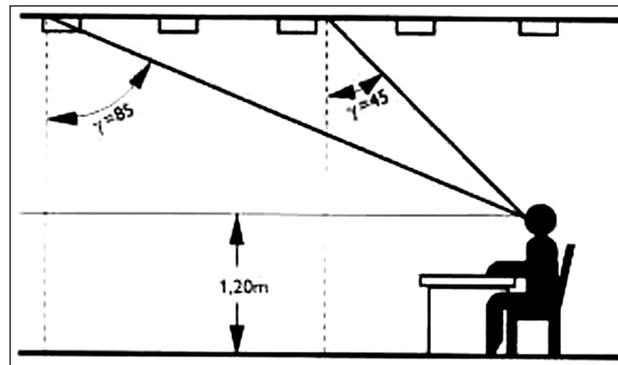
Requerimientos Técnicos	
Nivel General	300 lx - 1.000 lx
Temperatura de color	2.700 K - 4.000 K
Rendimiento de color	Ra > 80
Uniformidad	Moderada
Control deslumbramiento	En función de tarea

Tabla 40: Parámetros de Iluminación Recomendados en Oficinas Reunión.

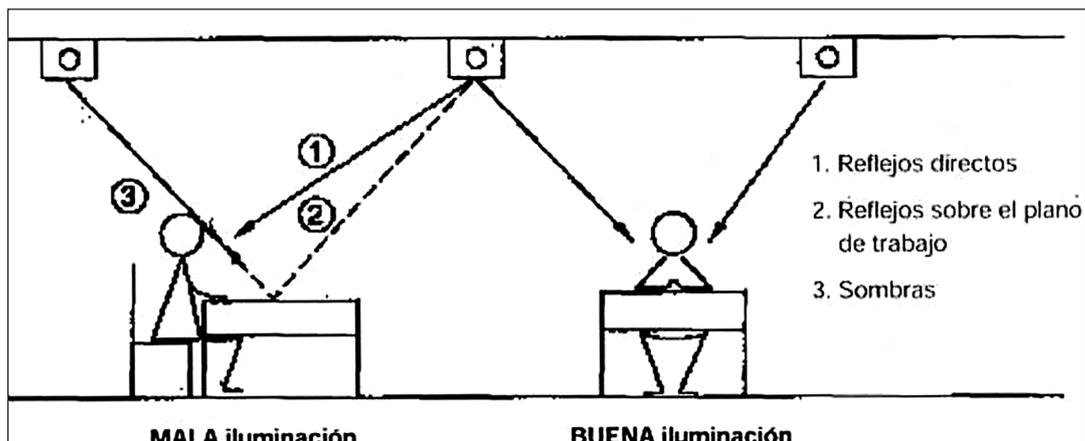
Deslumbramiento:

En el alumbrado de oficinas, el deslumbramiento directo se mantendrá dentro de límites aceptables, si se controla el grado de deslumbramiento molesto.

El deslumbramiento molesto dependerá del tipo, posición y luminancia de las luminarias, y su limitación vendrá dada, en función de la clase de calidad de la iluminación y el nivel de iluminación adoptado.



Ángulos Críticos de Deslumbramiento



Diseño de Iluminación. Iluminación de Oficinas

Para condiciones normales de visión, los ángulos críticos abarcan la gama de 45° a 85° (excepto en el caso de las oficinas tipo celda, que debido a sus grandes dimensiones, las luminarias estén tan lejanas que solo sea posible su visión bajo un ángulo muy pequeño).

Lámparas:

Las más usuales, con gran diferencia, son las lámparas fluorescentes (tubos: T8 y T5), para dotar a la oficina de un nivel de iluminación general.

El alumbrado localizado de apoyo se resuelve frecuentemente con lámparas incandescentes convencionales o lámparas halógenas de baja tensión.

Luminarias:

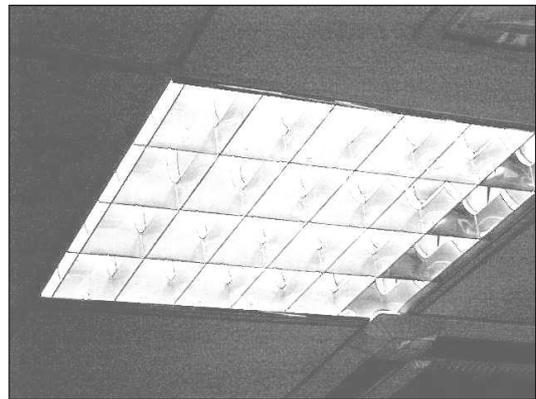
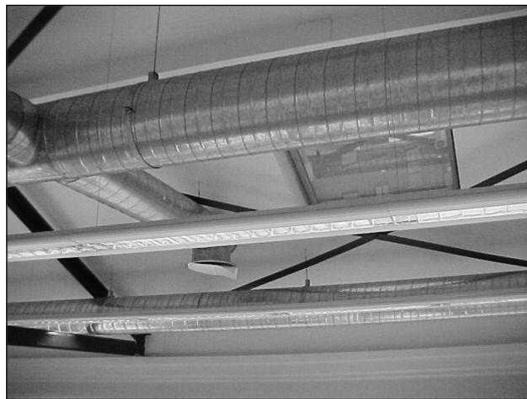
Las luminarias empleadas para iluminación general, equipadas con tubos fluorescentes, adoptan las siguientes posiciones de montaje:

- Empotrado.
- Superficial (adosado al techo).
- Suspendidas.

En ambos casos puede existir un reflector incorporado, en tanto que el apantallamiento se logra mediante:

- Rejilla de lamas transversales o de retícula cuadriculada.
- Refractor de tipo prismático.

En general, los difusores opalizados no tienen tanta aplicación como los dos sistemas anteriores.



Luminarias Suspendidas con Lamas Transversales y Empotradas con Retícula Cuadriculada

Los nuevos desarrollos de luminarias para oficinas vienen determinados por la utilización masiva, en estos locales, de pantallas de visualización, que exigen un control riguroso del deslumbramiento. Así, en estos casos y en otros donde se considera una clase de calidad elevada de control de deslumbramiento, se utilizan luminarias de baja luminancia, constituidas por un reflector (sección parabólica) y una rejilla de lamas, de sección en V o Y, normalmente más profundas que las habituales, que consigue limitar en gran medida las luminancias, dentro del ángulo de visión entre 45° y 85°.

Las luminarias suspendidas, con una parte de emisión luminosa indirecta, consiguen una adecuada distribución luminosa en el local.

Sistema de Control:

En las oficinas tienen cabida los tres sistemas de iluminación expresados anteriormente, General, Localizado y General-Localizado, dependiendo del tipo de oficina ante la que nos encontremos.

Los sistemas de control dependen en gran medida de las personas que los utilizan, de modo que dejar en sus manos, la conexión y desconexión de la instalación de alumbrado, no conduce a una utilización racional de la instalación.

Para cualquier sistema de control son aplicables las siguientes recomendaciones de actuación:

- Cada despacho o zona diferenciada de oficinas debe tener su propio interruptor de control.
- Cada grupo de luminarias debe ser conmutable en al menos dos etapas.
- Las zonas que requieran un nivel mayor de iluminación deben tener circuitos de alumbrado independiente (alumbrado localizado).
- Si se desea aprovechar la luz natural, las luminarias adyacentes a la línea de ventanas debe conectarse en grupos conmutados diferentes.

4.6 Alumbrado Ornamental

Depende de los efectos que se quieran conseguir con relación a la estructura del edificio y a las posibilidades que ofrezcan los espacios y edificios circundantes. En cualquier caso las fuentes luminosas no deben dar lugar a fenómenos de deslumbramiento.

Al estudiar las instalaciones es conveniente tener en cuenta los siguientes elementos:

- Niveles de iluminación: Están condicionados por factores ambientales y de tipo personal. Es aconsejable ir a niveles de iluminación más bien bajos.
- Tipo de iluminación: Según las características que se quieran obtener existen dos tipos de iluminación (por inundación e incorporada).
- Camuflaje de las fuentes luminosas: Las fuentes luminosas deben hallarse ocultas a la vista de las personas mediante pantallas naturales o artificiales.
- Presencia de agua: Al determinar la colocación de las luminarias téngase en cuenta que en la superficie del agua la luz se refleja como en un espejo y, por lo tanto, se puede provocar deslumbramiento.

Criterio de Diseño

Iluminación por Inundación

Consiste en iluminar el edificio desde puntos separados del mismo, lo que proporciona un nivel de iluminación uniforme sobre la fachada y una reducción del número de puntos de luz. Sus limitaciones vienen por el peligro del aspecto plano, carente de relieve, con el que aparecen los edificios así iluminados, o bien la producción de sombras provocadas por elementos arquitectónicos salientes del plano general de fachada.

Este sistema exige la disponibilidad de terreno, alrededor del edificio, para ubicaciones de los proyectores, y se utiliza cuando los alrededores son oscuros para crear un efecto de flotación del edificio.

Efectos especulares: con este tipo de iluminación, en los casos en los que la fachada tiene ventanas, se provoca el efecto especular, sobre todo si el interior del edificio está a oscuras. Debido a este efecto, si se coloca un proyector en altura, puede crear un deslumbramiento bastante molesto para un observador. Este fenómeno se soluciona colocando los proyectores en el suelo.

Iluminación Incorporada

La iluminación se asegura mediante proyectores situados en la propia fachada, como medio de destacar los elementos arquitectónicos más interesantes a través de un cuidado juego de luces y sombras, sin que se persiga la uniformidad. Su principal limitación es el alto número de puntos de luz que son necesarios, creciente a medida que aumentan los elementos a destacar, así como los daños que pueden provocar en fachadas artísticas.

Contrariamente al caso anterior, este sistema no exige ninguna reserva de espacio en los alrededores del edificio a iluminar, y generalmente ilumina de forma poco eficiente la zona baja del edificio. A menudo las soluciones de iluminación por inundación llevan también proyectores incorporados como medio de resaltar elementos poco iluminados por el sistema de inundación, y para mitigar las sombras proyectadas por salientes de fachada.



Iluminación Fachada Edificio

Nivel de iluminación

Depende del tipo de material constructivo (color y reflectancia) empleado en la fachada y de la iluminación de los alrededores del edificio. El nivel de iluminación debe aumentar a medida que disminuye la reflectancia del material y con el aumento de la iluminancia de los alrededores. Los valores variaran entre 15 lx – 400 lx.

Materiales	Estado	Coefficiente de Reflexión
Mármol blanco	Discretamente limpio	0,60 – 0,65
Grafito	Discretamente limpio	0,10 – 0,15
Hormigón o piedra clara	Discretamente limpio	0,40 – 0,50
Hormigón o piedra oscura	Discretamente limpio	0,25
	Muy sucio	0,05 – 0,10
Imitación de hormigón	Limpio	0,50
Ladrillos blancos	Limpio	0,80
Ladrillos amarillos	Nuevo	0,35
Ladrillos rojos	Sucio	0,05

Tabla 41: Coeficiente de Reflexión de las Fachadas.

Lámparas y Luminarias

Todas las fuentes de luz pueden ser utilizadas para la iluminación en el alumbrado ornamental, aunque se intenta buscar aquellas que ofrecen una mayor eficacia luminosa. Se suelen emplear:

- Halógenas: se recomiendan cuando su utilización es reducida. Con ellas se puede alcanzar cualquier requerimiento de color, aunque normalmente se asocian a edificios con fachadas en tonos cálidos y materiales pétreos.
- Mercurio alta presión: en materiales con predominio de colores intermedios o fríos.
- Halogenuros metálicos: usado siempre que se quiere una buena reproducción cromática. (monumentos nacionales, importantes edificios)
- Vapor de sodio (alta y baja presión) en materiales pétreos de tonalidad cálida o amarillenta.

Las luminarias utilizadas son proyectores con diversas aperturas de haz, en función de la zona a iluminar.

5 Edificios Públicos: Acondicionamiento Térmico

aven

Agencia Valenciana
de la Energía

5 Edificios Públicos: Acondicionamiento Térmico

En todos los edificios es fundamental y necesario que exista un Acondicionamiento Térmico adecuado de las zonas. Se ha estimado que la parte de energía demandada por un edificio, destinada al acondicionamiento térmico de las dependencias oscila entre un 40 % y un 70 %. Vemos que es un consumo muy importante de energía, sobre el que nos vamos a centrar en este apartado de la guía para poder optimizar los consumos energéticos consiguiendo un nivel óptimo de bienestar de los usuarios en el edificio.

Una de las opciones es tomar las medidas necesarias para reducir las pérdidas de calor en invierno o las ganancias en verano. De este modo la demanda de energía necesaria para el acondicionamiento térmico del edificio disminuye y consecuentemente, también lo hace el consumo energético.

El objetivo en este capítulo es:

- Definir las características constructivas y los sistemas de climatización de una forma sencilla, para poder conocer las condiciones de Acondicionamiento Térmico que posee nuestro edificio.
- Expresar de forma práctica unas ideas básicas sobre actuaciones y hábitos para lograr disminuir la demanda térmico-energética, el consumo y el coste que ello conlleva.
- Orientar de forma ilustrativa dónde y cómo podemos actuar en el aspecto térmico, dentro de nuestro edificio para conseguir ese fin.
- Aclarar los términos técnicos mediante definiciones, consejos y curiosidades.

5.1 Condiciones Generales

Las características de Acondicionamiento Térmico están basadas en el confort de los usuarios de los edificios e instalaciones, por ello nos parece relevante definirlo. Se define el *Confort* como la sensación agradable y equilibrada entre humedad, temperatura y calidad del aire (no viciado). Estos parámetros varían en función de la actividad que desarrollemos y la edad que tengamos.

- La Humedad Relativa debe estar comprendida entre los valores del 40 % al 70 %.
- La Calidad del Aire está condicionada por innumerables factores, siendo el más importante la adecuada renovación de aire que no debe ser inferior a 30 m³/h por persona.
- La Temperatura ideal es aquella en la que nuestro cuerpo mejor desarrolla sus funciones y queda definida en la Tabla 43 a modo orientativo.

Actividad	Humedad Relativa	
	Condiciones	
Normal	30 %	70 %
Riesgo por electricidad estática	50 %	70 %

Tabla 42: Condiciones de Humedad Relativa Recomendadas.

En la Tabla 42 se reflejan los valores que se recomiendan para la Humedad Relativa en función de la actividad que se desarrolle en el local; estableciéndose estos valores como los límites para lograr alcanzar el nivel de confort deseado por los usuarios de un edificio.

La Tabla 43 resume las temperaturas recomendadas en invierno para los distintos tipos de locales que nos podemos encontrar, sin olvidar que influye la actividad que se realiza en ellos, la ocupación, etc.. Según el R.D. 486/1997 la temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios estará comprendida entre 17 °C y 27 °C y en locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 °C y 25 °C.

Tipo de Local	Temperatura (°C)
Vestíbulo de entrada	18
Recepción	18
Administración	20
Secretaría	20
Aulas	18 - 20
Biblioteca	21
Despachos	20
Salas de espera	20
Sala de proyecciones	19
Sala de reuniones	20
Salón de plenos	20
Salón de actos	20
Piscinas cubiertas	27 - 28
Estadios cubiertos	18 - 20

Tabla 43: Temperaturas Recomendadas en Invierno dependiendo el Tipo de Local.

La calidad del aire depende de las renovaciones que se estipulen para que no se llegue a *viciar* el mismo, dependiendo de la actividad que se desarrolle en el local y de las condiciones ambientales, como se puede apreciar en la Tabla 44.

Actividad	Renovación Mínima m ³ / h y persona		
	Condiciones		
	No caluroso	Caluroso	Contaminación Tabaco
Sedentaria	30	50	50
Ligera	50	50	50

Tabla 44: Renovación Mínima de Aire.

Una vez comentados los parámetros de los que depende el lograr alcanzar el bienestar o confort de los usuarios de un edificio, vamos a desarrollar dentro del capítulo de Acondicionamiento Térmico dos aspectos: las Características Constructivas, entendiendo como tal la envuelta del edificio (cerramientos, tipo de carpintería, acristalamiento, etc.) y la Climatización, en la cual se incluyen los equipos que es necesario instalar en los edificios para alcanzar un nivel de confort óptimo.

5.2 Características Constructivas

5.2.1 Introducción

Es importante conocer las Características Constructivas del edificio, no tanto la composición exacta de todos los elementos que constituyen la envuelta, sino el comportamiento que tienen frente a las distintas condiciones que se presentan a lo largo de la vida útil de un edificio, que está estimada en 100 años. Quizá no podamos actuar directamente sobre todos los elementos constructivos, pero sí nos guiará a la hora de identificar todas las posibles carencias estructurales que se pueden corregir con la realización de unas determinadas modificaciones, para así mejorar la eficiencia energética en los edificios.

Para una mayor sencillez de esta Guía se van a clasificar las Características Constructivas del edificio en tres:

- Ubicación y Orientación del edificio.
- Cerramientos: fachadas y cubiertas.
- Tipo de Carpintería, Acristalamiento y Protecciones Solares.

5.2.2 Ubicación y Orientación

Es evidente que las condiciones climatológicas exteriores a un edificio intervienen directamente en las condiciones ambientales interiores. Si se pretenden mantener controladas estas condiciones interiores habrá que actuar en consecuencia con las condiciones atmosféricas exteriores, que dependen de la ubicación y orientación del edificio.

En cuanto a lo que se refiere a la ubicación, se pueden clasificar dos posibilidades, si el edificio se encuentra:

- Aislado. Todas sus fachadas son exteriores.
- Entre medianeras: Si tiene edificios colindantes calefactados o refrigerados.

Otra característica con peso a la hora de conseguir el confort dentro de las zonas de un edificio son las orientaciones. Queda claro que no se puede modificar, pero se habrá tenido en cuenta a la hora de la construcción. Al no poderse modificar lo que hay que conocer son las posibles soluciones a aplicar en los cerramientos del edificio para que se adapte lo mejor posible al clima.

Las estancias orientadas al norte suelen ser más frías que las de orientación sur y las orientadas al oeste más cálidas que las que son hacia el este.

Las orientaciones que puede tener un edificio son múltiples, pero se consideran comprendidas en seis según el Primer Proyecto de Código Técnico de Edificación y son las siguientes.

Norte:	$300^\circ \leq \alpha < 60^\circ$	Sur:	$162^\circ \leq \alpha < 198^\circ$
Este:	$60^\circ \leq \alpha < 111^\circ$	Suroeste:	$198^\circ \leq \alpha < 249^\circ$
Sureste:	$111^\circ \leq \alpha < 162^\circ$	Oeste:	$249^\circ \leq \alpha < 300^\circ$

Siendo α el ángulo formado con la recta normal exterior de la fachada y el norte, medido en sentido horario.

Se establece una zonificación climática basándose en las denominadas Severidades Climáticas, existiendo para cada localidad una severidad climática de invierno (S.C.I.) y una severidad climática de verano (S.C.V.).

Se define la Severidad Climática como el cociente de la Demanda Energética del Edificio entre la Demanda Energética del Edificio de Referencia (Madrid). Sabiendo que la D.E.E. es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio unas condiciones de confort definidas mediante el uso del edificio.

Para invierno se definen cinco divisiones correspondientes a los siguientes intervalos de valores:

A	B	C	D	E
$SCI \leq 0,3$	$0,3 < SCI \leq 0,3$	$0,6 < SCI \leq 0,95$	$0,95 < SCI \leq 1,3$	$SCI > 0,3$

Tabla 45: Severidad Climática en Invierno.

Para verano se definen cuatro divisiones correspondientes a los siguientes intervalos de valores:

A	B	C	D
$SCV \leq 0,6$	$0,6 < SCV \leq 0,9$	$0,9 < SCV \leq 1,25$	$SCI > 1,25$

Tabla 46: Severidad Climática en Verano.

Combinando las cinco divisiones de invierno con las cuatro de verano se obtendrían 20 zonas distintas, de las cuales se han retenido únicamente las 12 en las cuales se ubican las localidades españolas, como se muestra en la Tabla 47.

SVC	A4	B4	C4		
	A3	B3	C3		
			C2	D3	
			C1	D2	
				D1	E1
	SCI				

Tabla 47: Zonas Climáticas de España.

En el caso concreto de la Comunidad Valenciana, los datos de las zonas climáticas de las capitales de provincia (Alicante, Castellón y Valencia) se han recogido del "Primer Código Técnico de la Edificación" (Calener) y para las comarcas de las tres provincias se han ido calculando según el método de Calificación de Edificios, desarrollado por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Sevilla.

	Comarcas	Altitud de Referencia (m)	Zona Climática
ALICANTE	Alacant	7	B4
	Alt Vinalopó	598	C1
	Baix Vinalopó	79	B4
	El Baix Segura	110	B4
	El Comtat	1.132	E1
	L'Alacantí	478	C1
	L'Alcoià	575	C1
	La Marina Alta	499	C1
	La Marina Baixa	748	D1
	Vinalopó Mitjà	279	C3

Tabla 48: Zonas Climáticas de las Comarcas de Alicante.

	Comarcas	Altitud de Referencia (m)	Zona Climática
CASTELLÓN	Castelló	18	B3
	L'Alt Millars	583	C1
	L'Alt Palancia	702	D1
	Baix Maestrat	507	C1
	Els Ports	753	D1
	L'Alcalatén	584	C1
	L'Alt Maestrat	855	D1
	La Plana Alta	598	C1
	La Plana Baixa	259	C2

Tabla 49: Zonas Climáticas de las Comarcas de Castellón.

	Comarcas	Altitud de Referencia (m)	Zona Climática
VALENCIA	València	8	B3
	Els Serrans	733	D1
	El Camp de Morvedre	464	C1
	El Camp de Túria	374	C2
	La Vall d'Ayora	800	D1
	El Canal de Navarrés	550	C1
	L'Horta Nord	31	B3
	L'Horta Sud	136	B3
	L'Horta Oest	206	B3
	La Hoya de Buñol	381	C2
	La Ribera Alta	303	C2
	La Ribera Baixa	126	B3
	La Safor	552	C1
	La Plana d'Utiel-Requena	586	C1
	La Vall D'Albaida	660	D1
	Racó d'Ademús	883	D1
	València	374	C2

Tabla 50: Zonas Climáticas de las Comarcas de Valencia.

5.2.3 Cerramientos: Fachadas y Cubiertas

La mayoría de los elementos que forman parte de los cerramientos de los edificios tienen unas características concretas difíciles de modificar, pero casi siempre se pueden encontrar soluciones para conseguir actuar sobre ellos y adaptar su comportamiento a las condiciones ambientales, tanto exteriores como interiores. Las deficiencias habituales y comunes que nos podemos encontrar son: el mal estado del aislamiento, la formación de condensaciones o la existencia de puentes térmicos.

El Aislamiento Térmico. Los Aislantes

El objetivo de un Aislamiento Térmico es impedir la transferencia de calor desde y hacia el cuerpo aislado.

Los materiales de aislamiento térmico, aislantes, aprovechan en general el hecho de que el aire es un excelente aislante. Por esta razón, la gran mayoría de los materiales usados como aislantes son porosos, manteniendo el aire atrapado en su interior.

Teoría General del Fenómeno del Cambio de Calor

Entre dos cuerpos con temperaturas diferentes, inevitablemente se produce un flujo calorífico, el calor se desplaza del cuerpo caliente al cuerpo frío hasta que se produce el equilibrio térmico. Ningún medio consigue impedir el intercambio de calor, sólo se puede modificar su intensidad.

El cambio de calor se produce de tres formas diferentes:

- **por Conducción**

El calor se propaga a través de todos los cuerpos sólidos o líquidos de molécula a molécula, suponiendo que estas últimas están inmóviles. En los gases (Teoría Cinética), los cambios de energía se producen por los choques entre las moléculas animadas por velocidades diferentes.

Ejemplo: Si se coloca el extremo de una barra de hierro en el fuego, al cabo de unos instantes se calienta el otro extremo.

- **por Convección**

Esta forma de propagación es propia de los fluidos (gases o líquidos), las moléculas que están directamente en contacto con un cuerpo de temperatura más alta "A" se calientan y tienden a desplazarse hacia arriba.

La restitución de las calorías absorbidas al ponerse en contacto con cuerpos de temperatura inferior "B", origina la creación de un ciclo de convección que acelera los cambios térmicos entre A y B.

Ejemplo: El radiador de calefacción central eleva la temperatura de las moléculas de aire que se vuelven más ligeras y suben hacia el techo, siendo inmediatamente

reemplazadas por otras que se han enfriado al contacto con las paredes u objetos que han encontrado en su recorrido.

- **por Radiación**

La transmisión de calor por radiación se produce aun en el caso de temperaturas bajas, siempre que dos cuerpos con temperaturas diferentes estén separados por un medio permeable a la radiación. El calor se transforma en energía radiante, atraviesa el medio permeable y alcanza al otro cuerpo. Una parte de la energía se transforma en calor y es absorbida por este segundo cuerpo. El resto de la energía se refleja bajo la forma de calor radiante.

El transporte de calor por radiación no necesita soporte material alguno; se produce igualmente en el vacío.

Ejemplo: La Tierra es calentada por el sol por radiación.

Generalmente, estos tres casos posibles se producen simultáneamente, y por simplificar, se agrupa el conjunto de fenómenos bajo el nombre de conducción.

Materiales Aislantes

Bajo el nombre de Materiales Aislantes se agrupan productos que cumplen muchas funciones, siendo la principal evitar la transferencia de energía térmica desde y hacia el cuerpo aislado. Están caracterizados por un Coeficiente de Conductividad Térmica (λ) lo más bajo posible. Las principales cualidades son:

- Estabilidad física y química: ausencia de dilatación excesiva al calor, resistencia a diversos agentes de destrucción: humedad u oxidación.
- Ausencia de propiedades corrosivas para los materiales con los que el aislante está en contacto.
- Buena resistencia mecánica.
- Incombustibilidad o por lo menos ausencia de inflamabilidad.
- Flexibilidad o rigidez según la estructura portante.
- Precio en relación con el servicio que presta.
- Estética si el producto va a estar a la vista.

Los aislantes pueden ser clasificados de muchas formas, las más extendidas son aquellas según su:

- Estructura: granular, fibrosa, alveolar, etc.
- Origen: vegetal, mineral, etc.
- Resistencia en las diferentes zonas de temperatura.

Materiales Fibrosos. [Fibras Minerales](#)

Dentro de esta categoría se encuentran:

Fibra de Amianto. La fibra de amianto es una fibra natural que se encuentra en la naturaleza. El amianto, conocido desde la antigüedad, es una fibra mineral natural obtenida por trituration de una roca eruptiva cristalizada.

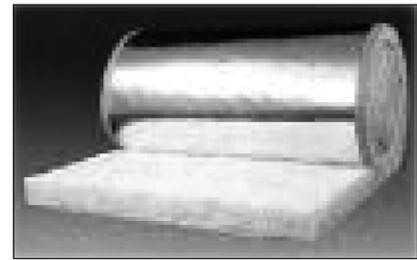
Con el amianto se fabrican:

- Productos de calefacción: fibras a granel, burletes, coquillas y tableros por aglomeración de las fibras con silicato de sosa.
- Productos de protección antifuego.

Este año es el último de uso, fabricación y comercialización de este tipo de aislante, por una Orden Ministerial.



Colocación de Placas de Fibrocemento



Fibra de Vidrio

Fibra o Lana de Vidrio. La lana de vidrio necesita la fusión de una composición vítrea particular, especialmente adaptada al problema del fibrilado. Los componentes de esta mezcla son elegidos y dosificados para la obtención de características adaptadas al uso del vidrio.

Las dos cualidades esenciales del vidrio aislante son: fluidez suficiente para la temperatura de fibrilado y alta resistencia al ataque por los agentes atmosféricos, en particular la humedad.

Fibra o Lana de Roca. La lana de roca se elabora, con frecuencia a partir de escoria de horno alto. En el momento de la fusión de la escoria se añaden rocas seleccionadas, con el fin de obtener ciertas cualidades en el producto final.

La estabilidad de sus características iniciales está limitada a 750 °C.

Se aplica para evitar los puentes térmicos y evitar la formación de condensaciones en fachadas y cubiertas.

Como ventaja de la fibra de roca, se puede citar una mayor resistencia a la temperatura, soporta temperaturas hasta 650 °C, en cambio el límite térmico de la fibra de vidrio está fijado en 500 °C, debido a una composición más rica en calcio y menos rica en sodio que la fibra de vidrio utilizada corrientemente.



Lana de Roca

De todos los aislantes, las fibras minerales son las únicas que pueden ser utilizadas con éxito en todos los campos relativos a la edificación, aislamiento térmico y aislamiento acústico. Por todo esto, están situadas a la cabeza de la producción de aislantes.

Materiales Fibrosos. Fibras Vegetales

Dentro de esta categoría se encuentran:

- Fibra de Madera.
- Fibra de Lino.

Aislantes Con Estructura Celular. Aislantes Minerales y Vegetales

Dentro de esta categoría se encuentran:

- Corcho.
- Vidrio Celular.

Espumas Plásticas Aislantes

Dentro de esta categoría se encuentran:

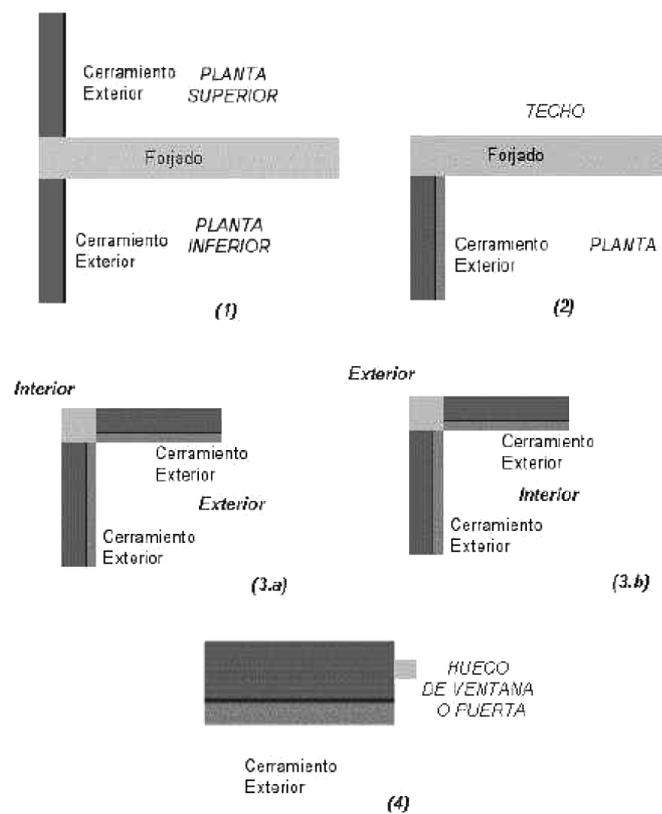
- Espumas de Poliéstireno.
- Espumas de Cloruro de Vinilo
- Espumas de Poliéster.
- Espumas de Urea-Formol.

Puentes Térmicos

Un Puente Térmico se provoca en una parte del cerramiento que tiene una resistencia térmica inferior al resto del mismo y como consecuencia, también con temperatura inferior, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones en esa zona, en épocas frías. Las posibles situaciones en las que se produce suelen ser en encuentros de cerramientos como son alféizares de ventanas, cajas de persianas, pilares no revestidos y en contacto con el exterior, forjados sobre espacios exteriores no aislados térmicamente.

La manera más fácil de localizar un Puente Térmico es situar la mano en las uniones del elemento del cerramiento (ventana o puerta) con la pared. Si apreciamos una ligera corriente de aire o disminución de temperatura es porque existe este fallo constructivo. La forma de eliminarlo es la colocación de burletes.

Una vez comentadas las posibles carencias que se pueden encontrar en los cerramientos de un edificio, se van a desarrollar cada uno de los cerramientos en particular, es decir, las cubiertas y las fachadas. Pero antes es necesario comentar la influencia de una característica común a ambos elementos constituyentes de la envuelta de un edificio, como es el color.



Puentes Térmicos más comunes. Primer Código Técnico de Edificación

El Color

El *color* es una de las características común a todos los elementos constructivos. En localidades cálidas con grandes aportes de radiación solar en verano, es conveniente que sean de color claro, tanto las fachadas como las cubiertas, y si es posible que sean reflectantes, con ello se conseguirá una menor ganancia térmica en verano.

Cuando la superficie exterior del edificio está expuesta a los rayos solares, el color, tono y textura de los muros, influyen en la absorción y reflexión de calor.

- Para muros orientados al Sur: Se deben manejar superficies rugosas y colores medios.
- Para muros orientados al Este u Oeste: Deben ser superficies poco rugosas o lisas y colores claros.
- Para muros orientados al Norte: Hay absoluta libertad en el uso de colores y texturas.

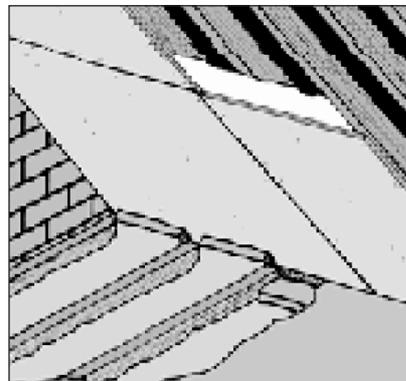
Cubiertas

La Cubierta es el elemento de mayor ganancia térmica por radiación solar; debido a esto su mejoramiento debe desarrollarse con sumo cuidado. La elevada posición del sol en el cielo hace que la radiación incida perpendicularmente durante un largo período de tiempo en las cubiertas planas o poco inclinadas, como son la mayoría.

Las características principales que una cubierta debe considerar para adecuarse al ambiente son: la forma, la orientación, la altura y los materiales.

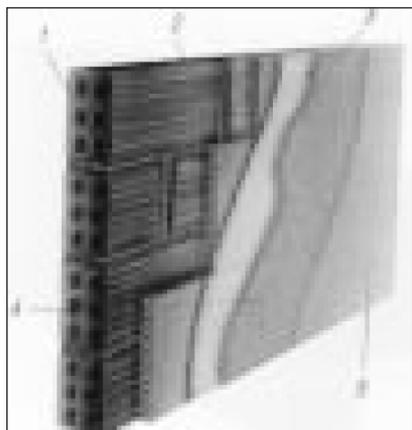
Al ser el elemento que más calor recibe durante el día, y el que más calor disipa al espacio durante la noche, esta característica debe ser aprovechada para perder durante las horas más frescas de la noche la mayor cantidad de calor acumulado durante el día.

Para todos los casos es recomendable que el color de la cubierta sea claro, preferentemente blanco.



Detalle de una Cubierta desde el interior

Fachadas



Detalle de Composición de una Fachada

Para climas cálidos, como es el caso de la Comunidad Valenciana y con orientaciones donde el sobrecalentamiento de las fachadas en verano sea importante, como son la sur y oeste, hay que considerar la opción de disponer de alguna solución constructiva que permita crear una cámara de aire ventilada entre el material exterior de acabado, que recibe la carga solar térmica, y el paramento de cerramiento entre interior y exterior. Con ello se puede amortiguar considerablemente la influencia de esta carga térmica en su paso hacia el interior del edificio.

Un buen aislamiento en los cerramientos nos reduce considerablemente su coeficiente de transmisión, evitando tener pérdidas de calor innecesarias, aumentando el rendimiento de la instalación y consecuentemente reduciendo el consumo energético.

Un Muro de ladrillo sin aislamiento pierde, a lo largo de todo el invierno, el equivalente de entre 3 kg – 6 kg de gasóleo por cada metro cuadrado de fachada, lo que equivale a:

$$0,13 \text{ GJ} - 0,26 \text{ GJ}$$

Las pérdidas se pueden reducir a la sexta parte, mediante la aplicación de algún tipo de material aislante.

5.3.4 Tipo de Carpintería, Acristalamiento y Protecciones Solares

Las puertas y ventanas también forman parte de las Características Constructivas del edificio, y tienen la ventaja de ser elementos de fácil sustitución, en comparación con otros cerramientos.

Las *puertas* deben construirse principalmente con madera o aglomerados y a ser posible con material aislante en su parte media. Las puertas que dan al exterior deben tener además cintas o selladores en su marco, así como elementos en su arrastre que impida la entrada de aire y polvo. En puertas o accesos donde haya mucho tránsito y el local esté climatizado es recomendable la instalación de una cortina de aire, para que afecte en la menor proporción posible al local climatizado.

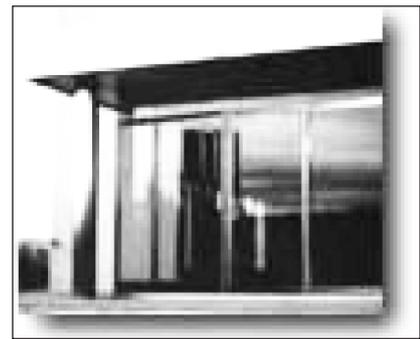
Las *ventanas* en un clima cálido, como el de la Comunidad Valenciana, tienen como objetivo permitir una buena iluminación, garantizar por lo menos una renovación de aire por hora y evitar en lo posible el contacto directo con el exterior, su superficie debe estar protegida de la radiación solar.

En el coeficiente de transmisión de calor de la ventana influyen principalmente dos parámetros:

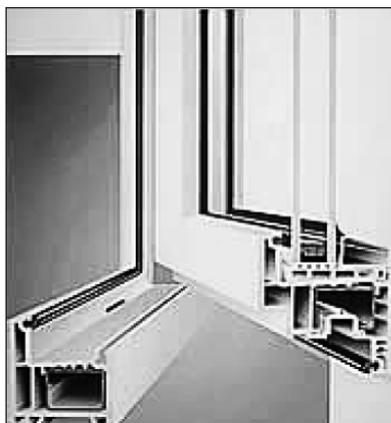
- Tipo de Acristalamiento (simple, doble, doble ventana) y
- Tipo de Carpintería (madera, plástico, metal, doble ventana).

Los tipos de carpintería que existen son de:

- *Madera*: es la más aislante de todas, pero la más propensa a la formación de puentes térmicos.
- *Metálicas*: dan buen resultado si son con rotura del puente térmico, pero si no, son muy susceptibles de ellos.
- *PVC*: tienen buen comportamiento aislante, más estancas y prácticamente todas en su estructura llevan rotura del puente térmico.



Puerta de Vidrio y Carpintería Metálica



Doble Acristalamiento con Carpintería de PVC

A este tipo de carpinterías podemos incorporar varios tipos de acristalamientos:

- *Simple*: un solo vidrio. No es muy recomendable, debido a las grandes pérdidas a través de este material. La tendencia es hacia otro tipo de acristalamiento o la instalación de una doble ventana.
- *Doble*: es el más habitual hoy en día ya que se consigue reducir las pérdidas a la mitad.
- *Triple*: no es muy corriente, se suele utilizar en edificaciones que se quiera conseguir una alta calidad, un buen aislamiento acústico y térmico. Es el de mayor coste económico.

Si en lugar de un vidrio sencillo se coloca uno doble, se puede ahorrar a lo largo del invierno la energía equivalente a 5 kg-8 kg de gasóleo por cada m² de vidrio, lo que equivale a:

0,21 GJ-0,34 GJ

	Carpintería	K (W/m ² °C)
Acristalamiento Simple	Madera	5
	Metálica	5,8
	PVC	4,2
Acristalamiento Doble con Cámara de 6 mm	Madera	3,3
	Metálica	4
	PVC	3,02
Acristalamiento Doble con Cámara de 9 mm	Madera	3,1
	Metálica	3,9
	PVC	2,9
Acristalamiento Doble con Cámara de 12 mm	Madera	2,9
	Metálica	3,7
	PVC	2,79
Doble Ventana	Madera	2,6
	Metálica	3
Pavés		3,5

Tabla 51: Coeficientes de Transmisión Térmica de los Principales Tipos de Ventanas.

Otro parámetro que afecta al valor de la ganancia térmica de un local es la existencia de Protecciones Solares, tanto interiores como exteriores. Las protecciones solares tienen como objetivo proteger las ventanas de la radiación solar directa sin dificultar el aprovechamiento de la luz solar como fuente de iluminación natural y gratuita.

Hay que tener en cuenta que el ahorro energético que una buena protección solar aporta a un edificio es vital, no sólo por el ahorro en sí, si no porque de esta forma se contribuye a reducir la contaminación de CO₂ que tanto daña a la capa de ozono; y esto hay que hacerlo potenciando al máximo el "confort" del espacio habitable.

Las protecciones solares más utilizadas se muestran en la Tabla 52.

	Tipo de Protección Solar	Valoración
Interiores	Persianas Metálicas	MALO
	Persianas de Plástico	MALO
	Cortinas o Estores	REGULAR
Exteriores	Persianas de Madera	REGULAR
	Persianas de Plástico	REGULAR
	Persianas Metálicas	REGULAR
	Toldos	BUENO
	Voladizo que dé sombra	BUENO

Tabla 52: Tipos de Protecciones Solares.

La utilización de Protecciones Solares es un buen sistema para reducir la fuerte radiación solar, y es más adecuado un tipo u otro en función de la orientación:

- Sur las más adecuadas son las protecciones solares fijas o semifijas.
- Oeste o Noroeste se recomienda el uso de protecciones solares con lamas horizontales o verticales móviles.
- Este y Oeste se recomiendan aquellas que sean móviles siendo agradable, tanto al amanecer como al atardecer, la entrada de la luz solar en épocas frías o templadas, pero no en el verano.

En la Tabla 53 se muestran los distintos tipos de protecciones solares y los ahorros asociados estimados a cada uno de ellos.

Protecciones Solares	Ahorro
Persiana color oscuro	25 %
Persiana color medio	25 % - 29 %
Persiana color claro	29 % - 44 %
Recubrimiento de plástico	40 % - 50 %
Vidrio oscuro (5 mm)	40 %
Persiana más vidrio absorbente	47 %
Árbol no muy tupido	40 % - 50 %
Árbol tupido	75 % - 80 %
Cortina color oscuro	42 %
Cortina color medio	53 %
Cortina color claro	60 %
Pástico traslúcido	35 %
Toldo de lona	85 %
Persiana blanca	85 % - 90 %
Celosía	85 % - 90 %
Vidrio polarizado	48 %

Tabla 53: Protecciones Solares y Ahorros Estimados Asociados.

5.3 Climatización

5.3.1 Introducción

Aún en el caso de unas Características Constructivas lo más adaptadas posibles a las condiciones ambientales exteriores e interiores de un edificio, siempre es necesario la instalación de sistemas de climatización para llegar al nivel óptimo de Confort Térmico.

Como ya hemos comentado en otros apartados es fundamental que exista un diseño adecuado de la distribución de las estancias por su uso, pues se puede obtener un mayor rendimiento de la instalación, mejor ajuste, y consecuentemente un ahorro energético bastante importante.

Es conveniente que se preste la atención suficiente a la instalación de climatización, no sólo por la importancia que tiene desde el punto de vista del confort, sino por su elevado consumo de energía, que puede llegar a alcanzar hasta un 50 % del total del edificio.

Dentro del Acondicionamiento Térmico de un Edificio es necesario considerar el grado de Ocupación y Funcionalidad de los locales del edificio. Las personas emitimos calor, por eso es fundamental para el cálculo de la demanda energética saber la ocupación de las dependencias y los horarios de funcionamiento para tener en cuenta ese aporte calórico ya que implica un aumento en la potencia frigorífica a instalar y a demandar.

A continuación se define la ocupación por metro cuadrado de superficie de las estancias, más comunes en los ayuntamientos.

Tipo de Local	Personas por m ²
Recepción	0,54
Administración	0,10
Secretaría	0,10
Aulas	1,00
Biblioteca	0,21
Despachos	0,10
Salas de espera	3,03
Sala de reuniones	0,75
Salón de plenos	0,75
Salón de actos	1,50
Piscinas cubiertas	0,27
Estadios cubiertos	0,75
Vestuarios	0,21
Espectadores	1,61

Tabla 54: Ocupación de un Edificio en los distintos Tipos de Local.

Una de las mejoras en cuanto a los sistemas de climatización es considerar el uso de aquellos sistemas que permitan controlar el modo de operación en función de las demandas de cada momento y en cada zona o local del edificio, con las características siguientes:

- La regulación de las velocidades de los ventiladores.
- La regulación de las bombas.
- La zonificación de los sistemas de control.
- La regulación automática de las temperaturas de consigna.

Otra cualidad favorable de los sistemas de climatización es la disposición de mecanismos de recuperación del calor contenido en el aire eliminado o en el agua caliente. La eficiencia de este calor se reflejará en una reducción del consumo de energía de climatización, puesto que deja de consumir la parte de energía que recupera del fluido caliente, que no se utiliza.

Siempre hay que considerar que el sistema ha de mantener la temperatura de las numerosas zonas dentro de unos niveles de confort determinados por los usuarios, y debe ser capaz de atender necesidades de calor y de frío de forma simultánea.

Una vez introducidos las características y cualidades de los Sistemas de Climatización, se va a desarrollar el Sistema de Calefacción y de Refrigeración; aunque puede darse el caso de que coincidan.

5.3.2 Calefacción

Las necesidades de calefacción dependen de determinados factores como son: el clima, orientación, forma constructiva, calidad de los materiales con los que se ha realizado la construcción (cerramientos y aislamientos) y el uso que realicemos de la misma, sobre todo de la superficie calefactada.

El control y regulación mediante cronotermostatos o válvulas termostáticas más un reloj-programador ayudan a conseguir un importante ahorro energético y económico; se estima que el uso de estos aparatos ahorra entre un 10 % y un 20 %.

La realización de un mantenimiento adecuado es otra práctica que mejora considerablemente el funcionamiento de las instalaciones y reduce los consumos energéticos.

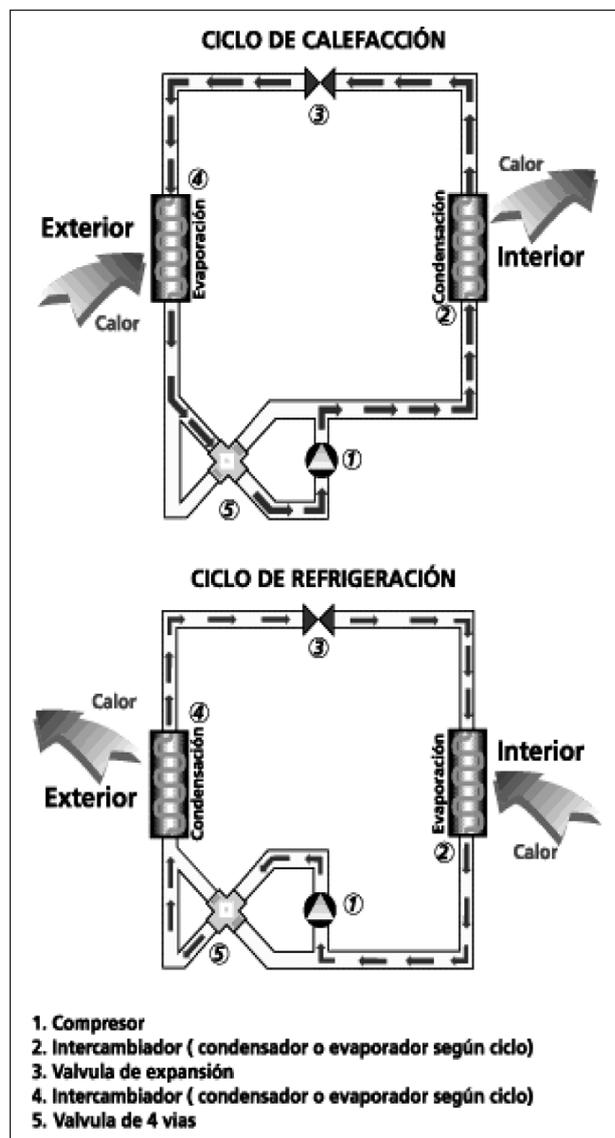
En este apartado queremos dejar como conclusión una serie de consejos prácticos y actuaciones para conseguir:

- Comodidad térmica.
- El aprovechamiento al máximo de la energía que se está comprando.
- Aprovechamiento de energías gratuitas.
- Sacar mayor rendimiento a su instalación y consumo.

Existe gran cantidad de sistemas de calefacción, pero en la actualidad la tendencia es a la utilización de la Bomba de Calor reversible, que nos sirve tanto para calefactar como para refrigerar, siempre y cuando las condiciones sean adecuadas para la utilización de este tipo de instalación.

Bomba de Calor

Es una máquina termodinámica destinada a calentar o refrigerar un local a partir de una fuente externa cuya temperatura es inferior o superior a la del local a calentar o refrigerar.



Circuito de la Bomba de Calor funcionando en Invierno y Verano

Para realizar una u otra función han de ser bombas de calor reversibles, es decir que inviertan su ciclo y pasen de producir calor a frío, cuando lo deseemos. Los ciclos que siguen los fluidos son inversos, como se puede apreciar en la Figura 55.

Los componentes básicos de una bomba de calor son:

- Compresor.
- Intercambiador (condensador o evaporador según ciclo).
- Válvula de Expansión.
- Intercambiador (condensador o evaporador según ciclo).
- Válvulas de 4 vías.

Estos componentes básicos se pueden contemplar en la Figura 55.

El medio donde se extrae el calor se denomina "foco frío" y al medio al que se transfiere el calor se llama "foco caliente". En función del fluido utilizado en las fuentes se pueden clasificar las bombas de calor de la forma que se muestra en la Tabla 55.

	Medio del que se extrae la energía	Medio al que se cede la energía
Según medio de origen y de destino de la energía	AIRE	AIRE
	AIRE	AGUA
	AGUA	AIRE
	AGUA	AGUA
	TIERRA	AIRE
	TIERRA	AGUA

Tabla 55: Clasificación de las Bombas de Calor en Función del Fluido.

- **Bombas de calor aire-aire:** Son las más utilizadas, principalmente en climatización.
- **Bombas de calor aire-agua:** Se utilizan para producir agua fría para refrigeración o agua caliente para calefacción y agua caliente sanitaria.
- **Bombas de calor agua-aire:** Permiten aprovechar la energía contenida en el agua de los ríos, mares, aguas residuales, etc. Producen unos rendimientos energéticos mejores que las que utilizan aire exterior, debido a la mayor uniformidad de la temperatura del agua a lo largo del año.
- **Bombas de calor agua-agua:** Similares a las anteriores, excepto que los emisores son radiadores a baja temperatura, fan-coils o suelo radiante.
- **Bombas de calor tierra-aire y tierra-agua:** Aprovechan el calor contenido en el terreno. Son instalaciones poco habituales, debido a su coste y a la necesidad de disponer de grandes superficies de terreno.

Como se ha dicho con anterioridad, las más empleadas para el acondicionamiento de aire son las del tipo aire – aire y aire – agua, que utilizan el aire del ambiente exterior como fuente fría en el evaporador, gracias a su disponibilidad. Las condiciones de trabajo de estas máquinas para los distintos tipos de fluido se muestran en la Tabla 56.

Tipo de fluido	Actuando como:	
	Foco Frío	Foco Caliente
Aire	6 °C a 35 °C	20 °C a 40 °C
Agua	10 °C a 20 °C	40 °C a 55 °C
Tierra / Suelo	0 °C a 10 °C	-

Tabla 56: Condiciones de Trabajo en Función del Fluido.

Si la bomba de calor trabaja con aire exterior, para temperaturas ambientales bajas, por debajo de los 5 °C puede producirse hielo en la unidad exterior dificultándose la transmisión de calor. Por ello, es preciso, cuando se dan estas condiciones, proceder a ciclos periódicos de desescarche que eliminen el hielo acumulado. La forma más común de realizar del desescarche es la inversión del ciclo de funcionamiento de la máquina, con lo que se envía a la unidad exte-

Fluido		Foco Frío	Foco Caliente
AGUA	Necesidades	Existencia de un caudal suficiente de agua (río, pozo o mar)	
		Calidad de agua adecuada. En caso contrario deberá ser tratada, encareciéndose el sistema	
	Ventajas	Buena Relación. Potencia / Caudal	Buena Relación Potencia / Caudal
		Menor Inversión por kW instalado	Fácil Traspaso de Energía
		Se puede instalar en interiores	Relación Tamaño / Potencia muy buena
	Inconvenientes	Bajo Nivel Sonoro	Permite la diversificación de consumos por zonas
			Menor capacidad global
		Temperaturas superiores a 50 °C exigen refrigerantes o construcciones especiales	
AIRE	Necesidades	Normalmente es precisa la instalación en intemperie	
		Conviene utilizar aire procedente de extracciones para aumentar el C.O.P.	
	Ventajas	Fuente Fría Inagotable	Gran sencillez de Instalación
		Suministro Gratuito	Capacidad Elevada
		No exige materiales especiales	Costo de Explotación Mínimo
	Inconvenientes		No recomendable si existen varios puntos de control
			Transporte de fluido a zonas costoso

Tabla 57: Características de los fluidos más utilizados en las bombas de calor.

rior el gas caliente procedente del compresor, eliminando el hielo formado.

Si la Bomba de Calor trabaja con agua a una temperatura menor de 10 °C conlleva una disminución del C.O.P. (rendimiento del equipo durante el funcionamiento, aproximadamente tiene un valor de 2,5), riesgos de congelación, encarecimiento del sistema de bombeo y regulación. Si supera los 20 °C, habría que utilizar enfriadores especiales o sistemas de recirculación.

Para poder establecer unos criterios a la hora de seleccionar un tipo de Bomba de Calor es necesario conocer los que existen en función de las fuentes fría y caliente.

En función de las cargas térmicas, podemos encontrar una gama amplia de potencias en este tipo de equipos. Para seleccionar un modelo u otro deberemos fijarnos en la carga térmica mayor que vaya a ser demandada en el edificio, ya sea de calefacción o de refrigeración. Pero por lo general, en condiciones normales cuando se dimensiona un equipo para frío cubre las necesidades de calefacción.

Podemos clasificar las bombas de calor en función de su número de unidades y su disposición en el local a acondicionar como:

- Compactos: constan de una sola unidad.
- Partidos: están formados por dos o más unidades.

En cuanto al servicio que prestan se dividen en:

- Unitarios: equipos independientes en cada dependencia.
 - Acondicionador Portátil.
 - Acondicionador de Ventana.
 - Consola.
 - Equipos Partidos (split o multi-split).
- Individuales: cuando atiende al conjunto de locales del edificio.
 - Equipo Compacto Individual.
 - Equipo Partido Individual.

En la Tabla 58 se resumen las características nominales de refrigeración y calefacción, así como la potencia eléctrica demandada en cada caso, para los tipos descritos.

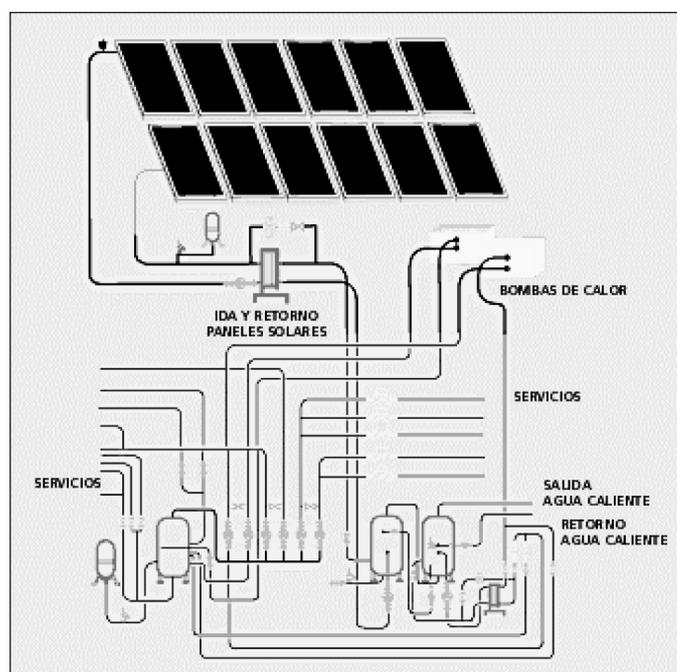
Tipo de Aparato	Refrigeración		Calefacción	
	Potencia Frigorífica (W)	Potencia Eléctrica (W)	Potencia Calorífica (W)	Potencia Eléctrica (W)
Acondicionador Portátil	1.600 - 3.600	700 - 1700	2.500 - 3.500	1.000 - 1.300
Acondicionador Ventana	2.000 - 7.000	900 - 3000	-	-
Consola	2.000 - 7.000	900 - 3000	-	-
Partidos	2.000 - 7.500	1.000 - 3.000	2.500 - 8.000	1.000 - 2.900
Compacto Individual	7.000 - 17.000	3.000 - 7.000	7.500 - 18.000	3.000 - 6.500
Partido Individual	7.000 - 17.000	3.000 - 7.000	7.500 - 17.000	3.000 - 6.500

Tabla 58: Clasificación por potencias de los equipos de Bomba Calor.

Un **ejemplo** que nos ha parecido interesante es el de la producción de agua caliente sanitaria y climatización con energía solar de un hotel en Gandía (Valencia). El equipo que se ha utilizado es una Bomba de calor aire-agua, con una potencia calorífica de 73 kW por equipo y potencia frigorífica de 62 kW por equipo.

Descripción: La climatización de este hotel de 4 estrellas con 76 habitaciones se realiza con Bombas de Calor aire-agua. Estas bombas dimensionadas para cubrir todas las necesidades de refrigeración, tienen un excedente de potencia calorífica. Por esta razón una de las dos bombas se destina para el apoyo de la producción de agua caliente sanitaria, con posibilidad de que cumplido este objetivo, pueda cambiar de circuito para producir climatización. La instalación del sistema solar está formada por 160 m² de superficie de colectores solares.

La instalación que se ha realizado es la que se muestra en la Figura.



Esquema de una instalación de A.C.S. y Climatización

Acumulación

Una forma de aprovechar la energía eléctrica en calefacción, alcanzando un considerable ahorro para el consumidor (hasta un 55 %), es el empleo de acumuladores de calor bajo la modalidad de Tarifa Nocturna.

El acumulador funciona de forma general, almacenando durante la noche la energía calorífica generada en resistencias calefactoras de larga duración que, inmersas en el seno de un núcleo refractario, permiten proporcionar la energía necesaria a lo largo del día al recinto a calentar, acondicionando éste a la temperatura deseada. Se ha de tener en cuenta la posible formación de Legionela en las instalaciones donde existe acumulación de agua caliente, por lo que se tiene que tener en cuenta la norma española UNE 100-030-94 Guía de la Prevención de la Legionela en las instalaciones.

Acumuladores de Calor

Podría afirmarse que la mayoría de los sistemas de calefacción por acumulación constan de algunos o de todos los elementos siguientes:

Núcleo Termoacumulador: formado por ladrillos de material refractario, de calor específico elevado y densidad alta, para facilitar el almacenamiento de energía en forma de calor. Las temperaturas que pueden alcanzar oscilan entre los 600 °C y los 700 °C.

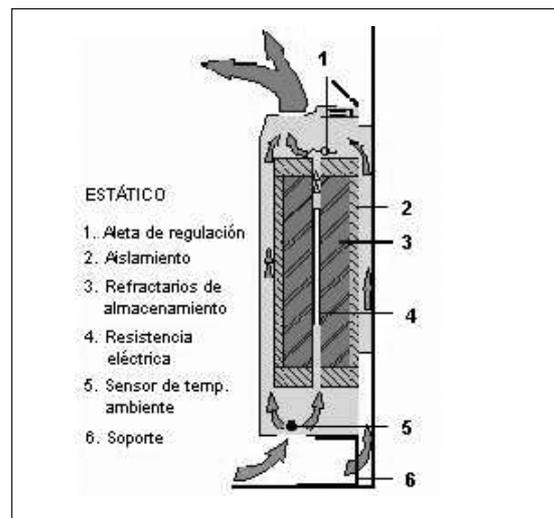
Aislamiento Térmico: rodea al núcleo y limita las temperaturas superficiales que pueden ser alcanzadas.

Elementos Calefactores o Resistencias Eléctricas: de acero inoxidable y con aislamiento de magnesio, están ubicadas en el interior del núcleo. Pueden alcanzar temperaturas entorno a los 900 °C.

Elementos de Seguridad o Limitadores Térmicos: se utilizan para evitar los posibles aumentos de temperatura excesivos y anómalos. Son independientes del termostato de fin de carga y del termostato de temperatura ambiente.

Elementos para Conexión y Control: su cometido es la regulación de la carga y descarga en los periodos de ventilación, etc.

Mueble: donde se alojan todos los elementos que forman parte del sistema de acumulación, suelen ser de chapa de acero galvanizado y adaptable al entorno, en lo que se refiere a la forma, color, tamaño, etc.



Esquema de Acumulador Estático Convencional

Se pueden clasificar los acumuladores en diferentes tipos:

Estáticos: la cesión de calor se realiza a través de una superficie interna y por convección natural. A su vez pueden clasificarse en:

Estáticos Puros: en los cuales la cesión de la energía térmica se realiza a través del fenómeno de radiación.

Estático Convencionales: además de la radiación, también existe convección a través de la entrada de aire por la parte inferior y salida superior. La regulación se realiza mediante una

compuerta. La descarga puede realizarse de forma manual, en función de la temperatura interior de la habitación o mediante un mando que controla la compuerta.

Estático Compensado: son una mezcla entre los acumuladores estáticos puros y los convectores naturales, como apoyo. No es el sistema más aconsejable por incurrir en un mayor coste.

Dinámicos: son aquellos en los que se fuerza una corriente de aire a través de su interior mediante una turbina. La entrada de aire se realiza por la parte inferior, pasando el aire frío por unos canales en forma de U invertida, mezclándose con el aire caliente en la cámara de mezcla.

En cuanto a potencias, los acumuladores dinámicos suelen ofrecer mayores valores, como se puede comprobar en la Tabla 59, donde se muestran las potencias comerciales más usuales que se pueden encontrar en la actualidad.

Tipo de Acumulador	Potencia (kW)
Estáticos	1,5
	2,5
	3,4
Dinámicos	2
	3
	4
	5
	6

Tabla 59: Tipos de Acumuladores y sus Potencias Asociadas.

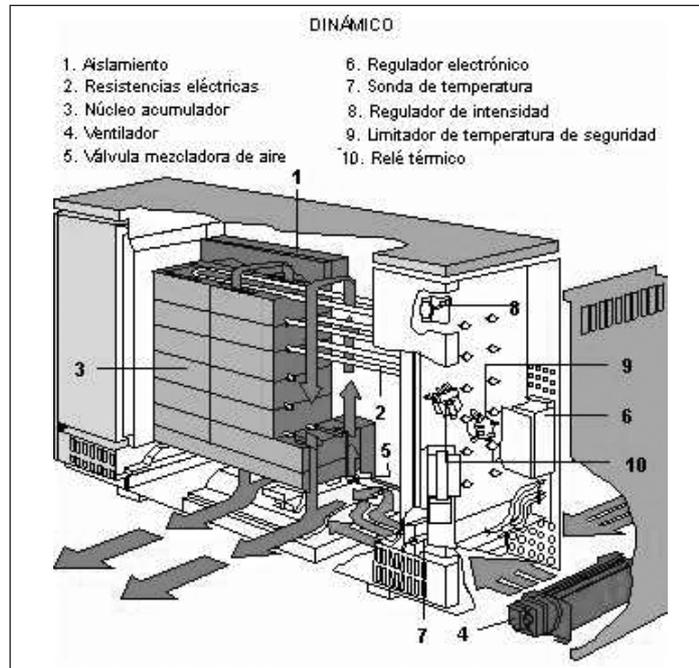
La distribución típica de estos aparatos suele estar definida por:

- Acumuladores Estáticos en estancias como pasillos, salas de espera, etc., donde se quiere mantener una temperatura constante o con pocas fluctuaciones y sin aportaciones gratuitas de calor.
- Acumuladores Dinámicos en dependencias como salones, bibliotecas, etc., donde se necesitan variaciones de temperatura considerables.

Los acumuladores estáticos presentan ventajas frente a los dinámicos en cuanto al precio del equipo y la sencillez de su instalación, pero inconvenientes en lo que respecta a la posibilidad de una regulación en el proceso de descarga, que en el caso de los acumuladores dinámicos es buena.

Dentro de todas las posibles opciones que se tienen para elegir un sistema de calefacción, es necesario considerar los factores ambientales, económicos, sociales que influyen, como son: el clima, la utilización u ocupación del edificio o instalación, las tarifas de energía, etc.

En general, el sistema de calefacción por acumulación resulta interesante en todos aquellos edificios donde el consumo de calefacción es elevado, debido a estar ubicado en una localidad de clima frío. Hay que considerar que la inversión necesaria para su instalación es elevada, pero si se puede beneficiar de la Tarifa Eléctrica Nocturna puede ser el sistema adecuado para su local.



Esquema de Acumulador Dinámico

En la Tabla 60 se muestran los sistemas de acumulación recomendados para las distintas dependencias de un edificio e instalaciones municipales.

Estancia o Dependencia Tipo	Tipo de Acumulador
Vestíbulo de entrada	Estático
Recepción	Estático
Administración	Estático
Secretaría	Estático
Aulas	Dinámico
Biblioteca	Dinámico
Despachos	Dinámico
Salas de espera	Estático
Sala de proyecciones	Estático
Sala de reuniones	Dinámico
Salón de plenos	Dinámico
Salón de actos	Dinámico
Piscinas cubiertas	Dinámico
Estadios cubiertos	Dinámico

Tabla 60: Recomendaciones de Acumuladores en Función de la Zona del Edificio.

Caldera de Acumulación

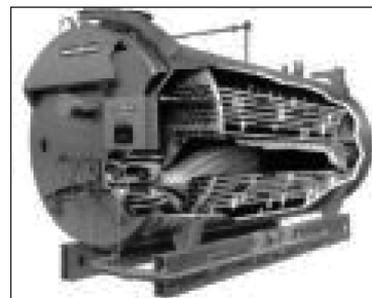
Este sistema utiliza el agua como fuente de emisión de calor en contraste con el sistema anterior que utiliza el aire. Sin embargo el concepto de acumulación es el mismo. Las calderas de acumulación pueden ser de dos tipos: por *vía seca* donde existe un núcleo formado por ladrillos refractarios donde se almacena la energía térmica, que se transmite al agua del circuito de calefacción a través de un intercambiador de calor, o por *vía húmeda* donde el núcleo está formado por acumuladores de agua donde se calienta el agua. Los elementos terminales son radiadores de agua por donde circula el agua, una vez que ha sido calentada por cualquiera de los dos sistemas.

La carga se lleva a cabo mediante resistencias, y la descarga mediante un ventilador que hace circular una corriente de aire en circuito cerrado a través del núcleo de acumulación y a través de un intercambiador de aire-agua.

Caldera de Combustión

Las calderas de calefacción de combustión suelen utilizar como combustible el gas natural o el gasóleo. La tendencia es a utilizar el gas natural puesto que es una tecnología más limpia y con un mayor rendimiento.

Para poder comprender mejor esta tecnología se va a explicar las características del proceso de combustión.



Caldera de Combustión

Conceptos Básicos de Combustión

La mayoría de los equipos destinados a la combustión de algún tipo de combustible ya sea sólido, líquido o gaseoso, son las calderas. Entendemos por combustión, la reacción rápida de un combustible con el oxígeno dando como resultado calor y gases formados en su mayor parte por CO_2 , H_2O y SO_2 .

En la combustión las reacciones de sus componentes con el oxígeno se transforman en:

- El carbono del combustible reacciona formando dióxido de carbono (CO_2).
- El hidrógeno reacciona formando vapor de agua.
- El azufre reacciona formando dióxido de azufre (SO_2).

Todas estas reacciones químicas van acompañadas de desprendimiento de energía en forma de calor.

Factores que Regulan el Rendimiento Energético en las Calderas

Relación del Aire de Combustión

El oxígeno procede del aire, el aire aparte de oxígeno contiene cantidades importantes de nitrógeno, el nitrógeno no tiene participación en la combustión por lo que se evacua por la salida de humos de la caldera, calentándose y por lo tanto robando una cantidad de calor suministrado por el combustible.

Para garantizar en lo posible la quema completa del combustible, se realiza un incremento de aire sobre el teórico, la relación entre el aire realmente utilizado y el aire mínimo teórico se denomina coeficiente de exceso de aire.

$$N = \frac{\text{Aire real}}{\text{Aire teórico}}$$

El rendimiento de la combustión y por lo tanto de la caldera según la situación de fuego, tiene un punto óptimo de reglaje correspondiente a un determinado exceso de aire, el rendimiento será menor a causa de la aparición de inquemados. Si por el contrario, aumentase el exceso de aire, el rendimiento también disminuiría por tener que dedicar energía a calentar el exceso de aire introducido y que posteriormente será arrastrado por la chimenea al exterior.

Para cada uno de los combustibles más comunes, existen gráficos y tablas que ofrecen el % de CO₂ sobre el volumen total de gases de combustión según el índice de exceso de aire "N" con el que se realice la combustión. Por lo tanto tomando una muestra de gases de combustión y analizando su contenido en CO₂, con los mencionados gráficos se determina el índice de exceso de aire con el que se esta realizando la combustión.

Conocido el porcentaje de CO₂ en el volumen total de los gases y la temperatura de los mismos, se puede calcular el tanto por ciento de pérdidas de calor que representan los gases de escape por la chimenea, pudiendo conocer de esta manera la eficiencia de nuestra caldera.

A continuación se presenta una tabla genérica de estos valores para los combustibles más utilizados:

Combustible	Valores en % de CO ₂	Valores en % de exceso de aire
Fuelóleo	≥ 13,5	1,15
Gasóleo	14,11	1,10
Gas Natural	≥ 10,34	1,05
Gas manufacturado	11,06	1,05

Tabla 61: Características de la Combustión de los Combustibles.

Temperatura de Salida de los Gases de Combustión

Si los gases de combustión salen a una temperatura superior a los 230 °C es conveniente realizar un estudio para ver la posibilidad de aprovecharlos para aumentar el rendimiento de la caldera.

¿Cómo podemos aprovechar estos gases de combustión?

- Haciendo pasar el aire para la combustión por un precalentador de aire.
- Haciendo pasar el agua de alimentación por los llamados economizadores.

Tanto un sistema como el otro tienen su base en los intercambiadores que para tal fin están diseñados, la utilización de estos dispositivos suele amortizarse en breves periodos de tiempo. Para el aprovechamiento de la energía de los gases de escape, estos deben encontrarse a temperatura superior a 160 °C-180 °C, puesto que por debajo de esta temperatura se produce la corrosión por rocío ácido debido al azufre contenido en algunos combustibles. También hay que tener en cuenta que una temperatura inferior a la citada, perjudicaría la extracción de los gases de escape a través de la chimenea.

Perdidas por Inquemados

Los inquemados pueden ser de dos tipos:

Inquemados Sólidos: Solo los producen los combustibles sólidos o líquidos, suelen ser apreciables a simple vista por el negro de los humos de escape. En los combustibles líquidos, la aparición de inquemados sólidos suele ser por:

- Mal funcionamiento del quemador, debido a una mala distribución del aire y el combustible, falta de atomización del combustible o de grado de temperatura para que el combustible vaporice (gotas demasiado gordas).
- Aire de combustión insuficiente.

Efectos perjudiciales de los inquemados sólidos:

- Perdidas de potencia calorífica del combustible.
- El hollín formado se deposita en la superficie de intercambio de la caldera, dificultando la transmisión de calor al fluido térmico, aumentando la temperatura de los humos de escape y por tanto las pérdidas.

El método de Bacharach nos detecta el índice de inquemados y por lo tanto nos da un reflejo directo de las pérdidas de combustible, a continuación en la Tabla 62 se da una relación aproximada de estas pérdidas.

Indice Bacharach	1	2	3	4	5	6
Perdidas % Combustible	0,7	1,3	2,4	3,5	4,7	6

Tabla 62: Índice de inquemados: Método de Bacharach.

los Inquemados Gaseosos son principalmente el CO, H₂ e hidrocarburos ligeros, normalmente causados por insuficiente aire en la combustión. Representa una pérdida de potencia calorífica del combustible.

La cantidad de inquemados que se forman al quemar un combustible líquido depende de:

- La cantidad de exceso de aire.
- La intensidad de fuego en la cámara de combustión.
- El grado de atomización del combustible.
- La calidad de la mezcla aire/combustible.
- La cantidad de compuestos pesados en el combustible.

Para que las pérdidas por inquemados sean mínimas es necesario, a la hora de la puesta a punto de la caldera, seguir las siguientes recomendaciones:

- Que el atomizador sea del tamaño adecuado para el tipo de combustible.
- Que las boquillas no estén desgastadas ni obturadas.
- Que la temperatura y presión del combustible sea la adecuada.
- Que el difusor esté en buen estado.
- Que las válvulas operan correctamente.
- Que las presiones de entrada del combustible al regulador son suficientes para garantizar presiones de salida uniformes para los distintos índices de fuego.
- Que no existen depósitos de hollín en las superficies de intercambio.
- Que no existan fugas en los tubos de caldera.
- Que la toma de aire de la caldera no este obstruida.

Si se han seguido las especificaciones anteriormente mencionadas, se tendrá de entrada la garantía de que los ajustes realizados tras el análisis de gases proporcionarán los máximos ahorros energéticos posibles y, por lo tanto, económicos y ambientales.

Consejo Práctico:

La parcialización de los consumos consigue mantener más sistemas durante más tiempo en condiciones de funcionamiento nominal, mayor rendimiento. Es conveniente en el diseño del sistema la aplicación de varias calderas o de régimen modulante, para una mayor regulación de la instalación, lo que aumenta su efectividad.

Consideraciones sobre Combustibles:

Gasóleo: combustible fósil derivado del petróleo, el contenido en azufre que tiene, hace que se formen gases en la combustión de SO y SO₂, causantes de la lluvia ácida. Estas instalaciones tienen las mismas características que las de gas, aunque son más contaminantes, en el

ámbito de infraestructura necesitan depósito de almacenamiento.

Carbón: otro combustible fósil que produce SO_2 , de consumo casi nulo en la actualidad en nuestra comunidad.

Gas: las calderas de gas tienen mayores rendimiento puesto que su regulación es más precisa. En las instalaciones de gas es recomendable, desde el punto de vista energético y medioambiental, la utilización de calderas de condensación o de alta eficiencia, estas calderas están diseñadas para condensar continuamente una parte de los vapores de los gases de combustión, aprovechando parte del calor contenido en estos. El gas es la energía más limpia y menos contaminante de todos los combustibles fósiles, emitiendo menos CO_2 a la atmósfera, contribuyendo a la disminución del efecto invernadero.

Combustible	NO_x	CO	SO_2	CO_2 (Ud,t)
Carbón	2,14	64,3	20	3.600
Gasóleo	2,03	0,64	4,4	2.900
Fuelóleo	7,55	0,69	53,7	3.100
GLP / Gas Natural	1,78	0,49	0,02	2.480
Gas Natural	2,10	0,5	0,01	2.175
Electricidad	12,18	1,92	165,4	6.149
Madera	3,4	65	0,35	3.000

Tabla 63: Emisión de Contaminantes Ambientales según el Tipo de Combustible.

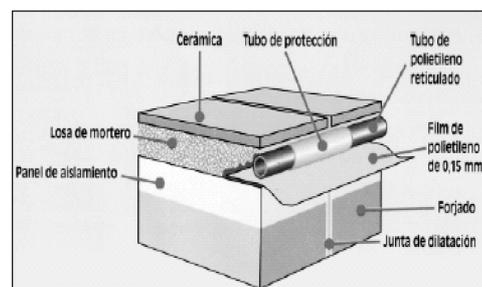
Hilo Radiante

El sistema de calefacción por hilo radiante es el menos utilizado en la actualidad, y necesita la utilización de Tarifa Eléctrica Nocturna para que su resultado sea rentable. Consiste en la utilización del suelo, paredes o techo como elementos acumuladores de la energía térmica. Su instalación consiste en distribuir en toda la superficie cables eléctricos y aislarla para evitar las pérdidas. La experiencia ha demostrado que con el paso del tiempo surge el problema de una acumulación de calor menor, siendo necesaria la sustitución de algunos elementos con la dificultad y coste que ello conlleva.

Suelo Radiante

Es uno de los sistemas hoy en día en el que la aportación de calor se realiza de la manera más parecida a la ideal, de abajo hacia arriba, y de forma homogénea en la superficie total de la dependencia o estancia.

La calefacción por suelo radiante consiste en una



Detalle de la colocación del Suelo Radiante

red de tuberías empotrada en la capa de mortero que discurre por toda la superficie del local a calefactar. Esta tubería conduce agua caliente (a baja temperatura respecto a otros sistemas de calefacción) producida generalmente por una caldera, también puede ser una bomba de calor, con lo que se podría utilizar para refrigerar en verano, aunque no sería el sistema más eficiente. Otro equipo de producción del agua caliente, podría ser una instalación Solar-Térmica, que haría mejorar mucho el consumo energético.

El agua cede el calor al suelo a través de la tubería y el suelo, a su vez, lo transmite al ambiente del local. En la actualidad se han sustituido las tuberías metálicas por las de plástico, normalmente se utiliza el polietileno reticulado, teniendo la ventaja de ser más económico y más fácil la instalación.

Tiene innumerables ventajas entre las que se puede destacar:

- Es un sistema limpio. consigue que no puedan reproducirse microbios, ácaros, hongos en los suelos ya que elimina la humedad en él.
- Es un sistema oculto. No se ve y no ocupa espacio.
- Es un sistema para grandes superficies y alturas elevadas del techo.
- No crea corrientes de aire.
- Poco mantenimiento.
- Si es con un equipo de Bomba de Calor se puede utilizar para refrigerar en verano.

Si se elige el sistema de calefacción de hilo radiante o de suelo radiante es muy recomendable requerir y seguir con minuciosidad la calidad de la instalación, puesto que el buen funcionamiento de los mismos depende del procedimiento que se haya seguido.

5.3.3 Refrigeración

Aunque un sistema central de refrigeración es caro, fácilmente su coste puede ser igual o mayor, para equipar cada local del edificio con su propio equipo de aire acondicionado. Las unidades autónomas son mejores para enfriar uno o dos locales en climas que sólo tienen pocos meses al año muy calurosos.

Generalmente, se prefieren los sistemas centrales de refrigeración, que permiten conseguir ahorros de potencia instalada, para hacer un uso y un mantenimiento más fáciles.

Existen tres tipos de sistemas de refrigeración central: el sistema de enfriamiento de aire, el sistema de enfriamiento de agua y el sistema de expansión directa de un fluido refrigerante en un local.

Sistema de Enfriamiento de Aire

Este sistema se utiliza especialmente para enfriar locales con gran capacidad o con una carga térmica interna elevada. Los mayores inconvenientes que presenta son el espacio necesario para los trabajos de instalación de las tuberías, la dificultad para hacer la toma inicial de aire y la poca flexibilidad para un uso por zonas.

Un sistema central de enfriamiento de aire comprende el equipo de refrigeración conectado a la red de tuberías que distribuye el aire a través del edificio. El equipo de refrigeración a menudo es un equipo central de aire acondicionado: en primer lugar, el aire extraído de las oficinas se trata en una batería de enfriamiento antes de ser inyectado en los conductos, que deben estar bien aislados, y en segundo lugar, distribuye por estos al local a través de rejillas o difusores.

Una batería enfriadora es un intercambiador. El sistema de tratamiento de aire también puede incluir una batería caliente para calentar el aire en invierno.

Sistema de Enfriamiento de Agua

Usado para el acondicionamiento de aire de los locales a refrigerar. Este sistema permite el control terminal del ambiente, pero con los siguientes inconvenientes: la presencia de un convector en cada local puede generar más problemas de mantenimiento (cambio de filtros, etc.) y el funcionamiento del ventilador genera ruido.

Un sistema central de enfriamiento de agua comprende la producción y distribución de agua fría. En muchos casos, el evaporador de un ciclo de refrigeración representa la fuente de frío que produce agua fría. En otros casos, el agua se enfría gracias a una bomba de calor: en esta situación el sistema puede ser reversible y en invierno se puede utilizar como sistema de calefacción.

Sistema de Expansión Directa

Además de la información del comportamiento energético, a la hora de escoger un equipo de refrigeración, también se deben tener en cuenta aspectos de confort acústico y deshumidificación. Para la mayoría de las tecnologías disponibles, hay dos modos posibles de funcionamiento, sólo refrigeración y ciclo reversible (que también permite calentar el local en invierno).

Los sistemas de aire acondicionado para un local (*"room air-conditioner" RAC*) se clasifican en cuatro grupos técnicos:

Unidades compactas split y multi-split

Este sistema representa una buena solución para problemas localizados de acondicionamiento de aire, pero su uso está limitado a una zona pequeña (hasta 100 metros cuadrados con un *multi-split*). Las unidades *multi-split* comprenden varias unidades interiores conectadas a una unidad exterior. Los principales inconvenientes son el ruido generado por las unidades interiores, la dificultad de realizar tareas de mantenimiento en la unidad exterior, la evacuación de condensados y el cambio del filtro de cada *split*. En comparación a los diferentes sistemas, este parece ser el de una eficiencia energética superior.

Ahora son posibles el mejor control y unas variaciones de temperatura menores gracias al tipo "inverter". Permite regular la potencia refrigeradora a través de la adecuación de la velocidad de rotación del compresor: así, la potencia del motor puede variar entre el 20 % y el 120 % de la potencia nominal. En la actualidad se recomienda por su confort extra y su eficiencia

energética. Se pueden conseguir ahorros energéticos del 30 %.

Además, cuando adquiera un sistema de aire acondicionado, debe solicitar el control de temperatura en cada habitación.

Un sistema reversible es una solución interesante para evitar la instalación en paralelo de un sistema de calefacción y uno de refrigeración (el modelo reversible cuesta sólo un 10 % más que un modelo de aire acondicionado solo frío).

Unidades Individuales Compactas

Este tipo de equipo comprende el empaquetamiento simple, una cara del cual está en contacto con el exterior para la condensación, mientras la otra cara proporciona refrigeración directamente al local. Las dos caras del aparato están separadas por una pared divisoria, que está aislada para evitar la transferencia de calor entre las dos zonas. Sin embargo, la unidad compuesta por el compresor y el condensador está cerca de la habitación y, por tanto, el aparato genera ruido.

En general, los sistemas de ventana del mercado de la U.E. son bastante menos eficientes que los sistemas de etapas. Algunos dicen que son menos eficientes parcialmente debido a su tamaño pero principalmente debido a que se trata de una tecnología antigua que no se ha actualizado.

Acondicionadores de Aire Portátiles

Se trata de aparatos en los cuales el condensador inyecta aire caliente a través de un conducto hacia el exterior. Normalmente son móviles, pero para funcionar se han de instalar cerca de una ventana o una puerta a través de la cual el conducto elimine el aire caliente. En principio, se debe realizar un agujero sólo para el aparato, para evitar que entre aire caliente. Está claro que no es un buen método y que el consumo energético asociado es muy importante. Este agujero en el edificio produce un impacto acústico.

Usted debe saber que los mejores productos tienen un nivel de eficiencia energética (EER) entre 2,8 y 3,2.

Aspectos Generales

Cuando el sistema no tiene un control central, se debe incorporar. En un principio, se ha de planificar el funcionamiento de la instalación; teniendo en cuenta que para un sistema de aire acondicionado por agua, también se ha de planificar la parada del ventilador convectivo y la de la bomba de circulación. En segundo lugar, se ha de limitar la diferencia de temperaturas entre el ambiente interior y el exterior. Finalmente, cuando las ventanas están abiertas, se ha de parar el funcionamiento del aire acondicionado.

Para mejorar el funcionamiento de un sistema de acondicionamiento de aire, se ha de tener en cuenta la posibilidad de la "refrigeración gratis" (free-cooling) durante el día o la noche, siempre que la temperatura exterior sea inferior que la interior. Además, el ajuste del grupo de producción de agua fría se debe planificar tan tarde como sea posible para disminuir el consumo energético.

Para mejorar el funcionamiento del sistema de acondicionamiento de aire, debe limitar las pérdidas por distribución detectando las fugas y aislando los conductos de distribución del agua fría. Debe verificar el funcionamiento de los convectores: asegúrese de que los ventiladores funcionan correctamente para cada velocidad y que la regulación es correcta; asegúrese de que los filtros están limpios.

Para poder optimizar el funcionamiento de todos los equipos es fundamental que exista un plan de mantenimiento preventivo, siendo unos puntos relevantes los siguientes:

- Limpiar los condensadores de aire porque la obturación disminuye su eficiencia.
- Limpiar los evaporadores (unidades interiores).
- Limpiar y cambiar los filtros.
- Comprobar las conexiones eléctricas.
- Controlar el aislamiento de los conductos de refrigerante.
- Verificación de las presiones del circuito.

Otra recomendación es que si es posible, instale un temporizador conectado a la regulación para minimizar el tiempo de utilización del sistema de aire acondicionado.

Tener en cuenta que la instalación no tiene que funcionar durante los fines de semana, ni durante la noche.

Regulación: el sistema "inverter" se vende actualmente por su confort extra y su eficiencia energética. Permite regular la temperatura interior de diferentes habitaciones mientras la instalación tiene sólo una unidad exterior.

La colocación de diferentes equipos (interiores y exteriores) es muy importante. Cuando se escoge el lugar donde se van a instalar las unidades interiores (ventiladores, convectores o *splits*), se ha de tener cuidado de no colocar los aparatos demasiado cerca de la gente. El ventilador no debe dirigir aire frío en la dirección de un ocupante del local.

Las unidades exteriores (la producción de agua fría, el acondicionador central de aire o el grupo compresor-condensador) se deben colocar correctamente para evitar problemas de ruido u otras molestias.

5.3.4 Ventilación

La ventilación en cualquier local es muy necesaria para mantener un ambiente salubre, es decir, reponer el oxígeno y evacuar la concentración de los subproductos de la actividad humana o del proceso productivo, tales como el anhídrido carbónico, dióxido de carbono y otros compuestos no deseados.

Debe entenderse siempre que la ventilación es sinónimo de renovación de aire sucio o contaminado por aire limpio, por ejemplo, un sistema de climatización con una recirculación de aire al 100 % no puede considerarse como un sistema de ventilación.

Estación	Tipo de Local	m3 / hora y persona	
		Mínimo	Recomendado
VERANO	Oficinas	35	85
	Aulas	17	25
	Salón de reunión	43	65
	Piscinas cubiertas	25,5	34 - 42,5
	Estadios cubiertos. Deporte	34	42,5 - 51
	Vestuario	55	68 - 85
	Espectadores	34	42,5 - 51
INVIERNO	Salón de actos	17	25
	Oficinas	1,8	2,5
	Aulas	10	20
	Salón de reunión	5,5	9
	Salón de actos	1	1,3
	Piscinas cubiertas	25,5	34 - 42,5
	Estadios cubiertos. Deporte	34	42,5 - 51
	Vestuarios	55	68 - 85
	Espectadores	34	42,5 - 51

Tabla 64: Nivel de Ventilación Recomendado.

En la Tabla 64 se establecen los valores de ventilación mínimos y recomendados, en función del tipo de actividad que se desarrolle en el local.

La ventilación de un local puede ser natural o forzada. Se habla de ventilación natural cuando no hay aporte de energía para lograr la renovación de aire, comúnmente, la ventilación natural se consigue dejando aberturas en el local (puertas, ventanas, lucernarios, etc.) que comunican con el ambiente exterior. En cambio, la ventilación forzada utiliza ventiladores para conseguir la renovación.

En general, la ventilación natural es suficiente cuando en el local no hay más focos de contaminación que las personas que lo ocupan. El principal inconveniente de la ventilación natural es la dificultad de regulación, ya que la tasa de renovación en cada momento depende de las condiciones climatológicas y de la superficie de las aberturas de comunicación con el exterior.

La ventilación forzada elimina este problema y la tasa de ventilación es perfectamente ajustable y controlable, en contrapartida consume energía eléctrica. Otra ventaja de la ventilación forzada frente a la natural es que puede ser aplicada en locales tales como sótanos o locales interiores de edificios, que no tienen comunicación directa con el exterior y que, por tanto, su ventilación sólo puede lograrse mediante conducciones a través de las cuales se fuerza el paso del aire mediante ventiladores.

Aunque en principio la ventilación también es una técnica apli-



Ventilador de Pared

cable para evitar o reducir la contaminación de los puestos de trabajo generada por el proceso productivo, en la práctica sólo es aplicable en los casos en que la contaminación sea baja, bien porque el proceso genere poca contaminación, bien porque el contaminante sea de baja toxicidad y se puedan admitir concentraciones relativamente elevadas sin riesgo para la salud del trabajador. Pero en el caso de existir una contaminación alta es necesario realizar una extracción localizada, con el objetivo de captar los humos, polvo, vapores, etc. y evitando su dispersión en el ambiente.

5.3.5 Uso de Energía Solar Térmica para A.C.S y Climatización de Piscinas

La Energía Solar Térmica aprovecha la luz solar para aportar calor en el tiempo y lugar en los que se precisa temperatura, cediéndola a un fluido, generalmente, agua. Un sistema tipo consiste en uno o más colectores solares conectados a un circuito de circulación que transporta el fluido a la temperatura deseada hasta el punto de utilización.

Actualmente se experimenta con sistemas capaces de producir vapor para obtener electricidad mediante turbinas y generadores:

- Plantas de generación conectadas a la red.
- Aplicaciones de baja potencia e híbridas.

Aplicaciones de la Energía Solar Térmica

Se han investigado muchos posibles usos de esta energía. Las aplicaciones más extendidas y de mayor éxito en la actualidad son:

- **Agua caliente sanitaria:** es la aplicación más extendida y rentable, además, la temperatura de aplicación es muy apropiada para la energía solar.
- **Calentamiento de espacio:** se usa como apoyo a la calefacción convencional donde la necesidad de esta última es de larga duración.
- **Calefacción de distrito:** numerosas plantas de calefacción en distritos de Dinamarca, Suecia y Alemania se han reforzado con colectores solares. Se puede dar calefacción a hogares, hoteles, colegios, fábricas, etc.
- **Piscinas:** para esta aplicación se usan los colectores solares más sencillos, sin cubierta transparente.
- **Agricultura:** las aplicaciones agrícolas son muy amplias. Con invernaderos solares pueden obtenerse mayores y más tempranas cosechas; los secaderos agrícolas consumen mucha menos energía si se combinan con un sistema solar.
- **Industria:** los procesos industriales requieren calor en una gama amplia de temperaturas.
- **Refrigeración solar:** es una aplicación obvia de la energía solar, puesto que las épocas en que más se necesita suelen coincidir con las que disfrutan de más radiación solar.
- **Aplicaciones de alta temperatura:** la producción de energía eléctrica puede hacer-

se mediante la concentración de los rayos del sol para producir altas temperaturas.

Ventajas de la Energía Solar Térmica

Algunas de las ventajas de la utilización de sistemas solares térmicos son:

- La utilización de los paneles solares para calentar agua supone un importante ahorro económico para sus usuarios. El desembolso inicial de la inversión es mayor que para instalaciones convencionales, por lo que en ocasiones los plazos de la amortización pueden ser prolongados.
- La Energía Solar Térmica es para el usuario la más cercana, pues el consumidor está en contacto mucho más directo con la producción, distribución y funcionamiento de la tecnología y energía obtenidas.
- Para el usuario este tipo de energía también es la más accesible de entre todas las renovables, pues puede aprender a autorregular su gasto de acuerdo con las condiciones atmosféricas.
- Los colectores solares favorecen la autonomía de los usuarios al independizarlos de redes de abastecimiento centrales, precisándose para su construcción y funcionamiento de una tecnología sencilla.
- La Energía Solar Térmica resulta de las más sencillas de poner en práctica, como fruto de la decisión directa del consumidor.
- Disminuir sensiblemente las emisiones gaseosas originadas por los sistemas de generación de agua caliente.
- La integración de los paneles solares térmicos de forma armoniosa con la edificación puede paliar el posible efecto visual negativo.
- La aplicación de la Energía Solar Térmica en sectores como el hotelero proporciona una imagen de respeto con el medio ambiente, cuidando del entorno y calidad de vida.

Componentes de un Sistema Solar Térmico

Está constituido por tres subsistemas bien diferenciados:

Colectores solares. Se dividen en tres categorías:

1. **Colectores no vidriados:** son muy apropiados cuando se requieren temperaturas poco elevadas, como en el calentamiento de piscinas. Estos colectores son sencillos y baratos.
2. **Colectores planos:** resultan adecuados para agua caliente sanitaria y calefacción de viviendas, así como de distritos pues la mayoría producen temperaturas de hasta 70 °C. Es el tipo más usado.

3. **Colectores solares (de tubos) de vacío:** resultan particularmente apropiados para aplicaciones de alta temperatura pues pueden producir temperaturas por encima de los 100 °C sobre la del ambiente.

Sistemas de circulación

Son los encargados de transferir el calor desde el colector hasta el recipiente donde debe quedar depositado o usado.

Sistemas de control

Estos sistemas controlan que la operación sea eficiente y el mantenimiento de la temperatura deseada en el punto de uso. Suelen incorporar sensores de temperatura que proporcionen información de la operación del sistema y una unidad central que vigila el funcionamiento del conjunto.

Estudio de Energía Solar para Producción de Agua Caliente Sanitaria

Estudio Técnico-Económico para la instalación de agua caliente sanitaria de los vestuarios correspondientes al Campo de Fútbol.

Los datos de partida son:

- 22 duchas.
- Generador: 2 calderas de gas natural.
- 2 Depósitos de Acumulación de 750 l.
- Horario de utilización habitual: de lunes a sábado de 17:00 a 22:00; estimando un turno de ducha cada 2 horas, por lo que los consumos previstos son:
 - Temperatura entrada agua = 10 °C a 19 °C
 - Temperatura salida agua = 45 °C.
 - Consumo duchas = 35 l/ud (a 45 °C).
 - Consumo diario = $22 \cdot 3 \cdot 35 = 2.310$ l/día

Se propone como solución de ahorro energético la instalación de un sistema de placas solares para la producción de A.C.S. que cubra las necesidades de las duchas durante la mayor parte del año, utilizándose las calderas de gas natural como apoyo del sistema cuando las condiciones meteorológicas no sean favorables o se produzca una demanda de consumo puntual.

Cálculos:

La potencia calorífica requerida para la producción del A.C.S. se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Q = C_e \cdot C \cdot (T_{ac} - T_p) \cdot n$$

Donde:

Q = Energía calorífica media mensual (J/mes)

C_e = Calor específico del agua (4,187 J/kg °C)

C = Consumo de agua para el día medio del mes (kg/día)

T_{ac} = Temperatura distribución A.C.S. (45 °C)

T_r = Temperatura agua fría para el día medio del mes.

n = número de días del mes en consideración

Por lo tanto la energía necesaria para la producción del A.C.S. en los vestuarios del campo de fútbol es de:

$$109.680.140 \text{ kJ/año (30 467 kWh/año).}$$

Considerando que la energía solar aportará un 70 % de la energía necesaria y que el rendimiento estimado del equipo solar es del 40 %: la superficie de colectores necesaria es de:

$$0,7 \cdot 109.680.140 / (0,4 \cdot 5 668 396) = 34 \text{ m}^2$$

Según el RITE el área total de los colectores debe cumplir la condición:

$$1,25 \leq 100 (A/M) \leq 2$$

Siendo:

M = Consumo medio diario de los meses de verano en l/día

A = Área de los colectores en m^2

Luego $100 \cdot A / 2.310 = 1,25$, de donde sale que $A = 28,87 \text{ m}^2$

Se propone la instalación de:

$$15 \text{ paneles solares de } 2 \text{ m}^2 \text{ de superficie: } 15 \cdot 2 = 30 \text{ m}^2$$

El volumen del depósito de acumulación cumplirá la condición según el RITE:

$$0,8 \cdot M \leq V \leq M$$

luego el depósito será como mínimo de:

$$0,8 \cdot 2.310 = 1.848 \text{ l}$$

Como en la instalación ya existen dos depósitos de acumulación de 750 l, utilizaremos estos depósitos como complementarios del nuevo a instalar:

Capacidad del nuevo acumulador: $1.848 - (2 \cdot 750 \text{ l}) = 348 \text{ l} \Rightarrow \text{LPR} - 750 \text{ l}$

El ahorro energético previsto es el siguiente:

$$70 \% (30.467 \text{ kWh/año}) = 21.327 \text{ kWh/año}$$

Y el ahorro económico previsto con gas natural como fuente auxiliar de energía será:

$$21.327 \text{ kWh/año} \cdot 0,0344 \text{ €/kWh} = 733,65 \text{ €/año}$$

5.4 Recomendaciones de Uso Eficiente

5.4.1. Recomendaciones de Caracter general

- Compruebe el estado de los aislamientos y sustitúyalos en caso necesario. Piense que un solo centímetro de aislamiento térmico es tan resistente a las pérdidas de calor como un muro de hormigón de medio metro de espesor.
- Instale en la medida de lo posible, dobles ventanas o doble acristalamiento. El 40 % de las fugas de calor de su edificio se produce a través de las ventanas y las cristalerías exteriores. El doble acristalamiento reduce esas pérdidas a la mitad y le permite ahorrar por tanto un 20 % de la energía que gasta en calefacción, además de evitar ruidos molestos.
- Compruebe que las ventanas y puertas cierran herméticamente, para su mejor estanqueidad.
- Instale carpintería de PVC con rotura de puente térmico.
- En caso de tener otro tipo de carpintería instale burletes adhesivos en los cierres de ventanas. Le permitirán ahorrar entre un 5 % y un 10 % de energía que es calor que se escapa justamente a través de las rendijas y cierres de las ventanas y puertas exteriores.
- Coloque un aislamiento en la caja de la persiana, compruebe que el cierre de la tapa es hermético, si no disponga una junta de estanqueidad.
- Abra las ventanas sólo el tiempo necesario, en condiciones normales, son suficientes diez minutos para renovar completamente el aire de una estancia de unos 12 m² aproximadamente.
- Instale toldos o persianas para impedir las radiaciones directas del sol, disminuyen las necesidades de refrigeración.
- Procure mantener la humedad del ambiente entre el 30 % y el 65 %.
- Evite humedades y condensaciones que degradan la calidad de los materiales que forman los cerramientos.
- Evite fuentes de calor innecesarias en verano, como la iluminación excesiva.
- Distribuya las estancias de mayor uso, con orientación sur, o este.
- Accesos adecuados a las dimensiones necesarias, adecuar las puertas y ventanas.
- Asegurar la hermeticidad de los cerramientos.

5.4.2. Climatización

Utilizar sistemas de aportación de climatización natural

- Considerar los sistemas de pulverización de agua en plantas colocadas en el interior del edificio como sistema para producir refrigeración (mejor si va acompañado de un sistema de ventilación). (65% humedad).

- Las plantas en el interior de los edificios crean microclimas que pueden resultar adecuados para refrigeración y aireación del edificio.

Considerar soluciones de refrigeración por conductos subterráneos (el aire caliente pasa por circuitos enterrados en el terreno natural de forma que este se enfría, y se vuelve a impulsar hacia el interior con ventiladores localizados para cada espacio de oficinas o zonas predeterminadas).

Considerar sistemas de refrigeración pasiva por desplazamiento del aire caliente, captado por el exterior del edificio, introducir aire más fresco por la parte superior del edificio o conductos subterráneos, o vaporización de plantas (crear un tiro).

Considerar que ligado a la ventilación natural va el nivel de ruido exterior, y el ambiente de contaminación exterior.

Las **ganancias térmicas y lumínicas** producidas por la entrada de radiación solar al interior del edificio se han de tener en cuenta como aportaciones naturales gratuitas a los sistemas de calefacción y de iluminación y, por tanto, se ha de disponer de los medios adecuados para aprovecharlas al máximo y también para controlar sus efectos, deseados o no deseados, en la creación del confort interior.

Hay que disponer de elementos pasivos adecuados para el aprovechamiento de estos factores ambientales.

Todo ello se ha de hacer de forma que las instalaciones, tanto las que pueden considerarse activas como las pasivas, queden perfectamente integradas en el diseño del edificio.

Utilizar algunos sistemas de optimización del consumo de energía

Considerar las opciones de:

- Red de bombas de calor conectadas a un anillo de agua.
- Utilización de calor solar en muros cortina ventilados.
- Programas de control informático centralizado de la climatización con Free-cooling y esquemas de ahorro y optimización.
- Acumulación interesticial.

Utilizar sistemas de edificio inteligente

- Considerar la aplicación de sistemas de automatización del edificio para control, gestión o uso óptimo y el mantenimiento de los distintos sistemas de ingeniería del edificio. *El sistema de control y de gestión de la energía* tiene como objetivo optimizar el funcionamiento de los equipos instalados en el edificio desde el punto de vista de su consumo energético y ahorro en mantenimiento (ya que el continuo control del equipamiento facilita la detección de posibles fallos y permite planificar mejor las tareas de mantenimiento).
- Considerar el uso de termostatos sin graduación: sólo las opciones de frío-calor, acompañado de sistemas de edificio inteligente, como por ejemplo si en invierno la ventana está abierta, de forma automática parar la calefacción para que el usuario reaccione y cierre la ventana.
- Los automatismos han de permitir un control por parte del usuario.

Recomendaciones

- Subir la temperatura de la calefacción no significa que tengamos más confort en invierno, no pase frío en verano disminuyendo la temperatura del aire acondicionado
- Tenga en cuenta que por cada grado por encima de 20 °C estará gastando de forma innecesaria un 5% más de energía en calefacción, y cada grado que haya por debajo de los 25 °C estará gastando un 8 % más de energía en refrigeración.
- Establezca unas temperaturas de confort, ni muy altas ni muy bajas. Establezca unas temperaturas de confort, alrededor de 20 °C en invierno y 25 °C en verano.
- Instale termostatos junto con programadores para evitar calentar o enfriar en los horarios en los que no se trabaje.
- Organice los horarios de uso de las diferentes dependencias para un mayor rendimiento de la instalación y un menor consumo.

En cuanto a lo que se refiere al **Ahorro en los Equipos y Sistemas**, se dan una serie de recomendaciones:

- Elija sistemas más económicos de obtener calefacción, aprovechándose de ventajas como la tarifa eléctrica nocturna con descuentos en la factura del 55 % o bien utilice la bomba de calor que consume tres veces menos energía que un radiador eléctrico y puede ser utilizada también como sistema de refrigeración.
- Busque el equipo que con el mismo nivel de prestaciones le llegue a consumir hasta un 50 % menos de la energía que otros (certificación energética).
- A la hora de elegir un equipo de refrigeración no se fije solo en el precio, si no también en la capacidad de regulación, en el nivel de ruido.
- Es conveniente detener el funcionamiento de la instalación de climatización, a excepción del aire para ventilación, antes de terminar la jornada y durante la misma, con tal que las temperaturas no suban o bajen más de 2 °C. No olvide hacerlo durante los días festivos.
- No encienda el equipo si no es estrictamente necesario. Aproveche la energía, por ejemplo utilizando el aire del exterior sin necesidad de enfriarlo, cuando la temperatura exterior sea inferior a la del aire de retorno del local. O bien instale paneles solares para el calentamiento del aire en invierno.
- Coloque los termostatos en lugares alejados de saltos bruscos de temperatura o cercanos a fuente de calor. Céntricos y lejos de ventanas y puertas y nunca encima de un radiador.
- No gaste energía en climatizar zonas que habitualmente están desocupadas.
- Instale dispositivos e instrumentos necesarios de control.
- Limpie y revise periódicamente su instalación. Puede ahorrar de esta manera entre un 3 % y 10 %. Recuerde que la energía para hacer pasar el aire a través de un filtro sucio es mayor que si está limpio.

Calefacción

El consumo de calefacción, para un clima determinado, depende del diseño del edificio (orientación, tamaño de las ventanas, insolación, etc.), del grado de aislamiento térmico del edificio, de la estanqueidad del edificio al aire, de los hábitos de los usuarios, de la disponibilidad de equipos de control, etc.

- Apague la calefacción por la noche y no la encienda por la mañana hasta que la casa esté ventilada y se hayan cerrado las ventanas.
- Cierre los radiadores que no precise para mantener el bienestar en la casa y apague completamente la calefacción si va a estar desocupada más de un día.
- Instale válvulas termostáticas en sus radiadores o un regulador para la caldera. Es fácil de colocar y se amortiza rápidamente.
- Mantenga la temperatura de casa entre los 20 °C y 25 °C.
- No abuse de la calefacción. Además de ser perjudicial para la salud, cada grado que aumenta la temperatura consume de un 5 % a un 7 % más.
- Sepa que para dormir suele ser suficiente una temperatura entre 15 °C y 17 °C, aunque los niños y personas mayores pueden necesitar algo más.
- Si siente la necesidad de aumentar la temperatura por encima de los 20 °C, ponga alguna de las medidas de aislamiento sugeridas, como los burletes, etc..
- Si las ventanas son importantes en su local, instale doble acristalamiento. Además de reducir las fugas de calor y ahorrar energía, disminuirá el nivel de ruido procedente del exterior.
- Si sustituye los radiadores eléctricos por acumuladores de calor y contrata la tarifa nocturna, puede ahorrar más de la mitad de los gastos de calefacción.
- Aproveche la luz natural, produce un ahorro en iluminación y es una fuente de calor gratuito durante el invierno.
- Establezca temperaturas de confort ajustadas a las necesidades, en invierno es suficiente con 20 °C.
- Revise el aislamiento y reajuste los puntos deficientes del mismo, tanto en los sistemas constructivos como en las calderas y depósitos.
- Calorifique las tuberías que transportan el fluido calefactor.

Refrigeración

- Conecte el aire acondicionado a una temperatura de 24 °C aproximadamente. Cada grado que disminuya la temperatura estará consumiendo un 8 % más de energía.
- Desconecte el acondicionador cuando no haya nadie en casa o en la habitación que esté refrigerando.
- Instale toldos y persianas: impiden las radiaciones directas del sol y disminuyen, por tanto, las necesidades de refrigeración.
- Instale un termostato si su aparato de aire acondicionado no lo tiene incorporado, o si no proporciona información precisa sobre la temperatura.

- Aislar los techos y muros expuestos al sol representa un ahorro de hasta un 30 % en el consumo de aire acondicionado.
- Cuando compre un acondicionador, elija el adecuado para sus necesidades y el más eficiente.
- Cuando salga de una dependencia apague el acondicionador.
- En los edificios y locales en cuyas fachadas predomina el cristal, es muy efectivo utilizar vidrios polarizados o colocar películas reflectoras que reducen la transmisión de calor y dejan pasar la luz necesaria. Esta medida proporciona ahorros del 20 % en el consumo de aire acondicionado.
- En verano, si es posible, ventile el local a primeras horas de la mañana cuando el aire de la calle es más fresco.
- Instalando toldos y cerrando las persianas, reducirá el efecto calorífico del sol.
- Instale cierres automáticos en las puertas y mantenga cerradas las ventanas para reducir, en la medida de lo posible, la entrada de aire caliente durante el día.
- Instale el termostato lo más lejos posible de las fuentes de calor: sol, lámparas, aparatos, etc.
- La bomba de calor produce entre dos y tres veces más calor que la energía que consume, porque recupera y aprovecha el calor que existe en el aire exterior.
- La parte exterior del acondicionador debe estar instalada en un ambiente con buena circulación de aire y, si es posible, protegida de los rayos del sol.
- Limpie regularmente –al menos dos veces al año– los filtros del acondicionador.
- Los sistemas de aire acondicionado "multi split" permiten regular la temperatura en cada dependencia y tienen una gama amplia que ofrece más posibilidades de instalación.
- Procure no regular el termostato por debajo de 25 °C. No es confortable y supone un gasto de energía innecesario; por cada grado de menos el consumo aumenta entre un 5 % y un 7 %.
- Si además de aire acondicionado necesita calefacción, instale aparatos bomba de calor. Tendrá las dos funciones en un solo aparato y la mitad de consumo –o aún menos– en calefacción que con un sistema normal.
- Si la temperatura es menor de 25 °C, es preferible abrir las ventanas que conectar el acondicionador.
- Si tiene un equipo individual de aire acondicionado para todo el local, aísle los conductos de distribución de aire.
- Fije una temperatura de confort de alrededor de 25 °C según el tipo de actividad y necesidades para el verano.
- Intente repartir correctamente el frío, evitando corrientes de aire muy frías y otras demasiado calientes.
- Limpie y revise periódicamente su sistema de aire acondicionado (cada 2 ó 3 meses) podría suponer un ahorro de entre un 3 % y un 10 % del consumo eléctrico.
- Durante la noche utilice aire exterior para climatizar.
- Instale toldos exteriores para evitar en verano la insolación directa del sol.
- Instale o cambie de lugar el condensador a un sitio más fresco y mejor ventilado, donde no incida el sol.
- Procure mantener la humedad del ambiente.

6 Edificios Públicos: Otros Equipos

aven

Agencia Valenciana
de la Energía

6 Edificios Públicos: Otros Equipos

Existe una gran variedad de edificios públicos dentro de cualquier ayuntamiento, pero a pesar de esa variedad, dichos edificios coinciden en puntos de consumo energético comunes a todos ellos, susceptibles de ser analizados conjuntamente, como son la iluminación interior, la climatización, los equipos ofimáticos, motores y bombas, agua caliente sanitaria o elementos de transporte. Estos elementos tendrán mayor o menor peso en cada edificio según sean sus necesidades.

6.1 Equipos Ofimáticos

La sociedad de nuestros días está vinculada, de forma inexorable, a los sistemas informáticos en las oficinas. Prácticamente cada persona dentro de una organización que realice tareas técnico-administrativas, ya sea pública o privada, dispone de un ordenador como elemento imprescindible en su puesto de trabajo. En las organizaciones donde aún no existe un ordenador por persona, se comparten éstos, aunque la tendencia clara es que el número de ordenadores y demás equipamiento ofimático aumente.

Asimismo, y al margen del número de ordenadores destinados a tareas de oficina, existe otro gran parque de ordenadores dentro de los hogares dedicado a tareas más personales y de entretenimiento pero que también contribuye al gasto energético global.

Un elemento diferenciador, en el orden cualitativo de las sociedades tecnificadas que procuran alcanzar un mayor nivel de vida, es el creciente respeto hacia el ambiente que, en sus múltiples facetas, puede y debe plasmarse en el quehacer cotidiano, tanto de las organizaciones como de los individuos; las normas que a continuación se proponen son aplicables a todas aquellas personas que hoy en día trabajan con equipos ofimáticos.

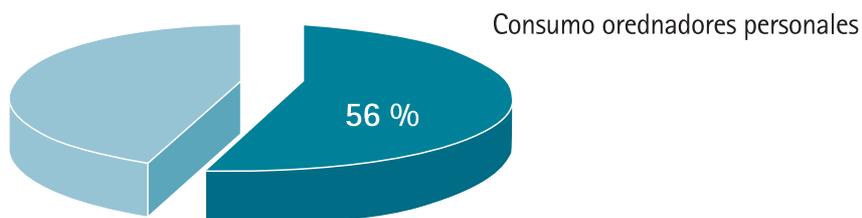


Ordenador Personal

Según el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) el conjunto del equipamiento ofimático en España (a finales de 1996) consumía del orden de 1.100 GWh, el 86 % de este consumo se realiza en el sector profesional, el sector de comercio y servicios principalmente; y el 14 % en el sector no profesional o doméstico (150 GWh).

Este consumo representa un gasto en torno a los 120 millones de euros y, además, lleva aparejado un aumento de la carga térmica de los edificios lo que supone un aumento del consumo energético de los sistemas de aire acondicionado, que no se ha evaluado.

Consumo Ofimático Total



Aproximadamente un 3,5 % de la electricidad consumida en el sector de comercio y servicios se debe al consumo de los equipos ofimáticos, aunque para un edificio administrativo o de oficinas, puede llegar a ser superior al 20 %; por su número (cerca de 5 millones a finales de 1996), los ordenadores personales son los principales responsables del consumo ofimático total: cerca del 56 % del consumo.

El resto del consumo ofimático reflejado en el diagrama anterior es debido fundamentalmente al consumo de las impresoras, fotocopiadoras, fax y demás servicios auxiliares.

A continuación se exponen una serie de recomendaciones que le ayudarán a reducir el consumo de energía permitiendo además su normal desenvolvimiento en el trabajo.

Apagado del Ordenador

El ordenador consume energía siempre que esté encendido pero dado que la mayoría de las veces los periodos en los que hemos abandonado temporalmente el puesto de trabajo para realizar otra función son cortos y es exagerado desconectar el ordenador cada pocos minutos, se recomienda apagarlo en los siguientes casos:

- Horas de comida. Durante los periodos de comida o equivalentes.
- En caso de reuniones o actividades similares de duración superior a una hora.
- Fin de la jornada laboral.
- Fines de semana o días de ausencia del puesto de trabajo.

Es útil disponer de equipos con sistemas de apagado "bookmark" o marcador. Estos sistemas permiten, mediante la secuencia de teclas adecuada, desconectar el equipo grabando la posición última en la que se ha apagado lo que posibilita que al arrancar nuevamente el equipo, éste lo haga en la posición de trabajo en la que lo habíamos dejado antes de apagar.

Si su ordenador o monitor tiene incorporado un sistema de ahorro de energía significa que cumple con la normativa de la Agencia Americana de Protección del Medio Ambiente (EPA, Environmental Protection Agency), esto significa que su ordenador o monitor es capaz de pasar a un estado de baja energía transcurrido un tiempo determinado, que suele estar fijado en 30 minutos. En este estado la potencia requerida por cada elemento debe ser inferior a 30 W. La configuración correcta del sistema de ahorro de energía del ordenador permite disminuir el consumo durante los periodos de inactividad.

Salvapantallas

La exposición prolongada del haz de luz sobre un punto fijo de la pantalla del monitor produce deterioros en la capa de fósforo de la misma. Este efecto es más acusado cuando el ordenador se deja encendido pero no se está utilizando, para evitar esto se idearon los salvapantallas que entran a funcionar después de pasado un determinado tiempo sin tocar el ordenador.

EL ÚNICO MODO DE SALVAPANTALLAS QUE AHORRA ALGO DE ENERGÍA ES EL QUE DEJA LA PANTALLA EN NEGRO; se recomienda configurar el salvapantallas en modo "Black Screen" -

pantalla en negro -, esto proporciona un ahorro de 7,5 kWh anual frente a cualquier otro salvapantallas con animación. Se aconseja un tiempo de 10 minutos para que entre en funcionamiento este modo de salvapantallas.

Impresoras

Si dispone de una impresora local (solo usted tiene acceso a ella) debe APAGARSE SIEMPRE QUE NO ESTE SIENDO UTILIZADA.

Si la impresora es compartida debe APAGARSE TRAS LA JORNADA LABORAL Y TAMBIÉN DURANTE LOS FINES DE SEMANA (debe comprobarse que nadie la ha de utilizar).

Si la impresora dispone de sistemas de ahorro de energía deben ser configurados adecuadamente.



Impresora

Fotocopiadoras

La fotocopiadora es un elemento de gran consumo, aproximadamente 1 kW de potencia, por lo que si dispone de modo de ahorro de energía debe ser configurado adecuadamente (consulte a la persona encargada de su mantenimiento).

La fotocopiadora DEBE APAGARSE AL ABANDONAR EL PERSONAL LA OFICINA O CENTRO DE TRABAJO, DEBE QUEDAR APAGADA DURANTE LA NOCHE Y LOS FINES DE SEMANA.

Fax

Algunos modelos incorporan sistemas de ahorro de energía. Desde el punto de vista energético los faxes más ahorradores son los que no utilizan procesos térmicos para la impresión (por ejemplo los de chorro de tinta).

Es conveniente que el fax pueda usar papel normal, es más barato y requiere menos energía para su fabricación.

Recomendaciones para la Adquisición de Equipos Informáticos

Logotipos

Se recomienda a los compradores de sistemas ofimáticos que soliciten a los fabricantes la identificación adecuada de los equipos dotados de características de ahorro de energía mediante logotipos fácilmente reconocibles como sistemas de ahorro de energía. Deberán

incorporar, además, instrucciones claras sobre su instalación y configuración, así como su compatibilidad con otros dispositivos y software.

Algunos monitores cumplen también las normas suecas NUTEK y TCO'92-95'; la normativa NUTEK se centra principalmente en los monitores y tienen la capacidad de pasar a un estado de reposo transcurrido un tiempo determinado, en este estado la potencia requerida se reduce a un mínimo (inferior a 8 W).

Tamaño y consumo

El tamaño de los equipos influye notablemente en su consumo energético, por tanto es necesario evaluar las necesidades reales y elegir aquel equipo que mejor las satisfaga.

El monitor es el principal responsable del consumo energético de un ordenador personal y el tamaño del mismo es determinante en lo que se refiere a su consumo de energía.

Armónicos

Los componentes electrónicos de los equipos generan armónicos que pueden entrar en la red eléctrica si no se dispone de filtros adecuados y producir perturbaciones y problemas de funcionamiento en sistemas electrónicos conectados a ella y no protegidos adecuadamente. Es necesario la instalación de filtros de armónicos en los equipos para evitar los problemas.

Software de Configuración

Se recomienda que se especifique en los pliegos de adquisición de equipos informáticos que incorporen sistemas de ahorro de energía, así como programas adecuados y documentación precisa para realizar la configuración de forma sencilla.

También ha de solicitarse al fabricante la lista de incompatibilidades de los sistemas de ahorro con algunos sistemas SCSI (escáneres, grabadores de cd-rom, etc.).

Asimismo se solicitará del fabricante información sobre los acuerdos y compromisos (Memoranda de Entendimiento) firmados con organismos como EPA y NUTEK sobre el ahorro energético de sus equipos.

Recomendaciones para la Adquisición de Impresoras

Las impresoras son, junto con las fotocopiadoras, los elementos ofimáticos que más energía consumen; por otra parte la mayor parte del tiempo, cerca del 80 %, están sin actividad. Es lógico usar impresoras que dispongan de sistemas de ahorro de energía mediante los que el consumo se reduce a un mínimo en los tiempos de inactividad.

La opción de impresión a doble cara de la que ya disponen algunos equipos puede reportar grandes ahorros de papel y también de energía.

Es de importancia que los fabricantes incorporen instrucciones detalladas para la correcta configuración de estos equipos.

Recomendaciones para la Adquisición de Fotocopiadoras

Debe exigirse al fabricante que la fotocopiadora disponga de modo de ahorro de energía, configurar éste desde el momento de la instalación y comprobar el funcionamiento correcto del modo de ahorro. La opción automática de fotocopia a dos caras conlleva importantes ahorros de papel.

Recomendaciones para la Adquisición de Otros Equipos

El resto de equipos ofimáticos como escáneres, faxes, modems, etc. tienen un consumo mucho más reducido de forma que no debe estar muy preocupado por este aspecto a la hora de comprar, aun así si existiera la posibilidad de adquirir equipos catalogados como energéticamente eficientes o con sistemas de ahorro debe optarse por ellos.

6.2 Motores y Bombas

Motores

Aspectos que influyen en el consumo de los motores

En las instalaciones municipales nos encontraremos que dentro de éstas, donde más aplicaciones tendrá el apartado de motores será en las estaciones de bombeo y de depuración de aguas residuales.

El motor de inducción (asíncrono) crea una importante demanda de corriente magnetizante. Incluso a plena carga su factor de potencia es bastante inferior a la unidad. A carga reducida, la corriente magnetizante puede representar hasta el 90 % de la intensidad total.

Los motores, cuanto más pequeños, presentan peor factor de potencia. De destacar es que el factor de potencia de un motor de 5 CV trabajando a plena carga será menor que el de uno de 30 CV funcionando a un 20 % de su carga nominal.

El factor de potencia de un motor de elevado número de revoluciones, siempre será mejor que el de un motor menos revolucionado. Un motor de 100 CV a 1.500 r.p.m. absorbe un 8 % más de energía reactiva que si trabajase a 3.000 r.p.m.

Consideraciones a tener en cuenta en la selección de motores:

- Un motor bien diseñado, puede tener un precio de compra elevado, pero generalmente tendrá un factor de potencia óptimo para sus características, lo que reper-

cute directamente en la facturación y en la inversión de la infraestructura de la instalación para su compensación (menor necesidad de kVAr en condensadores).

- Siempre que sea posible utilizar motores de alta velocidad.
- Procurar no sobredimensionar el motor a emplear, a menores cargas de trabajo sobre la nominal del mismo, peores rendimientos, mayores pérdidas económicas.
- Es preferible el acoplamiento de motores individualmente que en grupos, consiguiendo regular mejor el régimen de trabajo nominal del motor.

Los motores eléctricos son máquinas con rendimientos por lo general elevados (85 % a 95 %). El rendimiento disminuye cuando la carga del motor disminuye, razón ésta por la que no interesa sobredimensionarlo.

Los motores monofásicos tienen comportamientos más desfavorables respecto al rendimiento y factor de potencia que sus homólogos trifásicos, teniendo un rendimiento general sobre el 0,6 y factores de potencia sobre el 0,7 aproximadamente.



Motor Eléctrico

Las pérdidas de un motor eléctrico suelen ser:

- Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator y rotor. Son proporcionales al cuadrado de la intensidad. Crecen al aumentar la potencia desarrollada por el motor.
- Pérdidas en el hierro del estator. Son función de la tensión. No varían con el grado de carga del motor.
- Pérdidas por rozamientos, aumentan para un mismo motor con la velocidad de giro de este.

Cuando se comenzaron a emplear los motores eléctricos tanto en la Industria como el Sector terciario, la única manera de regular su velocidad era mediante el empleo de motores de corriente continua. Este sistema es de tecnología sencilla, pero costosa.

Hasta hace poco tiempo, por razones principalmente tecnológicas, se utilizaba el sistema mencionado para la regulación de los parámetros de un motor. Hoy en día, gracias a los avances de la electrónica y de la electrónica de potencia, se consigue una regulación completa de los motores de corriente alterna.

Regulación de Velocidad

Debido a las variaciones en las necesidades de producción o uso en todo tipo de instalaciones, que funcionan a base de motores eléctricos, no siempre es necesario o justificado que éstos trabajen al máximo de su velocidad y régimen de potencia nominal.



Variador de Frecuencia

Para conseguir una disminución en la potencia consumida por el motor, adaptamos la velocidad del mismo en cada momento según necesidades.

Los reguladores electrónicos de velocidad están formados por circuitos electrónicos de potencia que transforman la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia y tensión variables.

Los reguladores de velocidad pueden ser de dos tipos:

- Circuitos con transistores de potencia (PWM). Es la tecnología más usada y se utiliza preferentemente para potencias menores de 100 kW.
- Circuito con tiristores (CSI). Se utilizan preferentemente para potencias mayores de 200 kW.

Ventajas que aporta el regulador de velocidad:

Técnicas

- Disponibilidad de una amplia gama de velocidades para responder a todas las demandas del proceso sin recurrir a medios mecánicos (válvulas de estrangulamiento, by-pass, etc.).
- Reducción de los problemas de reparación y mantenimiento de los equipos al poder utilizar motores de corriente alterna (más sencillos y robustos que los de corriente continua utilizados hasta ahora).
- Procesos de arranque y parada de las máquinas más suaves y controlados, provocando menores picos de intensidad en los arranques y eliminando los golpes de ariete en las instalaciones hidráulicas de bombeo.

Económicas:

- Ahorro de energía producido al elevar el rendimiento del motor.
- Menor inversión inicial de coste entre el motor de alterna, al de continua.
- Reducción costes de mantenimiento e instalación, tanto en costes directos como indirectos por parada en proceso de producción.
- Mejora del factor de potencia debido a la presencia de rectificadores que se comportan como baterías de condensadores.

Ambientales:

- Disminución de nivel acústico generado por los motores.
- Reducción de las emisiones de las centrales generadoras de energía eléctrica al ser menor la energía demandada, que por otro motor similar sin regulador.

Variación de velocidad que tiene su origen en el motor eléctrico

A continuación se enumeran las principales formas de variación de velocidad que tiene su origen en los motores eléctricos.

- Motor trifásico de C.A. con rotor en cortocircuito aplicado a diferentes procedimientos de regulación de velocidad y accionamiento.
- Motor trifásico de C.A. con rotor bobinado.
- Motor trifásico de C.A. con rotor en c/c, con variación de velocidad por variador de frecuencia.
- Motores de varias velocidades de C.A.
- Motor de C.C.: de excitación independiente, de excitación en serie, de excitación-derivación, de excitación compuesta.
- Motores especiales: motores paso a paso, Motores tipo brushless, motor universal, otros.

Aplicamos la regulación de velocidad a los siguientes tipos de mecanismos:

Mecanismos con carga de Par Cuadrático	Bombas Centrífugas. Ventiladores. Compresores, etc.	El par de carga es proporcional al cuadrado de la velocidad y la potencia eléctrica demandada al cubo de la misma. Ahorro máximo
Mecanismos con carga de Par Lineal	Máquinas de procesos mecánicos (pulidoras). Máquinas de tratamiento de la piel.	El par de carga es proporcional a la velocidad y la potencia eléctrica demandada lo es al cuadrado de la misma.
Mecanismos con carga de Par Constante	Ascensores. Puentes-grúa. Cintas transportadoras. Laminadoras.	El par de carga es independiente de la velocidad y la potencia eléctrica demandada es proporcional a la velocidad.
Mecanismos con carga de Potencia Cuadrático	Máquinas herramientas (tornos, máquinas bobinadoras, fresadoras, etc.).	El par de carga es inversamente proporcional a la velocidad y la potencia eléctrica demandada es independiente de la velocidad.

Tabla 65: Aplicaciones de la Regulación de Velocidad según el Tipo de Mecanismo.

Ahorro en Motores Eléctricos

Un caso especialmente adecuado para la utilización de reguladores electrónicos de velocidad es el accionamiento de bombas, ventiladores y grupos electrógenos. Este tipo de equipos y máquinas están bastante extendidos en los sistemas de climatización y alimentación de emergencia en las corporaciones locales.

En estos mecanismos (con cargas de par cuadrático), la carga es proporcional al cuadrado de la velocidad y la potencia eléctrica demandada lo es al cubo de la velocidad. En estos mecanismos el ahorro es máximo.

Corrección del factor de potencia en motores:

Lo usual es corregir el factor de potencia mediante condensadores. El hecho de disponer de una batería centralizada de condensadores, no evita que los efectos de un bajo factor de

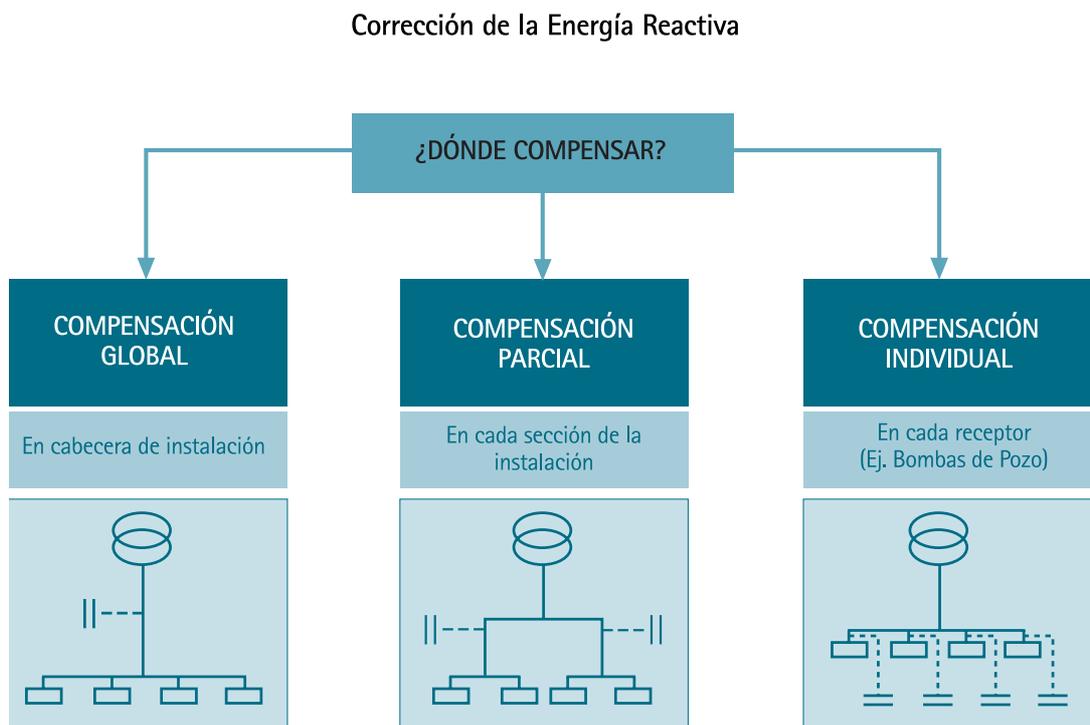


Figura 67: Corrección de la Energía Reactiva.

potencia se manifiesten en el tramo de línea que va desde la batería al motor.

Si se sitúan los condensadores junto al motor, se descarga el conductor de ese punto hacia atrás y por lo tanto se reducen las pérdidas en la línea interior.

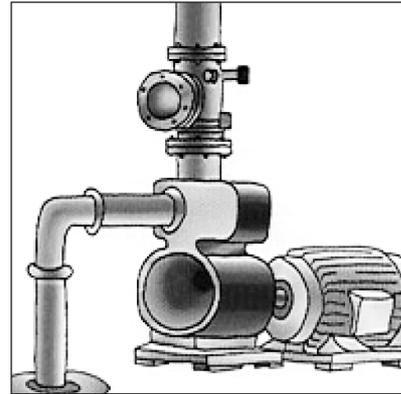
En los casos de corrección localizada de motores, puede hacerse que el elemento de maniobra del motor, conecte al mismo tiempo los condensadores. Tan solo habrá que observar algunas

precauciones en su conexión, para evitar auto excitaciones del motor causadas por los condensadores, cuando se desconecta la tensión del motor.

Bombas

Instalaciones de bombeo de agua (pozos)

La finalidad de una instalación de este tipo, consiste en el transporte de agua hasta los puntos de consumo o almacenamiento, venciendo una determinada altura geométrica y las pérdidas por rozamiento generadas en el circuito de tuberías.



Bomba

Frecuentemente se dota a las instalaciones de una sobrepresión en el bombeo para disponer de presión residual en los puntos de utilización.

Aspectos que influyen en el rendimiento:

En una instalación tipo como las comentadas, su rendimiento puede considerarse:

$$\text{Rendimiento (\%)} = 100 \cdot \frac{\text{Energía de elevación}}{\text{Energía aportada al sistema}}$$

La energía de elevación es:

$$E \text{ (kW)} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/h)} \cdot h \text{ (m)} \cdot d \text{ (kg/dm}^3\text{)}}{367,35}$$

siendo: Q caudal ($\text{m}^3\text{/h}$), h altura (m) y d densidad (Kg/dm^3)

La energía aportada al sistema es: la energía de elevación, más las pérdidas del motor de la bomba, más la energía gastada en vencer los rozamientos del líquido al circular por las tuberías (pérdidas de carga).

Las causas más frecuentes de un bajo rendimiento son:

- Bombas mal adaptadas al circuito.
- Circuito inadecuado, diseño defectuoso, variaciones del proyecto a la obra in situ.
- Bombas de bajo rendimiento.
- Motores de accionamiento de bajo rendimiento.

Formas básicas de regular caudal en las bombas:

- Válvula de estrangulamiento.
- Arranque – Parada.
- Bifurcación o by-pass.
- Regulación electrónica de velocidad (Revem).

La regulación por Bifurcación o By-pass es adecuada desde el punto de vista del mantenimiento, ya que ahorra arranques y paradas, sin embargo, presenta la gran desventaja de no reducir la potencia demandada al motor cuando se disminuye el caudal, presentándose como el método de regulación más pobre desde el punto de vista energético.

La opción de Marcha-Parada, por arranque directo o estrella-triángulo, es poco atractiva, pues conlleva una regulación demasiado escalonada, y un número de averías y envejecimiento de la instalación prematuro. Claramente, la opción **Revem** es más adecuada desde el punto de vista energético y desde el de mantenimiento, al efectuar arranques y paradas suaves.

La Regulación por Válvula de Estrangulamiento es la más extendida de todas en la industria, aunque está perdiendo esa supremacía frente a la regulación electrónica, debido fundamentalmente al ahorro que implica la instalación de este último método.

La Regulación Electrónica de Velocidad en el motor que arrastra a la bomba se presenta como un método energéticamente eficaz para regular el caudal. Desde el punto de vista de mantenimiento es un buen sistema de regulación que evita golpes de ariete al disponer de rampas de frenado suaves, y evita las altas intensidades de arranque al efectuar arranques progresivos. Además, conseguimos abaratamientos en la manipulación, al funcionar de manera autónoma.

Como resumen se puede decir que La Regulación Electrónica de Velocidad, se presenta como la opción más atractiva, tanto desde la perspectiva del ahorro como de la fiabilidad, disponibilidad y mantenimiento.

Ejemplo de ahorro en bombas

Datos de partida:

- Potencia del motor: 90 kW.
- Rendimiento nominal de la bomba: 82 %
- Rendimiento nominal del motor: 93 %
- Caudal nominal de la bomba = 1.000 m³/h.
- Regulación con válvula de estrangulamineto.

% Flujo	Horas / Año
60	720
70	1.872
80	2.016
90	2.016
100	576

Tabla 66: Régimen de Trabajo de la Bomba.

Precio kWh: 0'08 €

Rendimiento regulador electrónico: 98 %

Solución propuesta:

- Regulación electrónica de velocidad.
- Energía demandada = 326.203 kWh.
- Coste energético = 25.486,75 €.

Solución Actual:

- Regulación con válvula de estrangulamiento:
- Energía demandada = 452.640 kWh.
- Coste energético = 35.365,48 €

Ahorro Energético del regulador: 126.437 kWh

Ahorro Económico del regulador: 9.878,73 €

Generalidades:

Los equipos electrónicos son fuentes generadoras de armónicos en su mayoría. La presencia de armónicos en bornes de condensador provoca en éste un aumento de intensidad muy elevado con relación al aumento de tensión, con lo cual se pueden presentar los siguientes problemas:

- A frecuencias elevadas la impedancia de un condensador disminuye, y por tanto, su intensidad aumenta, pudiendo averiar equipos.
- Si estos equipos están bien protegidos o sobredimensionados serán capaces de soportar las sobrecargas producidas por los condensadores, pero su vida disminuirá a causa de las mismas.

La solución para los armónicos consiste en la instalación de filtros para los mismos, estos pueden ser colocados en serie o en paralelo con la red.

Los filtros en serie son caros y se utilizan poco, siendo los de mayor implantación los paralelos.

En la instalación de un regulador de velocidad se deberá tener en cuenta una serie de elementos adicionales, que evitarán posibles problemas que puedan generar los equipos electrónicos:

- Instalación de un transformador de aislamiento a la entrada del regulador:
 - Si existen grupos electrógenos
 - Si el secundario del transformador no está conectado a tierra.

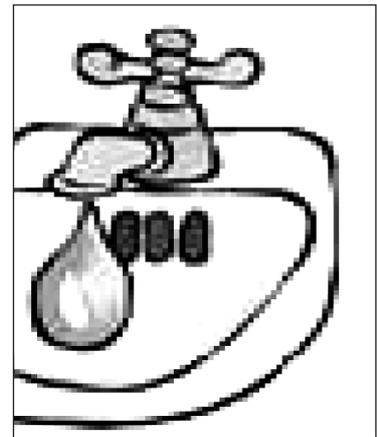
- Instalación de reactancias en línea tanto a la entrada como a la salida, reducen los efectos de la caída de tensión, la distorsión armónica y el efecto de baterías de condensadores.
- Reducir en lo posible el cableado entre el motor y el regulador para evitar el efecto capacitivo.
- Filtros de radiofrecuencia para el cumplimiento de la normativa RFI.

6.3 Agua Caliente Sanitaria

Existe más de un sistema para la producción de ACS. Ninguno de ellos es excluyente respecto a los demás y sólo el estudio pormenorizado de la instalación y sus particularidades de utilización pueden determinar qué sistema es el más idóneo.

Mediante algunas descripciones y gráficos se pretende aportar definiciones que ayuden a la elección de qué sistema debe elegirse, valorándose las particularidades de cada uno de ellos.

En la descripción de algún sistema de producción de ACS, se hace referencia a elementos de control y seguridad, elementos esenciales para garantizar un óptimo consumo y aumentar la seguridad de la instalación.



Grifo

Condicionantes Humanos

Cualquiera que sea el sistema de producción de ACS elegido, es imprescindible adaptarse a las necesidades de confort e higiene exigidos por el usuario. Estos condicionantes deberían tener prioridad por encima de cualquier otro, ya sea económico o de cualquier otra índole.

Para conseguir un buen nivel de confort se precisan cuatro criterios esenciales:

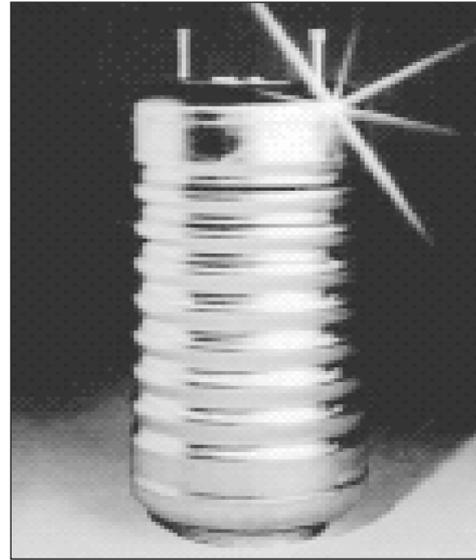
- Caudal punta en 10 minutos.
- Caudal en la primera hora.
- Caudal continuo.
- Tiempo de recuperación.

Para cumplir estos cuatro criterios, no será necesario recurrir ni a acumuladores de gran dimensión ni a calderas sobredimensionadas.

Tipos de Instalaciones

Generalmente se distinguen dos tipos de instalaciones: individuales y centralizadas. Las instalaciones individuales son las referidas a viviendas particulares, mientras que las centralizadas se refieren a instalaciones para más de una vivienda, grandes edificios (bloques de apartamentos, hoteles) e incluso otros usos comerciales o industriales que requieren una gran cantidad de agua caliente.

Las características principales que determinan que una instalación sea individual o centralizada son las exigencias en cuanto al caudal punta durante un periodo de 10 minutos, al caudal en la primera hora y al caudal continuo, después de la primera hora.



Caldera Individual

En el caso de instalaciones individuales, estas exigencias se calculan simplemente contando y sumando los puntos de utilización de ACS en la vivienda. En el caso de instalaciones centralizadas, no se pueden sumar simplemente todos los puntos de utilización, sino que se debe tener en cuenta el resultado de un coeficiente de simultaneidad.

Los cuatro sistemas que pueden encontrarse en Instalaciones Centralizadas son:

- Sistema instantáneo.
- Sistema por acumulación.
- Sistema semi-instantáneo.
- Sistema por semi-acumulación.

Ventajas:

Sistema instantáneo

- Disponibilidad instantánea por tiempo ilimitado.
- Ocupación mínimo espacio.
- Precio relativamente ajustado.

Sistema por acumulación

- Disponibilidad importante en corto espacio de tiempo (caudal punta muy elevado).
- Escasa potencia de caldera a instalar.
- Cada demanda de agua no significa la puesta en marcha del sistema de generación de calor.

Sistema semi-acumulación o semi-instantáneo:

- Disponibilidad tanto de caudal punta como continuo.
- Potencia de caldera de tipo medio.

- Ampliable.
- Fácil de instalar por módulos sin aberturas especiales de la edificación.
- Cada demanda de agua no significa la puesta en marcha del sistema.

Inconvenientes:

Sistema instantáneo

- Caudal supeditado a la potencia instalada.
- Potencia de caldera muy considerable.
- Cada demanda de agua, por pequeña que sea, significa una puesta en funcionamiento de todo el sistema. Pérdida de carga elevada.

Sistema por acumulación

- Ocupación de espacio muy considerable.
- Imposibilidad o gran dificultad de emplazamiento en obra ya acabada.
- Escasa flexibilidad de la producción.
- Pérdidas importantes por radiación.
- Recuperación lenta.

Para instalaciones individuales también podemos distinguir cuatro sistemas:

- Sistema instantáneo: por ejemplo, caldera mural sin acumulación.
- Sistema semi-instantáneo: generador de agua caliente por acumulación.
- Sistema por semi-acumulación: acumulador conectado a una caldera.
- Sistema por acumulación: gran acumulador de agua caliente.

La elección del sistema idóneo y más eficiente será resultado de un estudio al detalle según las necesidades de cada caso.

Como normas generales de eficiencia energética se pueden determinar los siguientes puntos:

- Con una válvula mezcladora en la salida del termo, tendrá permanentemente el agua caliente a la temperatura de uso (unos 40 °C) y ahorrará energía.
- El termo eléctrico debe instalarse dentro del local, tan cerca de los puntos de uso (por ejemplo, aseos) como sea posible.
- Si instala caldera de gas, procure que tenga depósito de acumulación de agua caliente. Tendrá mayor disponibilidad de agua y mejorará el rendimiento de la caldera.
- Si regula la temperatura del agua por encima de los 60 °C, malgastará energía y reducirá la duración del termo.
- Si sustituye un termo de poca capacidad por un termo acumulador y contrata la tarifa nocturna, puede ahorrar más de la mitad de los gastos de agua caliente

6.4 Elementos de Transporte

Ascensores

Dentro de las construcciones municipales debido a su funcionalidad y servicio desempeñado, la mayoría de ellos como de utilización pública, encontramos en la infraestructura de los mismos la integración como medio de transporte, el ascensor, aun no tratándose de un elemento de gran consumo, es de obligación técnica como consumidor de energía puntualizar algunas de sus características.

Actuando sobre la elección del mismo, centrándose en el sistema de motorización, en la aplicación de nuevas tecnologías en variadores de velocidad y adecuando el modo de funcionamiento se pueden obtener mejoras eficientes en su consumo.

Criterios para la elección

Parámetros principales para la selección del tipo de ascensor más adecuado:

- Altura del edificio; nos determina la distancia máxima a cubrir.
- Carga máxima: indispensable para el calculo de la potencia a desarrollar.
- Velocidad de desplazamiento; según régimen de trabajo diario y ritmo de espera en paradas.
- Disponibilidad de espacio para su instalación.

Consideraciones a nivel energético:

- Un sobredimensionamiento del mismo, provocaría un exceso de consumo cuando trabajemos en condiciones de vacío. Por lo que es indispensable realizar un pequeño estudio sobre el régimen nominal de trabajo y en que horas se produce (esto variara según la actividad del centro).
- Buena elección en la motorización y contrapesos del mismo.
- Volumen disponible del mismo.

Distintos sistemas de transmisión motorizada

- Hidráulicas; esta tecnología tiene la ventaja de ser de reducidas dimensiones, lo que es de agradecer cuando se dispone de poco espacio, aunque por el contrario su consumo puntual es alto y tiene limitaciones de recorrido, oscilando sobre los 15 metros de altura.
- Eléctricas, tenemos dos clases:
 1. El desarrollado con motores asíncronos de corriente alterna, son de baja velocidad, por lo que se utilizan para edificios de poca altura y bajo régimen de tra-

bajo. No disponen de mucha capacidad de carga y sus regulaciones de parada tampoco son de gran precisión.

2. El de regulación electrónica variable de velocidad, en el campo del ahorro y eficiencia energética son los de mayor rentabilidad, aproximadamente consiguen sobre el 25-30% de ahorro. Su aplicación en grandes distancias, alturas, es muy rentable, lo que sumado a su más bajo coste de mantenimiento y su mejor regulación de velocidad en paradas y arrancadas, le dan un punto de calidad superior.

Sistemas de funcionamiento del ascensor

La maniobra punta al iniciar la marcha de un ascensor es causante del mayor consumo, puesto que en el mismo se alcanzan demandas 3 ó 4 veces superiores al nominal. Actuando sobre el funcionamiento del ascensor conseguiremos mejorar el consumo global del mismo.

Sistemas:

- Sin regulación; el ascensor se desplaza directamente hasta el punto de llamada que se ha realizado, sin paradas intermedias aun habiendo sido llamado posteriormente. Mala eficiencia energética al ser de llamada única.
- Otro sistema es el de ir parando progresivamente en cada piso desde el cual se ha llamado, esta función la realiza sobre la subida, pues la bajada es directa.
- Con memorización, el ascensor realiza paradas a su paso en todas aquellas alturas desde el cual se le ha llamado, el gestiona según memoria recibida, esta función la realiza tanto al subir como al bajar.

7 Anexos

aven

Agencia Valenciana
de la Energía

7.1 Diccionario

Acumulador: Elemento de la instalación capaz de almacenar la energía eléctrica transformándola en energía química. Se compone de diversas baterías conectadas entre sí en serie o en paralelo. A diferencia de las pilas comunes, el acumulador admite multitud de ciclos carga/descarga.

Arrancador: Dispositivo que, por sí mismo o en combinación con otros componentes del circuito, genera impulsos de tensión para cebar una lámpara de descarga sin precaldeo de los electrodos.

Balasto: Dispositivo conectado entre la alimentación y una o varias lámparas de descarga, que sirve para limitar la corriente de las lámparas a un valor determinado.

Baterías de Condensadores: Agrupación de condensadores que tienen la misión de aminorar el consumo de energía reactiva de una instalación.

Bomba de Calor: es una máquina térmica de ciclo cerrado, diseñada exclusivamente o preferentemente para obtener un efecto calorífico y que puede proporcionar por inversión del ciclo también un efecto frigorífico.

Brillo (de una superficie): Aspecto con el que se percibe los reflejos luminosos de los objetos como superpuestos a la superficie debido a las propiedades direccionales selectivas de esa superficie

Caldera: Es todo aparato en donde la energía potencial de un combustible se transforma en utilizable, en forma de calor, mediante el calentamiento de un fluido, agua o aire, que circula por ella y que se utiliza para calefacción o producción de agua caliente sanitaria (ACS).

Caldera Convencional o Estándar: Caldera en la que la temperatura media del fluido calportador puede limitarse a partir de su diseño. Así, una caldera de agua caliente diseñada para operar entre las temperaturas de 70 °C a la entrada y 90 °C a la salida tiene limitada su temperatura media a 80 °C.

Caldera de Baja Temperatura: La que puede operar continuamente con una temperatura del agua de entrada comprendida entre 35 °C y 40 °C y que, en determinadas circunstancias, puede producir en su interior la condensación del vapor de agua contenido en los humos. Las calderas de baja temperatura operan con combustibles líquidos y gaseosos.

Caldera de Condensación: una caldera diseñada para poder condensar de forma permanente una parte importante del vapor de agua contenido en los gases de combustión.

Calefacción: Proceso de tratamiento del aire que controla, al menos, la temperatura mínima de un local.

Candela: Unidad SI de intensidad luminosa: La candela es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emita radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hercios y que tenga una intensidad radiante en esa dirección de $1/683$ vatios por estereorradián (16e Conferencia General de Pesos y Medidas, 1 979)

Símbolo: cd; $1 \text{ cd} = 1 \text{ lm} \cdot \text{sr}^{-1}$

Cantidad de luz o energía luminosa: Producto del flujo luminoso por su duración. Símbolo Q.

Cebador: Dispositivo de cebado, normalmente para lámparas fluorescentes, que proporciona el precaldeo necesario de los electrodos, y en combinación con la impedancia serie del balasto, provoca una sobretensión momentánea en la lámpara.

Claraboya: cualquier hueco situado en una cubierta, por tanto su inclinación será menor de 60° respecto a la horizontal.

Claridad (de un color independiente): Luminosidad de una superficie, juzgada en relación con la luminosidad de otra superficie iluminada de la misma forma y que parece blanca o que posee un alto factor de transmisión.

Climatización: Proceso de tratamiento de aire que se efectúa a lo largo de todo el año, controlando, en los espacios interiores, temperatura, humedad, pureza y velocidad del aire.

Climatizador: Unidad de tratamiento del aire sin producción propia de frío o calor.

Comodidad Térmica: Aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico. (Norma ISO 7730)

Compensador de Armónicos: equipo electrónico que se intercala en paralelo entre la fuente de alimentación y la carga, y contrarresta los armónicos que circulan por el conductor del neutro, mediante la reinyección de corriente.

Compresor: Equipo destinado a comprimir el fluido refrigerante desde las bajas presiones y temperaturas de salida del evaporador, hasta las condiciones del condensador. En general, se engloba dentro de esta expresión al propio compresor y al motor eléctrico que lo acciona.

Condensador: equipo cuya misión es recibir el refrigerante caliente y a alta presión procedente del compresor, retirarle el calor sensible de sobrecalentamiento y el calor latente de condensación, y entregar al circuito el refrigerante en fase líquida y algo subenfriado.

Conductividad Térmica de los Materiales: Es una propiedad característica de cada material, su valor depende de la temperatura y de una serie de factores tales como la densidad, porosidad, contenido de humedad, diámetro de fibra, tamaño de los poros y tipo de gas que encierre el material. Esta propiedad se expresa mediante un coeficiente, λ definida como la cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de caras planas, paralelas y de espesor la unidad, cuando se establece una diferencia de temperatura entre sus caras de un grado centígrado. Su unidad en el S.I. (Sistema Internacional) es: $W/m \cdot ^\circ C$.

Contador: Aparato registrador de consumos de energía eléctrica, tanto activa como reactiva. Cuando es de energía activa mide en kilovatios hora (kWh) y cuando es de reactiva mide en kilovoltioamperios reactivos hora (kVArh).

Contraste: Magnitud asociada al contraste de luminosidad percibida, generalmente definida por una fórmula en la que intervienen las luminancias de los estímulos considerados.

Convección: Forma de propagación de calor en los fluidos por las corrientes que se establecen en el interior y que se transmite de las zonas calientes a las frías.

Convector: Aparato de calefacción directa que consta de una resistencia eléctrica situada en la parte interior, que calienta el aire de la habitación por convección.

Deslumbramiento Molesto: Deslumbramiento que produce una sensación desagradable sin perturbar necesariamente la visión de los objetos.

Deslumbramiento Perturbador: Deslumbramiento que perturba la visión de los objetos sin causar necesariamente una sensación desagradable.

Detector Fotoeléctrico de Presencia: Detector de radiación óptica que utiliza la interacción entre la radiación y la materia resultante de la absorción de fotones y la consecuente liberación de electrones a partir de sus estados de equilibrio, produciendo así una tensión o corriente eléctrica, o una variación resistencia eléctrica, excluyendo los fenómenos eléctricos producidos por cambios de temperatura.

Difusor: Dispositivo utilizado para modificar la distribución espacial de una radiación empleando esencialmente el fenómeno de difusión.

Difusión: Proceso por el que se modifica la distribución espacial de un haz de radiación cuando es desviado en muchas direcciones por una superficie o un medio, sin que varíe la frecuencia de sus componentes monocromáticas.

Eficacia luminosa: en esta magnitud se engloban dos posibles definiciones:

- Eficacia luminosa de la radiación, es la relación entre el flujo luminoso y el flujo energético correspondiente.
- Eficacia luminosa de la fuente de luz es la relación entre el flujo luminoso total emitido por la fuente y la potencia consumida.

Eficiencia energética: Se dice que un equipo es eficiente energéticamente cuando con iguales o mejores prestaciones de servicio que otros, consumen menos energía.

Eficiencia: Virtud y facultad para lograr un efecto determinado. Acción con que se logra este efecto.

Eliminación: Todo procedimiento dirigido al almacenamiento, al vertido controlado de los residuos, o a su destrucción, total o parcial, por incineración u otros métodos que no impliquen recuperación de energía, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar daños al medio ambiente.

Energía Reactiva: Energía que ciertos receptores (transformadores, lámparas de descarga, motores, etc.) emplean para crear campos magnéticos. No produce ningún trabajo útil, por lo que resulta conveniente disminuir su cuantía mediante baterías de condensadores.

Energías Renovables: son las que tienen unas fuentes de abastecimiento inagotables.

Ensayo de Vida: Ensayo en el que la lámpara trabaja bajo condiciones especificadas durante un tiempo determinado o hasta el fin de su vida, y durante el cual se pueden realizar mediciones fotométricas y eléctricas a intervalos especificados.

Escáner: Aparato que conectado a un ordenador permite digitalizar imágenes.

Evaporador: Es un intercambiador encargado de extraer el calor de una fuente (aire o agua fundamentalmente). Sus características constructivas dependen del medio del que se extraiga calor.

Factor de Potencia o $\cos \varphi$: es el cociente entre la potencia útil y la potencia absorbida.

Filtros de Armónicos: Se emplean para proteger las instalaciones eléctricas de las distorsiones que los componentes electrónicos generan.

Fluctuar: Oscilar moverse de un lado a otro dentro de ciertos límites.

Flujo Luminoso: Magnitud derivada del flujo energético por la evaluación de la radiación, según su acción sobre un receptor selectivo, en el que la sensibilidad espectral es relativa. Observador de referencia C.I.E.

Fluorescencia: Fotoluminiscencia en la que la radiación óptica emitida resulta de transiciones directas del nivel de energía fotoexcitado a un nivel inferior. Tales transiciones tienen lugar generalmente en los 10 nanosegundos que siguen a la excitación.

Fotoluminiscencia: Luminiscencia producida por absorción de radiación óptica

Fuente de luz primaria: Superficie u objeto que emite luz producida por una transformación de energía

Fuente de luz secundaria: Superficie u objeto que no emite luz por si mismo, sino que la recibe y la remite, al menos en parte, por reflexión o por transmisión

Grupo Electrógeno: equipo auxiliar generador de energía eléctrica, que utiliza como fuente primaria de energía fuelóleo, gasóleo, etc..

Hertz Ciclo por segundo: Unidad de frecuencia basada en el segundo como unidad de tiempo.

Higrométrico: Característica del cuerpo muy sensible a los cambios de humedad atmosférica.

Hz: Símbolo de la unidad Hertzio.

Índice de Rendimiento de Color: Evaluación del grado de concordancia entre el aspecto fotométrico de los objetos iluminados por la fuente considerada y aquel de los mismos objetos iluminados por un iluminante de referencia, en las condiciones de observación específicas.

Infiltración: Caudal de aire que penetra en un local desde el exterior, de forma incontrolada, a través de las soluciones de continuidad de los cerramientos debido a la falta de estanqueidad de los huecos (puertas y ventanas).

Intensidad luminosa: (de una fuente en una dirección) la razón entre el flujo luminoso emitido por una fuente es un cono infinitesimal que tiene por eje la dirección considerada, y el ángulo sólido del cono.

Interruptor Crepuscular: sistema que permite el encendido o apagado del alumbrado de acuerdo con el nivel de luz ambiental existente u obedeciendo a una programación horaria (diaria o semanal).

Interruptor Horario: sistema que permite el encendido y apagado del alumbrado obedeciendo una programación horaria (diaria o semanal).

Iluminancia: En un punto de una superficie la razón entre el flujo luminoso incidente sobre un elemento infinitesimal de superficie que contiene el punto considerado y el área de este elemento.

Lámpara: Fuente construida para producir una radiación óptica, generalmente visible.

Lámpara de Descarga: Lámpara en la que la luz se produce, directa o indirectamente, por una descarga eléctrica a través de un gas, un vapor metálico o una mezcla de varios gases y vapores.

Lámpara Fluorescente: Lámpara de descarga de mercurio a baja presión en la que la mayor parte de la luz es emitida por una o varias capas de sustancias luminiscentes excitadas por la radiación ultravioleta de la descarga.

Lámpara de Halogenuros Metálicos: Lámpara de descarga de alta intensidad en la que la mayor parte de la luz se produce por la radiación de una mezcla de vapor metálico y productos de disociación de halogenuros.

Lámpara de Luz Mezcla: Lámpara que en una misma ampolla contiene una lámpara de vapor de mercurio y un filamento de lámpara incandescente conectadas en serie.

Lámpara de Vapor de Mercurio de Alta Presión: Lámpara de descarga de alta intensidad en la que la mayor parte de la luz se produce, directa o indirectamente, por radiación procedente del vapor de mercurio cuya presión parcial, durante el funcionamiento, es superior a 100 kilopascales.

Lámpara de Vapor de Mercurio de Baja Presión: Lámpara de descarga de vapor de mercurio, revestida o no de una sustancia luminiscente, en la que la presión parcial del vapor es inferior a 100 pascales durante el funcionamiento.

Lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión: Lámpara de descarga de alta intensidad en la que la luz está producida principalmente por la radiación del vapor de sodio trabajando a una presión parcial del orden de 10 kilopascales.

Lámpara de Vapor de Sodio de Baja Presión: Lámpara de descarga en la que la luz se produce por radiación del vapor de sodio trabajando a una presión parcial de 0,1 pascales a 1,5 pascales.

Lumen: Unidad SI de flujo luminoso: Flujo luminoso emitido dentro de un ángulo sólido unidad (estereorradián) por una fuente puntual uniforme que tiene una intensidad luminosa de 1 candela. (9ª Conferencia General de Pesos y Medidas, 1948).

Símbolo; 1 lm.

Luminancia (en una dirección, en un punto de la superficie de una fuente o de un reflector o en un punto de la trayectoria del haz). Cociente del flujo luminoso, emitido, recibido o atravesando un elemento de superficie en este punto, y propagándose en las direcciones definidas por un cono elemental, conteniendo la dirección dada, por el producto del ángulo sólido del cono y del área de la proyección ortogonal del elemento de superficie en el plano perpendicular a la dirección dada.

Luminaria: Aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de una o varias lámparas y que incluye, además de las propias lámparas todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y cuando sea necesario, circuitos auxiliares junto con los medios de conexión al circuito de alimentación.

Luminosidad: Atributo de la sensación visual según la cual una superficie parece emitir más o menos luz.

Luminoso: Adjetivo utilizado para describir niveles altos de luminosidad.

Lux: Unidad SI de iluminancia; Iluminancia producida por un flujo luminoso de 1 lumen uniformemente distribuido sobre una superficie de 1 metro cuadrado.

Símbolo: 1lx = 1lm · m⁻².

Maxímetro : Aparato registrador de potencia eléctrica. Mide las potencias demandadas en intervalos determinados de tiempo y registra las máximas obtenidas en dichos intervalos.

Orientación: ángulo formado por la normal exterior a la fachada y la dirección norte.

Potencia Calorífica: Energía suministrada en el condensador expresada en kW o en kcal/h.

Potencia Frigorífica: Energía absorbida en el evaporador expresada en kW o en kcal/h.

Proyector Empotrado: Luminaria pequeña que concentra la luz hacia abajo y generalmente empotrada en el techo.

Puente Térmico: parte del cerramiento de un edificio donde la resistencia térmica, normalmente uniforme, cambia significativamente debido a:

- Penetraciones completas o parciales en el cerramiento de un edificio, de materiales con diferente conductividad térmica.
- Un cambio en el espesor del material al fabricarlo.
- Una diferencia entre las áreas internas o externas, tales como juntas entre paredes, suelos o techos.

Radiación Solar: Cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados.

Radiación Térmica: Proceso por el cual se transmite calor de un foco generador a un receptor sin que se caliente el medio existente entre ambos y aún sin que exista medio material.

Radiador: Elemento emisor de calor utilizado en las instalaciones con circuito de agua.

Recuperación Energética: El uso de residuos para generar energía mediante incineración directa, con o sin otras aportaciones energéticas pero con recuperación de calor.

Reflector: Dispositivo utilizado para modificar la distribución espacial del flujo luminoso de una fuente empleando esencialmente el fenómeno de reflexión.

Reflexión: Proceso de devolución de una radiación por una superficie o un medio, sin modificar la frecuencia de sus componentes monocromáticos.

Reflexión regular: Reflexión que sigue las leyes de la óptica geométrica, sin difusión

Refrigeración: Proceso de tratamiento del aire que controla, al menos, la temperatura máxima de un local.

Rendimiento, eficiencia energética: Es la relación existente entre la energía que requiere un determinado equipo para su funcionamiento y la que realmente transforma en energía útil.

Renovaciones: Relación entre el caudal de aire exterior impulsado al espacio calefactado o acondicionado y el volumen de éste.

Servidores de Red: En una red local, los servidores son los ordenadores encargados de administrar programas y archivos a todos los equipos conectados a ella.

Temperatura de Color: Temperatura en grados absolutos del cuerpo negro que emite una radiación, teniendo el mismo color que la radiación considerada.

Tenue: Adjetivo utilizado para describir niveles bajos de luminosidad.

Termostato: Dispositivo que mide y regula la temperatura de consigna que se ha fijado, encendiendo y apagando automáticamente el aparato o sistema de calefacción o climatización.

Tiempo de encendido: Estando una lámpara de descarga de arco trabajando bajo condiciones especificadas y midiéndose el tiempo desde el momento de aplicación de la tensión, tiempo necesario para que la lámpara desarrolle una descarga de arco eléctricamente estable.

Tipo de Encendido Electromagnético: Tipo de encendido que utilizan las lámparas de descarga para la ionización del gas en su interior. También denominado "reactancia", pudiendo ser del tipo resistivo, inductivo y capacitivo.

Tipo de Encendido Electrónico: Tipo de encendido que utilizan las lámparas de descarga para la ionización del gas en su interior. Este modelo como su nombre indica esta constituido por elementos electrónicos y sus ventajas con respecto al electromagnéticos en cuestión de consumo energético son positivas.

Torre de Refrigeración: equipo donde se consigue el enfriamiento de un caudal de agua por la evaporación de una pequeña proporción del mismo en una corriente de aire.

Transmisión: Paso de una radiación a través de un medio sin cambio de frecuencia de las radiaciones monocromáticas que la componen.

Unidad Central de Procesos (UCP): Es el principal componente de un equipo informático. Se encarga del proceso de datos y de controlar los diferentes dispositivos que conforman el sistema.

Unidad Terminal: Equipo receptor de aire o agua de una instalación centralizada que actúa sobre las condiciones ambientales de una zona acondicionada.

Variador de Frecuencia: equipo electrónico que se acopla a los motores de inducción y regula progresivamente la frecuencia de dicho motor, tanto en carga como en arranque.

Ventilación: Renovación del aire de una estancia o local. Suele denominarse ventilación natural cuando se produce sin accionamiento mecánico. Ventilación forzada Proceso de renovación del aire de un local por medios mecánicos.

Vida (de una lámpara): Tiempo total durante el cual ha estado funcionando una lámpara antes de quedar inservible o se considera como tal según criterios especificados.

Vida a X% de fallos: Para lámparas trabajando bajo condiciones especificadas y juzgando el fin de su vida según criterios definidos, tiempo al final del cual el X% de las lámparas sometidas a un ensayo de vida alcanzan el final de su vida.

Vida media: Para lámparas trabajando bajo condiciones especificadas y juzgando el fin de su vida según criterios definidos, valor medio de la vida de cada lámpara de las sometidas a un ensayo de vida.

7.2 Bibliografía y Fuentes de Información

- Enciclopedia De La Técnica y De La Mecánica.
Dr. Juan J. Maluquer Wahl
Dr. Ing. Industrial
- Aislamiento Acústico y Térmico en la Construcción.
Claude Rougeron
- Gestión y Explotación de Instalaciones de Alumbrado. San Martín, R/Manzano E.R/Albert V:P.
2s Jornades Tecniques sobre energía.
- Catálogo de Lamparas y Equipos 1998/1999. Philips.
- Eficiencia energética en instalaciones de alumbrado publico. I.D.A.E.
- Catálogo de Iluminación Exterior. B.J.C.
- Catálogo de Iluminación del Grupo Indal.
- Artículo de ENERGIA:
"Contaminación luminosa, alumbrado intrusivo y deslumbramiento. Un compromiso entre confort y coste"
"Problemática ambiental en el alumbrado urbano"
- Artículo del Comité Español de Iluminación: "Contaminación luminosa. Control del alumbrado exterior"
- Artículo del Comité Español de Iluminación: "Normativa sobre alumbrado publico". J.I.Urraca.
- Técnicas y Aplicaciones de la Iluminación. EVE.
- Aire Acondicionado (Enciclopedia de la Climatización). Angel Luis Miranda. CEAC.
- Criterios de Diseño para Edificios de Oficinas. Institut Cerdà.
- Fundamentos sobre el Aire Acondicionado. Carrier.
- Manual de Aplicación de Reguladores de Velocidad y Motores de Alto Rendimiento. Programa Revem. Unión Fenosa.

www.osram.es. Fabricante de lámparas.

www.ceisp.com. Comité Español de Iluminación.

www.energuia.es. Legislación, artículos, fabricantes, etc.

www.luz.philips.com. Fabricante de lámparas.

www.energyoffice.org. Organización de Difusión de Medidas de Ahorro Energético.

www.idae.es. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

www.codigotecnico.org. Organismo de Investigación y Desarrollo.

www.enebc.es. Equipo Nacional Español de Bombas de Calor.

www.icerda.es. Instituto de Investigación Cerdá.

www.soluziona.com. Compañía de servicios que agrupa a las empresas de Unión Fenosa dedicadas a las tecnologías de la información, la ingeniería, la energía y el medio ambiente.

www.sigru.com. Área de Consultoría Energética y Eficiencia de Suministros de Soluziona calidad y medio ambiente.

www.siemens.es. Compañía Multinacional de Productos Eléctricos y Electrónicos, etc.

www.energystar.gov. Organización Gubernamental de Certificación de Equipos Ofimáticos.

