

# ESTUDO DE OPTIMIZACIÓN ENERXÉTICA NO SECTOR MUNICIPAL EN GALICIA 2005







<b>1.- INTRODUCCIÓN E OBXECTO DO ESTUDO.....</b>	<b>9</b>
1.1.- INTRODUCCIÓN.....	11
1.2.- CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS.....	11
1.2.1.- Extensión dos concellos.....	12
1.2.2.- A poboación galega.....	13
1.2.3.- Actividade económica dos concellos.....	14
1.2.4.- Servizos prestados polos concellos.....	15
1.2.5.- Dotación orzamentaria dos concellos.....	17
1.3.- CARACTERÍSTICAS XERAIS DO ESTUDO.....	17
<b>2.- ESTRUCTURA DO CONSUMO ENERXÉTICO MUNICIPAL.....</b>	<b>19</b>
2.1.- ESTRUCTURA DO CONSUMO ENERXÉTICO.....	21
2.1.1.- Análise da situación galega por tipoloxía do concello.....	22
2.1.2.- Análise da situación galega por grupos de consumo.....	24
2.2.- CONSUMO ELÉCTRICO.....	30
2.3.- CONSUMO TÉRMICO.....	31
2.4.- CONSUMO COMBUSTIBLES PARA TRANSPORTE.....	32
2.5.- GASTO ENERXÉTICO.....	33
<b>3.- MEDIDAS DE AFORRO E EFICIENCIA ENERXÉTICA.....</b>	<b>37</b>
3.1.- INTRODUCCIÓN.....	39
3.2.- ILUMINACIÓN PÚBLICA.....	40
3.2.1.- Situación actual.....	40
3.2.2.- Fase de deseño.....	42
3.2.3.- Lámpadas e equipos auxiliares.....	48
3.2.4.- Luminarias.....	52
3.2.5.- Medidas de optimización enerxética.....	60
3.2.6.- Tarifas eléctricas.....	68

3.3.- AGRUPACIÓNS ESCOLARES E OUTRAS DEPENDENCIAS MUNICIPAIS.....	81
3.3.1.- Situación actual.....	81
3.3.2.- Iluminación.....	83
3.3.3.- Calefacción.....	98
3.4.- INSTALACIÓNS DEPORTIVAS.....	111
3.4.1.- Situación actual.....	111
3.4.2.- Iluminación.....	111
3.4.3.- Climatización.....	113
3.4.4.- Auga quente sanitaria.....	121
3.4.5.- Medidas de optimización enerxética.....	121
3.5.- VEHÍCULOS MUNICIPAIS.....	133
3.5.1.- Renovación do parque móbil.....	134
3.5.2.- Condución.....	135
3.5.3.- Mantemento.....	137
3.5.4.- Resumo.....	138
<b>4.- INTEGRACIÓN DAS ENERXÍAS RENOVABLES EN MUNICIPIOS...</b>	<b>139</b>
4.1.- INTRODUCCIÓN.....	141
4.2.- TIPOS DE APROVEITAMENTO DA ENERXÍA SOLAR.....	141
4.2.1.- Aproveitamento pasivo.....	141
4.2.2.- Aproveitamento activo.....	142
4.3.- EXEMPLOS DE APLICACIÓNS DE ENERXÍA SOLAR.....	143
4.3.1.- Auga quente sanitaria.....	144
4.3.2.- Climatización de piscinas.....	144
4.3.3.- Calefacción.....	146
4.4.- INSTALACIÓNS TIPO.....	146
4.5.- CUSTOS MEDIOS DAS INSTALACIÓNS. SUBVENCIONES.....	149
4.5.1.- Custos medios das instalacións: captadores planos e tubos de baleiro.....	149

<b>5.- MANTEMENTO DAS INSTALACIÓNS.....</b>	<b>151</b>
5.1.- CONSUMO ENERXÉTICO MUNICIPAL.....	153
5.2.- MANTEMENTO PREVENTIVO E CORRECTIVO.....	153
5.3.- XESTIÓN DE STOCKS E CONTROL ORZAMENTARIO.....	156
5.4.- AUDITORÍAS ENERXÉTICAS.....	157
<b>6.- AXUDAS DA ADMINISTRACIÓN.....</b>	<b>161</b>
6.1.- AXUDAS SOBRE EERR.....	163
6.1.1.- Liña de financiamento ICO-IDAE.....	163
6.1.2.- Liña de axudas da Consellería de Innovación, Industria e Comercio.....	165
6.1.3.- Liña de financiamento do Instituto Enerxético de Galicia.....	166
6.2.- AXUDAS PARA A MELLORA DA EFICIENCIA ENERXÉTICA EN MUNICIPIOS.....	166
6.2.1.- Axudas da Consellería de Innovación, Industria e Comercio.....	166
6.2.2.- Convenio INEGA-BCL.....	167
<b>7.- RESULTADOS DAS AUDITORIAS E CONCLUSIÓNS.....</b>	<b>169</b>
7.1.- INTRODUCCIÓN.....	171
7.2.- CONSUMO E GASTO ENERXÉTICO DO SECTOR.....	171
7.3.- RESULTADOS DAS AUDITORÍAS. AFORROS E INVESTIMENTOS..	174
7.4.-CLASIFICACIÓN DAS MELLORAS PROPOSTAS POR PERÍODO DE RETORNO.....	177

## **ANEXOS:**

**Guía do consumidor cualificado de electricidade**

**Guía do consumidor cualificado de gas natural**

**Acrónimos e siglas**

**Unidades e factores de conversión**

**Bibliografía e agradecementos**

**Catálogo de publicacións**



# INTRODUCCIÓN E OBJECTO DO ESTUDO





# 1.- INTRODUCCIÓN E OBXECTO DO ESTUDO

## 1.1.- Introducción

A medida que a sociedade acada maiores cotas de desenvolvemento, progresivamente aumenta a demanda social de servizos, cada vez máis amplos e de maior calidade. Isto determina que as administracións locais dediquen dotacións orzamentarias cada vez máis importantes á mellora da calidade de vida dos seus cidadáns.

De maneira continua, e ano tras ano, increméntanse os gastos relacionados co consumo enerxético das instalacións (iluminación pública, bombeo de auga, dependencias municipais, servizos en xeral,...) aumentándose, de forma considerable, os problemas surxidos en relación co funcionamento dos sistemas de recente implantación. Todo isto obriga e esixe manter os consumos enerxéticos dentro dunhas marxes controladas. Isto só é viable a través dunha planificación de xestión técnica que avalíe a súa importancia económica e a súa repercusión na redución de custos e o incremento na eficiencia dos servizos.

Co obxecto de mellorar a eficiencia e racionalizar o consumo de enerxía, o Instituto Enerxético de Galicia elaborou o *Plan de Aforro e Eficiencia Enerxética 2002-2006*, co que se pretende que os cidadáns dispoñan da información e coñecementos necesarios que lles permita racionalizar as súas actuacións, diminuindo a dependencia enerxética e valorando as súas consecuencias sobre o ambiente.

Dentro deste plan de aforro enmárcanse actuacións no ámbito municipal encamiñadas á mellora da utilización da enerxía que contribuirán a acadar o obxectivo do *desenvolvemento sostible*.

Un plan de optimización enerxética municipal permitirá a consecución dos obxectivos previamente marcados, proporcionando, por unha parte, as actuacións necesarias para obter o máximo rendemento enerxético con elevadas ratios de rendibilidade e, por outra, as directrices de organización dos servizos que teñen incidencia no gasto enerxético (sistemas de mantemento, planificación de operacións, xestión de compras e stocks,...).

## 1.2.- Características socioeconómicas

As características dos concellos galegos veñen determinadas por distintos factores, como a seguir se detallan:

### 1.2.1.- Extensión dos concellos

Galicia ten unha extensión aproximada duns 29.574 km<sup>2</sup>, dividida en catro provincias e en 315 concellos, dos cales 94 pertencen á provincia da Coruña, 67 á de Lugo, 92 á de Ourense e 62 á de Pontevedra.

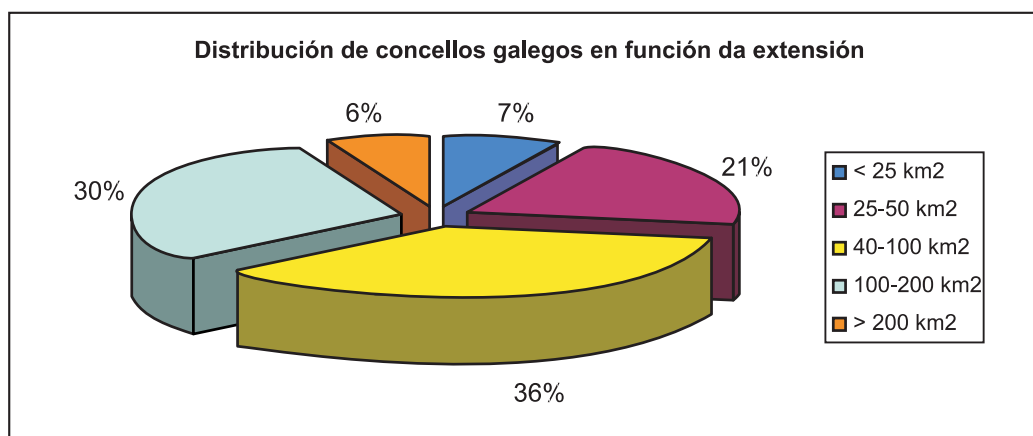
Na táboa seguinte amósase o número de concellos por provincia e a extensión en km<sup>2</sup> de cada provincia.

PROVINCIA	Nº CONCELLOS	TOTAL (km <sup>2</sup> )
A Coruña	94	7.950,4
Lugo	67	9.856,1
Ourense	92	7.273,4
Pontevedra	62	4.494,5
<b>TOTAL</b>	<b>315</b>	<b>29.574,4</b>

Fonte: IGE

As características poboacionais de Galicia amosan unha gran dispersión e heteroxeneidade. O territorio municipal é moi variable, existindo concellos cunha extensión de 2,40 km<sup>2</sup>, como Mondariz-Balneario, na provincia de Pontevedra, que contrastan con outros como A Fonsagrada, en Lugo, cunha extensión de 442,80 km<sup>2</sup>.

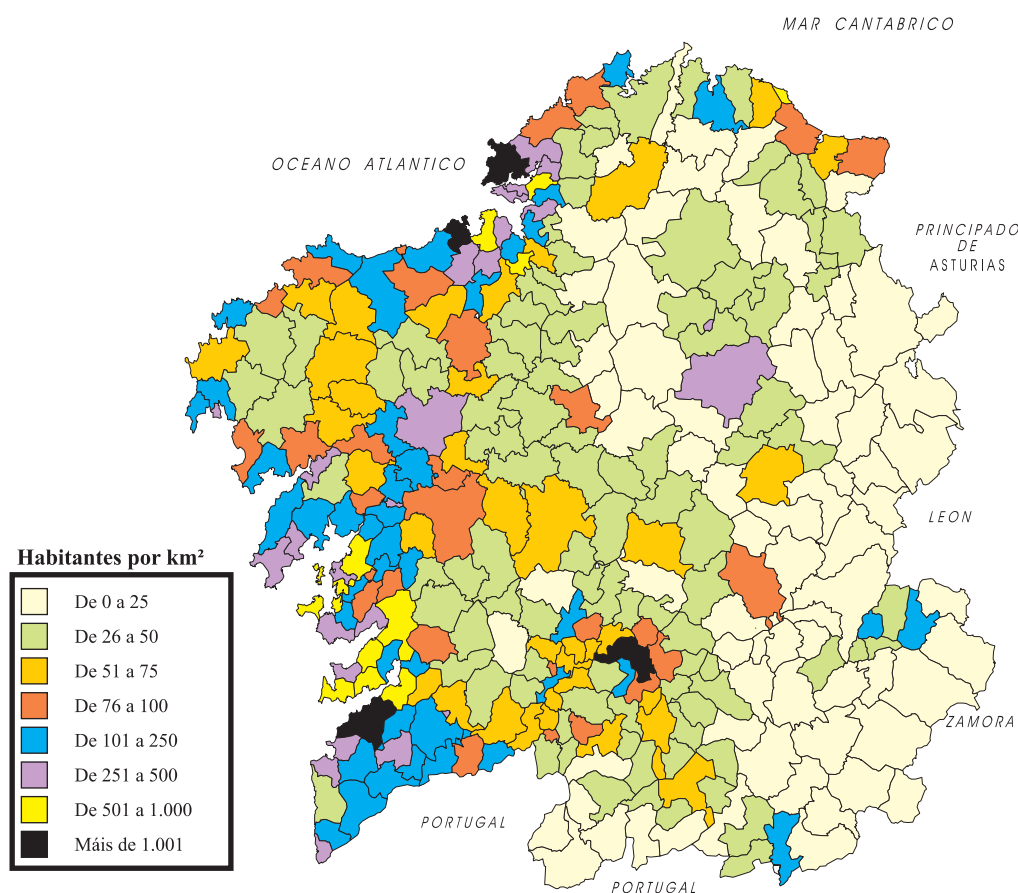
A continuación preséntase a gráfica de distribución dos concellos en función da súa extensión, na cal se pode apreciar que a maior porcentaxe dos concellos galegos (36%) son aqueles cuxa extensión se sitúa entre os 50 e os 100 km<sup>2</sup>.



## 1.2.2.- A poboación galega

A distribución da poboación en Galicia destaca pola súa dispersión. Segundo o Instituto Galego de Estatística, a poboación total galega ascendeu a 2.751.094 habitantes no ano 2003, o que representa o 6,5 % do Estado.

No mapa de densidades que se presenta a continuación pódese destacar a irregularidade da distribución de habitantes, como consecuencia das características territoriais.



Como se pode comprobar, a concentración da poboación sitúase nas provincias costeiras, contrastando coas zonas interiores e, en especial, coas montañas septentrionais e as serras orientais, onde a despoboación supera o 50%. Esta característica está ligada ademais ao maior grao de desenvolvemento económico, favorecido pola conxunción das actividades industriais, pesqueiras e turísticas da zona.

Existen concellos en Galicia nos que a poboación varía desde 259 habitantes, como Negueira de Muñiz, na provincia de Lugo, ata 292.566 habitantes en Vigo, Pontevedra.

A análise da poboación serve como indicador da capacidade de xestión e financiamento dos concellos para o desenvolvemento das competencias que teñen atribuídas.

### 1.2.3.- Actividade económica dos concellos

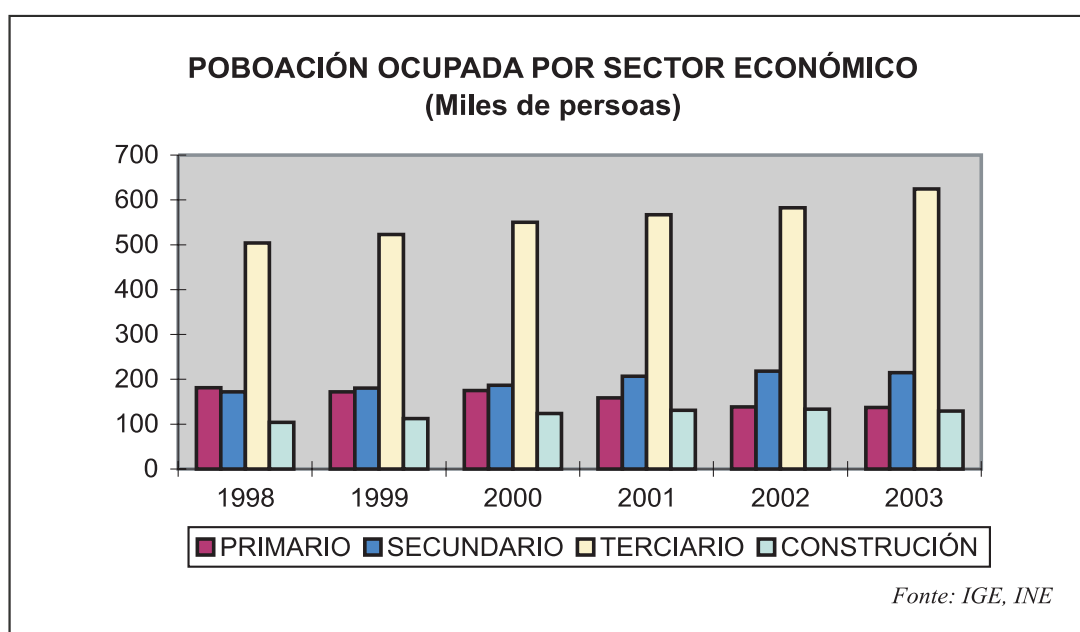
Un dos criterios á hora de analizar o desenvolvemento dunha comunidade é a súa estrutura profesional, diferenciando entre poboación activa e poboación non activa. En Galicia a poboación activa ascende a 1.265.200 habitantes, o que representa o 46% da poboación empadroada nos concellos galegos.

A poboación activa divídese tradicionalmente en tres sectores:

- Primario
- Secundario
- Terciario

Durante o ano 2003 a media de traballadores activos afiliados á Seguridade Social en Galicia ascendeu a uns 947.124, o que supuxo o 75% da poboación activa de Galicia. A medida que diminúe o número de traballadores do sector primario, a favor do secundario e terciario, obsérvase un maior grao de desenvolvemento da comunidade.

O sector primario (agricultura, gandería e pesca) presenta nos últimos anos un descenso da poboación activa, tal e como se amosa a continuación, ao contrario que os sectores secundario e terciario, que presentan un crecemento importante.



Tradicionalmente, as actividades agrícola, gandeira e pesqueira tiveron gran importancia na economía galega, absorbendo na actualidade o 10% da poboación activa de Galicia (136.700 traballadores).

No sector industrial existen importantes actividades nos subsectores agroalimentario, madeireiro, do papel, do granito e a lousa, téxtil, do automóbil, naval, conserveiro...

En Galicia hai establecidas (a 30 de outubro de 2002) un total de 170.914 empresas, das que o 82% están constituídas por traballadores autónomos (sen traballadores asalariados).

#### **1.2.4.- Servizos prestados polos concellos**

Os servizos prestados polos concellos veñen determinados pola Lei reguladora de bases de réxime local. As materias en que a lexislación do Estado ou as comunidades autónomas deben reservar funcións aos concellos son as seguintes:

- Seguridade en lugares públicos.
- Ordenación do tráfico de vehículos e persoas nas vías urbanas.
- Protección civil, prevención e extinción de incendios.
- Ordenación, xestión, execución e disciplina urbanística; promoción e xestión de vivendas; parques e xardíns, pavimentación das vías públicas urbanas e conservación de camiños e vías rurais.
- Patrimonio histórico-artístico.
- Protección do ambiente.
- Abastos, matadoiros, feiras, mercados e defensa dos usuarios e consumidores.
- Protección da saúde pública.
- Participación na xestión da atención primaria da saúde.
- Cemiterios e servizos funerarios.
- Protección dos servizos sociais e de promoción e reinserción social.
- Subministración de auga e iluminación pública; servizos de limpeza viaria, de recollida e tratamento de lixo, sumidoiros e tratamento de augas residuais.
- Transporte público de viaxeiros
- Actividades ou instalacións culturais e deportivas: ocupación de tempo libre; turismo.
- Participar na programación da ensino e cooperar coa Administración educativa na creación, construción e mantemento dos centros docentes públicos, intervenir nos órganos de xestión e participar na vixilancia do cumprimento da escolaridade obrigatoria.

Máis concretamente, na citada lei, no seu artigo 26, establécense uns servizos mínimos que deben prestar os concellos en función da súa poboación.

En xeral, todos os concellos, independentemente do número de habitantes, deberán prestar os seguintes servizos:

- Iluminación pública.
- Cemiterio.
- Recollida de lixo.
- Limpeza viaria.
- Abastecemento domiciliario de auga potable.
- Sumidoiro.
- Acceso aos núcleos de poboación.
- Pavimentación das vías públicas.
- Control de alimentos e bebidas.

Nos concellos de máis de 5.000 habitantes, ademais, deberán prestar:

- Parque público.
- Biblioteca pública.
- Mercado.
- Tratamento de residuos.

Nos concellos con poboación superior a 20.000 habitantes, deberán, así mesmo, proporcionar:

- Protección civil.
- Prestación de servizos sociais.
- Prevención e extinción de incendios.
- Instalacións deportivas de uso público.

Por último, aqueles que contan con máis de 50.000 habitantes, ademais:

- Transporte colectivo urbano de viaxeiros.
- Protección do ambiente.

### 1.2.5.- Dotación orzamentaria dos concellos

O modelo das facendas locais, que se desenvolveu na Lei 39/1988 e en concreto no seu artigo 148, encoméndalle ao Ministerio de Economía o establecemento da estrutura orzamentaria das corporacións locais.

Os concellos galegos dispuxeron durante o ano 2002 dun orzamento aproximado duns 1.443.051.249 €, o que supuxo un orzamento medio por habitante de 527,17 €/ano.

Na seguinte táboa pódese apreciar a distribución do orzamento municipal por provincia (datos de 2002).

PROVINCIA	ORZAMENTO MUNICIPAL (€)	POBOACIÓN (hab.)	€/hab.
A CORUÑA	632.837.410	1.111.886	569,16
LUGO	199.657.488	361.783	551,87
OURENSE	173.615.505	343.768	505,04
PONTEVEDRA	436.940.846	919.934	474,97
<b>TOTAL</b>	<b>1.443.051.249</b>	<b>2.737.371</b>	<b>527,17</b>

### 1.3.- Características xerais do estudo

Para a elaboración do presente estudo sectorial optouse pola realización de auditorías enerxéticas nunha mostra representativa de 21 municipios, de tal xeito que os resultados acadados e as medidas de mellora propostas poidan servir como modelo ao resto dos concellos galegos. Os criterios de selección da mostra foron os seguintes:

- *Poboacional*: o nivel poboacional determina en gran medida a prestación de servizos que debe asumir unha entidade local, polo que, consecuentemente, os custos enerxéticos municipais dependerán en gran medida deste factor.

De acordo con este criterio e para a exposición de resultados, os municipios dividíronse nos seguintes grupos:

- Grupo a: habitantes > 100.001
- Grupo b: 50.001 < habitantes <100.000



- Grupo c: 20.001 < habitantes <50.000
  - Grupo d: 5.001 < habitantes <20.000
  - Grupo e: habitantes < 5.000
- *Xeográfico*: como se comentou con anterioridade, dentro das características xerais dos municipios galegos destaca a súa elevada dispersión poboacional. Deste xeito, a maior parte da poboación concéntrase nas zonas costeiras das provincias da Coruña e Pontevedra, mentres que as provincias de Lugo e Ourense se encontran máis despoboadas. Isto repercute de maneira moi notable no desenvolvemento socioeconómico das diferentes poboacións, polo que se considera un criterio diferenciador a ter en conta.

A mostra supón o 7% sobre o total de concellos galegos, representando, no ámbito provincial, o 10,6%, 4,5%, 3,% e 8,1% do total de concellos das provincias da Coruña, Lugo, Ourense, e Pontevedra, respectivamente.

Realizando unha clasificación en función das diferentes franxas poboacionais (grupos a,b,c,d,e) a mostra representa un total do 3% de concellos do grupo e (menos de 5.000 habitantes), un 9% do grupo d (concello cun número de habitantes entre 5.001 e 20.000), un 18% do grupo c (concello cun número de habitantes entre 20.001 e 50.000) e un 50% e 67% dos grupos b e a, respectivamente.

Por outra banda, tendo en conta o número de habitantes, a mostra representa o 26% do total da poboación galega, e o 16%, 28%, 33% e 35% da poboación das provincias da Coruña, Lugo, Ourense e Pontevedra, respectivamente.

# ESTRUTURA DO CONSUMO ENERXÉTICO MUNICIPAL

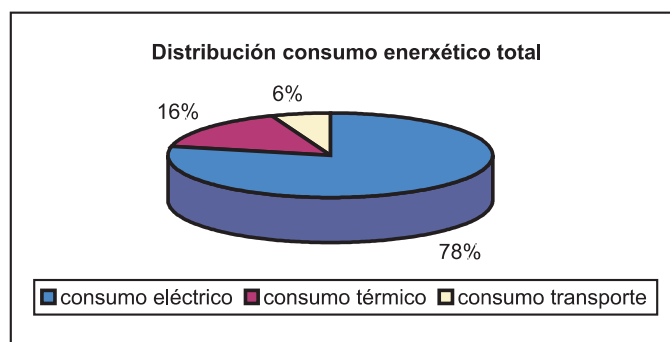


## 2-ESTRUTURA DO CONSUMO ENERXÉTICO MUNICIPAL

### 2.1.- Estrutura do consumo enerxético

Neste apartado realízase unha análise das principais características dos consumos enerxéticos e dos custos asociados a eles no sector municipal. Por outra banda, preténdese determinar o peso do custo da enerxía na estrutura dos custos municipais, así como analizar a importancia dos orzamentos recomendados nas medidas de aforro de enerxía en relación ao orzamento municipal.

O consumo medio de enerxía nos concellos analizados ascende a un total de 12.839 tep/ano, do cal o 78 % corresponde ao consumo de enerxía eléctrica, o 16 % a enerxía térmica e o 6% ao consumo de combustibles para o transporte, tal e como queda reflectido na seguinte gráfica:



Fonte: INEGA

Tendo en conta a representatividade da mostra auditada, estímase que o consumo enerxético nos concellos galegos ascende a un total de 721.330 MWh/ano, o que supón 62.034 tep/ano, correspondendo 48.387 tep/ano ao consumo de enerxía eléctrica, 9.925 tep/ano ao consumo de enerxía térmica e 3.722 tep/ano ao consumo de combustibles para o transporte. O consumo enerxético final en Galicia no ano 2003 ascendeu a 5.850 ktep, supoñendo unha diminución con respecto ao ano anterior dun 0,3%. Polo tanto, o sector municipal representa o 1,1% do consumo de enerxía total de Galicia.

Por outra banda, utilizando como indicador a **intensidade enerxética** expresada en kWh/habitante e ano (kWh/hab\*ano) o resultado medio para os concellos galegos ascende a un total de 262 kWh/hab\*ano. Agora ben, este valor obtense como resultado medio considerando as características da mostra auditada, variando en función das diferentes particularidades e características dos concellos.

### 2.1.1.- Análise da situación galega actual por tipoloxía do concello

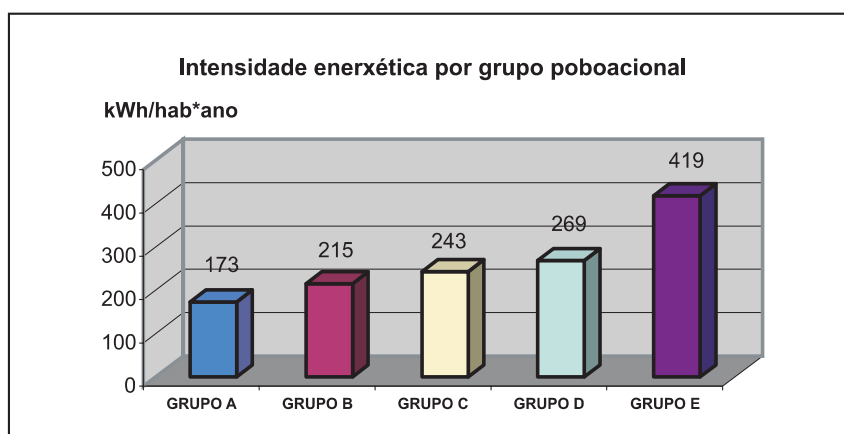
O consumo de enerxía nos concellos galegos varía significativamente en función da poboación existente, desde 419 kWh/hab\*ano para os concellos que contan cun censo inferior a 5.000 habitantes ata 173 kWh/hab\*ano para os que superan os 100.000 habitantes.

Estas diferenzas poden verse reflectidas na seguinte táboa, na cal se amosa a distribución do **consumo enerxético** dos concellos galegos, estimado a partir dos resultados da mostra, en función do grupo poboacional a que pertenza.

HABITANTES	CONSUMO ANUAL (MWh/ano)	POBOACIÓN (hab.)	kWh/hab*ano
Hab. > 100.001	111.389	643.505	173
50.001 < Hab. < 100. 000	72.889	338.298	215
20.001 < Hab. < 50. 000	95.152	391.011	243
5.001 < Hab. < 20. 000	244.043	907.909	269
Hab. < 5.000	197.857	472.228	419
<b>TOTAL</b>	<b>721.330</b>	<b>2.752.951</b>	<b>262</b>

Fonte: IGE, INEGA

Deste xeito, obsérvase que as ratios de consumo de enerxía en función do grupo poboacional decrecen canto maior sexa o rango de poboación.



Fonte: INEGA

Onde:

GRUPO A: Concellos con habitantes > 100.001

GRUPO B: Concellos con 50.001 < Hab. < 100. 000

GRUPO C: Concellos con 20.001 < Hab. < 50. 000

GRUPO D: Concellos con 5.001 < Hab. < 20. 000

GRUPO E: Concellos con Hab. < 5.000

Realizando a mesma distribución do consumo por provincias obtéñense os resultados que se amosan na seguinte táboa:

PROVINCIA	Nº CONCELLOS	CONSUMO ENERXÉTICO TOTAL (tep/ano)	Habitantes	tep/hab*ano
A Coruña	94	24.046	1.120.259	0,021
Lugo	67	9.724	360.052	0,027
Ourense	92	8.917	341.709	0,026
Pontevedra	62	19.347	930.931	0,021
<b>TOTAL</b>	<b>315</b>	<b>62.034</b>	<b>2.752.951</b>	<b>0,022</b>

Fonte: IGE, INEGA

Como pode observarse, o consumo enerxético total dos concellos galegos ascende a 62.034 tep/ano, o que supón un consumo enerxético medio por concello de 197 tep/ano e por habitante 262 kWh/hab\*ano (0,022 tep/hab\*ano), aínda que existen bastantes diferenzas, posto que, como pode comprobarse na táboa anterior, o maior consumo de enerxía encóntrase nos concellos das provincias da Coruña e Pontevedra, debido á maior concentración poboacional nelas, chegando a existir diferenzas de ata un 60% superior, como nos casos da provincia de Lugo e da Coruña. Isto débese maioritariamente a que a poboación total da provincia da Coruña supera en tres veces a da provincia de Lugo.

Tamén inflúe nestas diferenzas a prestación de servizos mínimos que ten que dar un concello. Deste xeito, en municipios de pequena poboación a iluminación pública, que representa a maior porcentaxe, pode repercutir nuns índices de consumo por habitante significativamente máis altos que os correspondentes aos concellos de maior poboación.

## 2.1.2.- Análise da situación por grupos de consumo

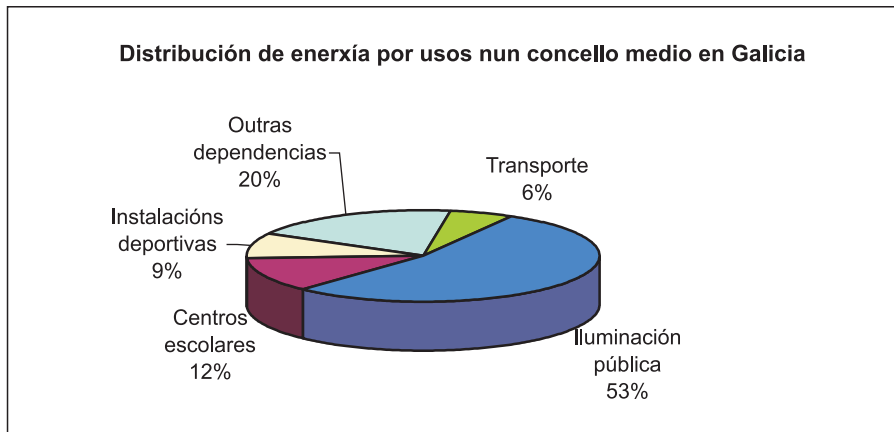
As competencias dos concellos quedan perfectamente definidas segundo a Lei 7/1985, de 2 de abril, reguladora das bases do réxime local, en función do número de habitantes. Na dita lei establécense os servizos mínimos que deben prestar os concellos e que se especifican a continuación:

- *Servizos mínimos que deben prestar todos os concellos:*  
Iluminación pública, cemiterio, pavimentación das vías públicas, servizos de recollida de residuos, rede de sumidoiros, abastecemento de auga potable a domicilio, limpeza da vía pública e control de alimentos e bebidas.
- *Servizos mínimos que deben prestar os concellos con máis de 5.000 habitantes:*  
Mercados, tratamento de residuos, recollida selectiva, parques públicos e biblioteca pública.
- *Servizos mínimos que deben prestar os concellos con máis de 20.000 habitantes:*  
Prestación de servizos sociais, instalacións deportivas de uso público, protección civil, prevención e extinción de incendios e matadoiros.
- *Servizos mínimos que deben prestar os concellos con máis de 50.000 habitantes:*  
Transporte público e protección do ambiente.

Posto que os servizos prestados polos concellos difiren en función da poboación e tendo en conta o peso no consumo de enerxía que cada un supón para o total municipal, para poder establecer unha comparativa, realízase unha clasificación do consumo de enerxía nos concellos atendendo aos seguintes apartados: iluminación pública; agrupacións escolares; instalacións deportivas; consumo en transporte e outras dependencias municipais. Nesta última englobanse dependencias de diversa natureza como a casa consistorial, centros socioculturais, bibliotecas, xulgados, etc.

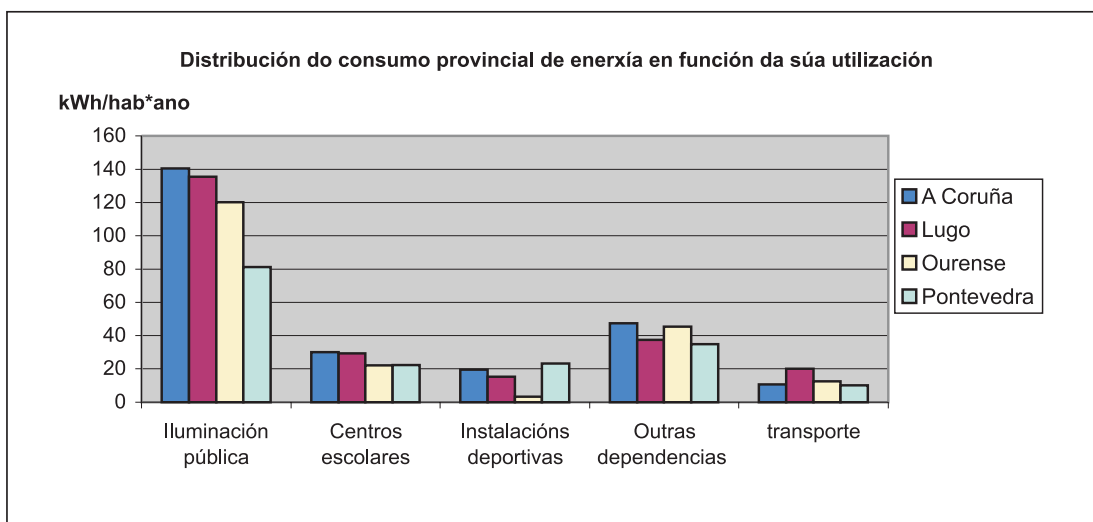
Neste apartado analizaranse os resultados obtidos nos concellos auditados, que poderán servir de análise para os municipios de características semellantes.

A distribución do consumo enerxético por usos para a media mostral estudada amosa que o 54% da enerxía que se consome nun concello se realiza para abastecer o uso en iluminación pública. Esta distribución amósase na seguinte gráfica:



Fonte: INEGA

Na gráfica seguinte amósase a distribución do consumo provincial de enerxía atendendo a cada un dos usos: iluminación pública, centros educativos, instalacións deportivas, outras dependencias e o consumo en transporte.



Fonte: INEGA

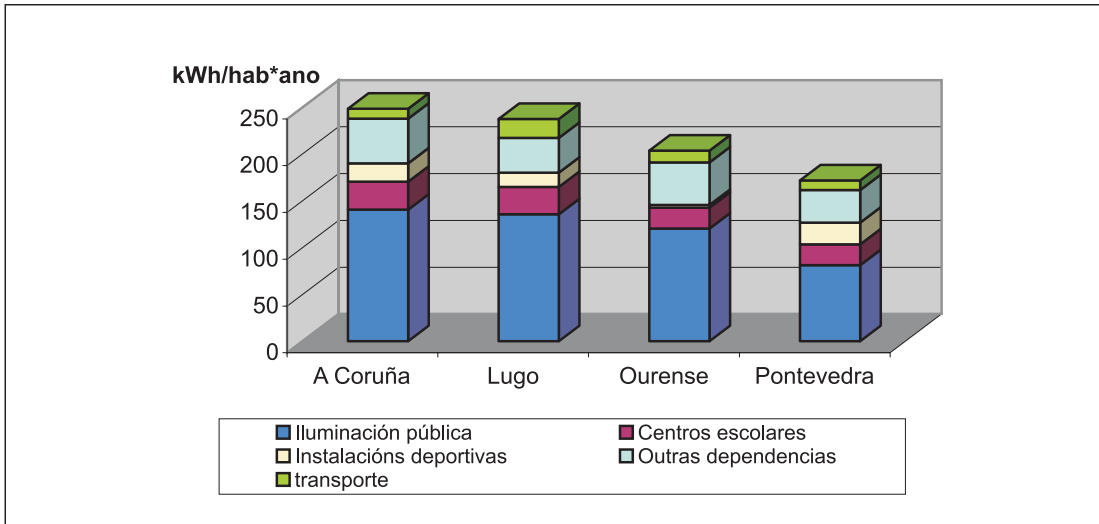
O consumo enerxético por habitante en iluminación pública é maior no caso da provincia da Coruña que no resto de Galicia, chegando a acadar diferenzas de ata 60 kWh/hab\*ano, se se compara coa provincia de Pontevedra, onde o consumo por habitante en iluminación pública, nos concellos da mostra, é a menor.

Por outra banda, o consumo enerxético por habitante en centros escolares e outras dependencias é moi similar nos concellos das catro provincias galegas, ben que en instalacións deportivas se encontran diferenzas significativas na provincia de Ourense con respecto ás outras tres provincias galegas. Estas diferenzas chegan a acadar os 20 kWh/hab\*ano (comparando os concellos de Ourense cos de Pontevedra) e son debidas a



que gran parte dos concellos de Ourense son concellos pequenos (de menos de 5.000 habitantes) con instalacións deportivas reducidas.

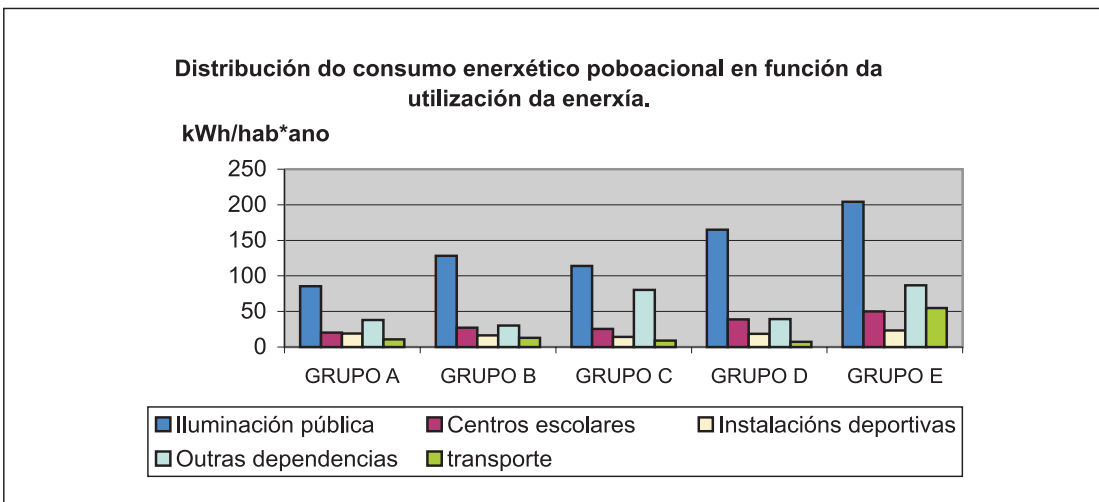
Tendo en conta a distribución por usos nos concellos en cada provincia obtéñense os seguintes resultados:



Fonte: INEGA

Os concellos da Coruña e Lugo da mostra auditada son os que máis consumo de enerxía presentan en termos globais. Por usos, a enerxía dedicada a iluminación pública é a que representa a maior porcentaxe de consumo.

Realizando esta mesma comparación en función dos grupos poboacionais, obtense a seguinte gráfica:



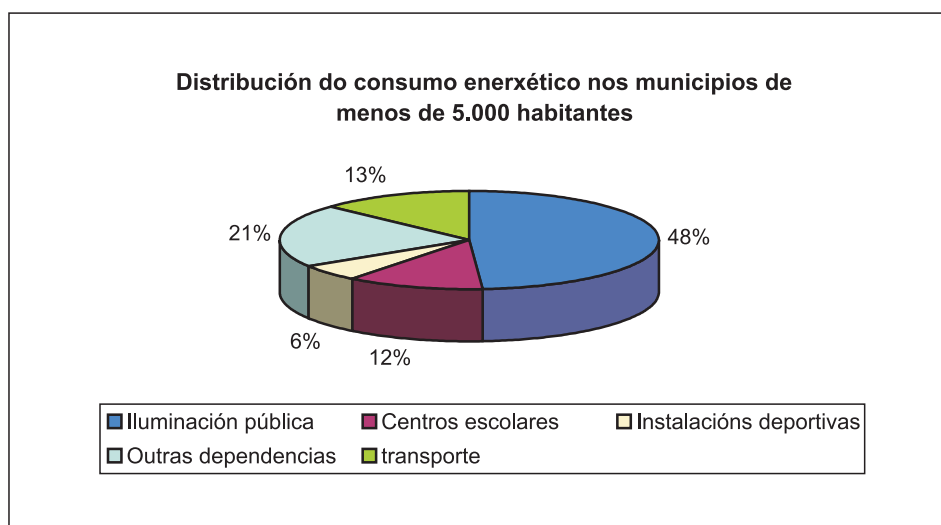
Fonte: INEGA

Neste caso, obsérvase que en todos os grupos poboacionais o maior consumo por habitante se realiza para satisfacer o servizo en iluminación pública, seguido do consumo noutras dependencias, que englobaría o consumo en: casas consistoriais, bibliotecas, museos, matadoiros, etc.

Para a iluminación pública obsérvase que o maior consumo por habitante se obtén nos concellos de menos de 20.000 (grupos E, D), chegando a acadar nestes casos un consumo por habitante de máis de 200 kWh/hab\*ano, valor moi diferente ao que se obtén para o grupo A (concellos de máis de 100.000 habitantes), no cal o consumo en iluminación pública se reduce a 85 kWh/hab\*ano.

A continuación analízase con máis detalle a distribución do consumo de enerxía en cada un destes grupos poboacionais.

#### **Distribución do consumo enerxético nos municipios de menos de 5.000 habitantes:**



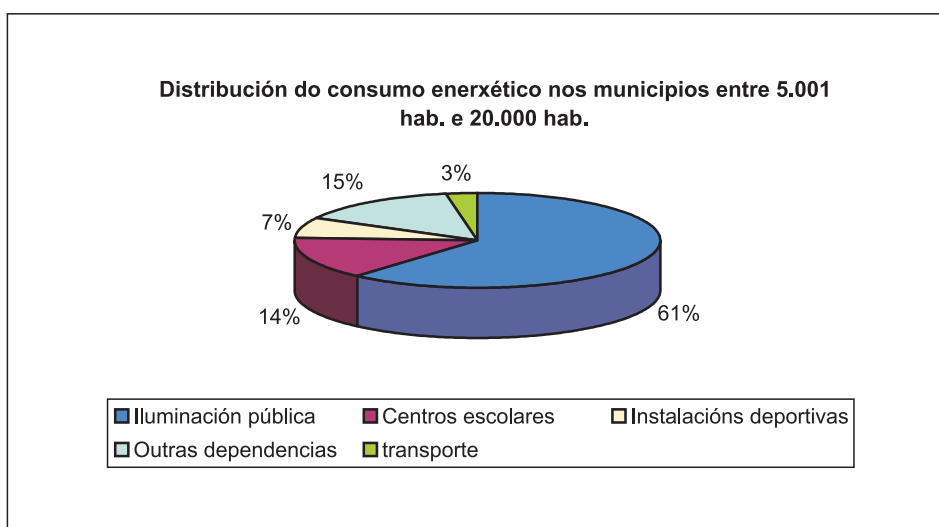
Fonte: INEGA

Como se observa na gráfica, case o 50% do consumo enerxético nos concellos deste grupo poboacional se refire á iluminación pública, seguido do consumo de enerxía noutras dependencias, que supón o 21% do total. Destaca o consumo en transporte, un punto maior ao de centros escolares. O menor consumo nestes casos obtense nas instalacións deportivas, debido a que moitos destes concellos non contan con este tipo de instalacións.

### **Distribución do consumo enerxético nos municipios de máis de 5.001 habitantes e menos de 20.000.**

Neste caso, o consumo en iluminación pública é porcentualmente máis elevado que no caso anterior, supoñendo un 61% do consumo total de enerxía. Séguese en orde de importancia o consumo noutras dependencias (15%), moi semellante ao consumo en centros escolares (14%). En instalacións deportivas a porcentaxe do consumo de enerxía con respecto ao total supón un 7% e no caso do transporte diminúe considerablemente con respecto aos concellos do grupo E, ata un 3%.

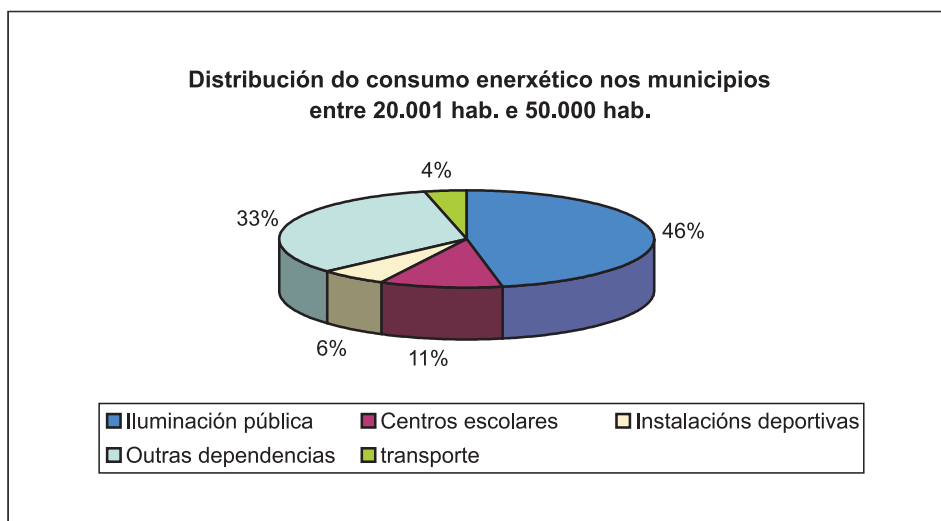
A distribución do consumo total neste grupo poboacional amósase na seguinte gráfica:



Fonte: INEGA

### **Distribución do consumo enerxético nos municipios de máis de 20.001 habitantes e menos de 50.000.**

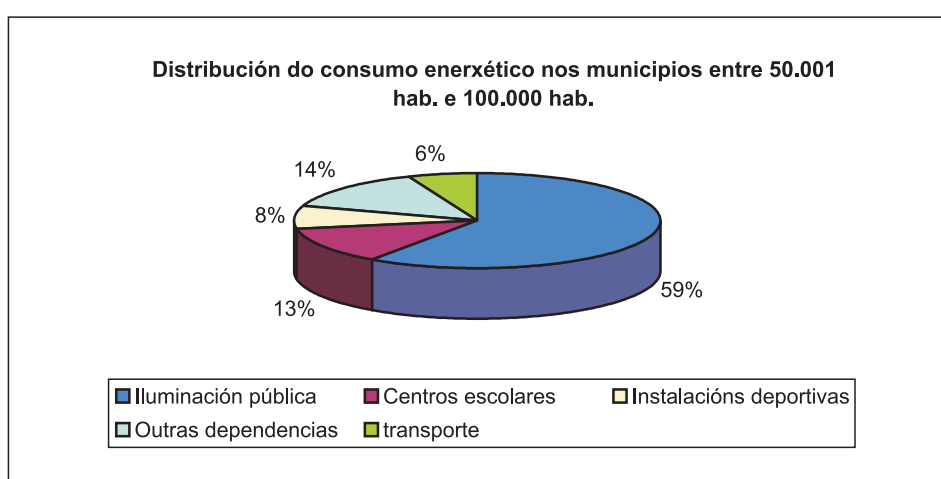
No caso dos municipios que pertencen a este grupo obsérvase que a porcentaxe do consumo en iluminación pública por habitante descende en orde de importancia con respecto ás anteriores, aínda que segue a ser o servizo que consome máis enerxía, supoñendo un 46% respecto ao total. Seguidamente, o consumo noutras dependencias adquire máis importancia, chegando a acadar un 33% do consumo total. Isto pode ser debido en parte a que nestes municipios aumentan os servizos que se inclúen nesta categoría (bibliotecas, centros de ocio, etc.). Por outra parte, o consumo en centros escolares e instalacións deportivas supón o 11% e o 6%, respectivamente. Finalmente, o consumo en combustibles para transporte sitúase nun 4% do consumo total.



*Fonte: INEGA*

**Distribución do consumo enerxético nos municipios de máis de 50.001 habitantes e menos de 100.000.**

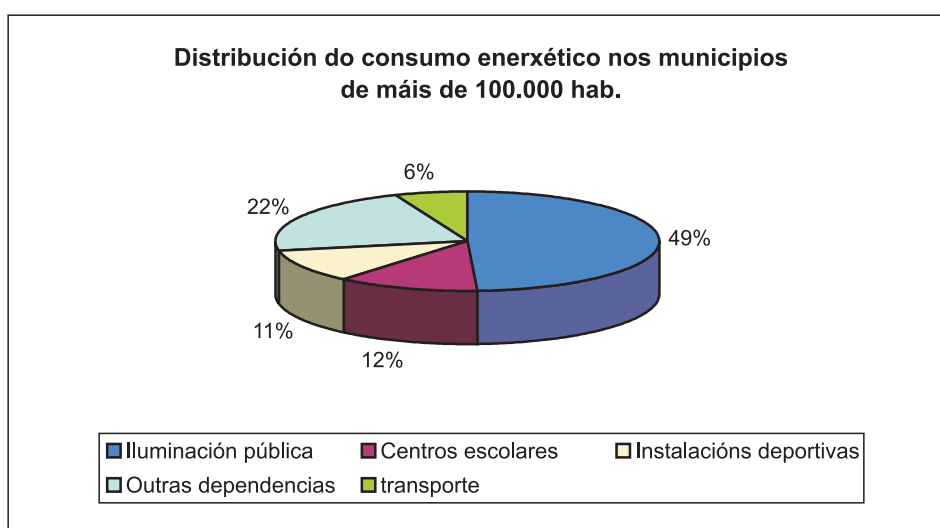
Igual ca nos casos anteriores, neste grupo, o maior consumo de enerxía refírese ao servizo de iluminación pública (un 59% do total), seguido do consumo noutras dependencias (14%) e en centros escolares (13%). Neste caso o consumo en instalacións deportivas ten un peso maior no total que nos casos anteriores, chegando a representar un 8% do total. No caso do consumo para transporte a porcentaxe sitúase no 6%, lixeiramente inferior á media galega.



*Fonte: INEGA*

### Distribución do consumo enerxético nos municipios de 100.000 habitantes.

Por último, no caso dos municipios de máis de 100.000 habitantes, o consumo está máis equilibrado, se ben o principal segue sendo o consumo en iluminación pública (49% do total). Ten maior representatividade con respecto ao total o consumo de enerxía noutras dependencias (22%) e o consumo en centros escolares e instalacións deportivas están case igualados cun 12% e 11% repectivamente, tal e como se reflicte na seguinte gráfica. O consumo en transporte acada o 6% do total do municipio.

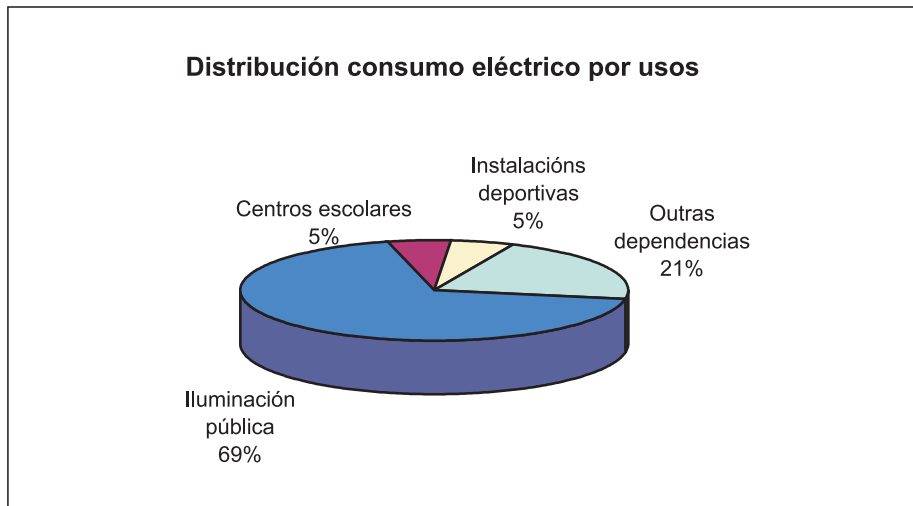


Fonte: INEGA

## **2.2.- Consumo eléctrico**

A maior parte do consumo de enerxía dun concello corresponde ao consumo de enerxía eléctrica mentres que o consumo de enerxía térmica se realiza soamente en determinadas dependencias municipais.

Este consumo eléctrico realízase fundamentalmente no apartado de iluminación pública, supoñendo o 69% do consumo eléctrico total. A continuación amósase a distribución de enerxía nun concello medio da mostra auditada.



*Fonte: INEGA*

Como indicador da intensidade enerxética na iluminación pública utilízase o consumo de enerxía eléctrica, expresado en kWh, por habitante e ano. A continuación, reflíctese na seguinte táboa o valor deste indicador en función da provincia a que pertence o concello, detallando a dependencia municipal obxecto do consumo.

	Iluminación pública (kWh/hab*ano)	Centros escolares (kWh/hab*ano)	Instalacións deportivas (kWh/hab*ano)	Otras dependencias (kWh/hab*ano)	TOTAL (kWh/hab*ano)
A Coruña	141	9	10	38	197
Lugo	135	7	12	30	185
Ourense	120	4	2	42	168
Pontevedra	81	11	9	30	131
<b>MEDIA</b>	<b>110</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>34</b>	<b>161</b>

Como se pode comprobar, o consumo en iluminación pública é o maior consumo por habitante para calquera concello de Galicia, obténdose diferenzas moi importantes con respecto ao resto de utilizacións da electricidade. En función das provincias, a intensidade enerxética é maior nos concellos auditados da provincia da Coruña, cunha media de consumo eléctrico de 197 kWh/hab\*ano, seguidos da provincia de Lugo, con 185 kWh/hab\*ano, e das provincias de Ourense e Pontevedra, con 168 kWh/hab\*ano e 131 kWh/hab\*ano, respectivamente.

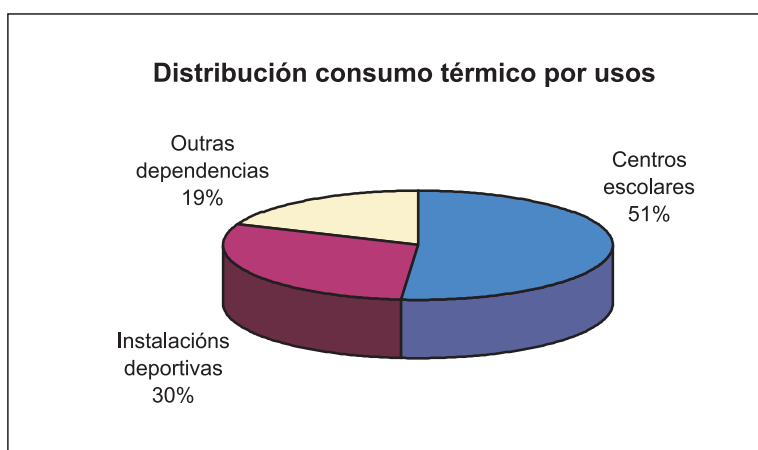
Realizando esta mesma comparativa para os grupos poboacionais obtéñense os seguintes resultados:

	Iluminación pública (kWh/hab*ano)	Centros escolares (kWh/hab*ano)	Instalacións deportivas (kWh/hab*ano)	Outras dependencias (kWh/hab*ano)	Total (kWh/hab*ano)
GRUPO A	85	9	7	34	135
GRUPO B	129	7	13	25	173
GRUPO C	114	10	1	76	202
GRUPO D	165	10	7	22	205
GRUPO E	204	11	21	66	302
<b>MEDIA</b>	<b>110</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>34</b>	<b>161</b>

Neste caso, obsérvase que o maior consumo de enerxía eléctrica por habitante se obtén para aqueles concellos que contan con menos de 5.000 habitantes (grupo E), e diminúe conforme aumentan os habitantes no concello, ata o mínimo, que se obtén naqueles concellos de máis de 100.000 habitantes (grupo A), cun total de 135 kWh/hab\*ano.

### 2.3.- Consumo térmico

O consumo en combustibles para xerar enerxía térmica utilízase fundamentalmente en centros escolares e instalacións deportivas, tal e como se reflicte na táboa gráfica:



Fonte: INEGA

	Centros escolares (kWh/hab*ano)	Instalacións deportivas (kWh/hab*ano)	Outras dependencias (kWh/hab*ano)	TOTAL (kWh/hab*ano)
A Coruña	21	9	10	40
Lugo	22	3	7	32
Ourense	19	1	3	23
Pontevedra	12	15	5	31
<b>MEDIA</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>32</b>

Por provincias, A Coruña e Lugo contan cos concellos nos que se presenta un maior consumo térmico, por enriba da media galega. En todos eles o consumo en centros escolares supera o consumo noutros usos, exceptuando os concellos da provincia de Pontevedra, onde o consumo en instalacións deportivas supera todos os demais.

Realizando a mesma clasificación en función da poboación dos concellos, obtéñense os seguintes resultados:

	Centros escolares (kWh/hab*ano)	Instalacións deportivas (kWh/hab*ano)	Outras dependencias (kWh/hab*ano)	TOTAL (kWh/hab*ano)
GRUPO A	11	12	4	27
GRUPO B	20	3	6	29
GRUPO C	15	13	4	32
GRUPO D	29	11	17	57
GRUPO E	39	2	20	62
<b>MEDIA</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>32</b>

Neste caso compróbase que os centros escolares, naqueles concellos dos grupo A (máis de 100.001 habitantes) e C (entre 20.001 e 50.000 habitantes) da mostra, contan cun consumo específico por habitante inferior á media galega. No caso das instalacións deportivas, o grupo B (entre 50.001 habitantes e 100.000 habitantes) e E contan cun consumo moi inferior ao da media en Galicia. No apartado de “outras dependencias” destacan polo gran consumo específico os concellos de menos de 20.000 habitantes.

Tendo en conta os combustibles utilizados nos concellos da mostra, máis do 80% do consumo térmico realízase mediante combustión de gasóleo en caldeiras, aínda que é certo que gran parte do consumo para usos térmicos (sobre todo en piscinas) se abastece por medio de bombas de calor que utilizan a enerxía eléctrica, polo que parte da electricidade dalgúns concellos se utiliza para usos térmicos (quentar auga, aire, etc.).

## 2.4.- Consumo combustibles para transporte

A distribución provincial do consumo en combustibles que se utilizan para transporte varía lixeiramente en función da provincia, destacando por enriba da media a provincia de Lugo.

	Transporte (kWh/hab*ano)
A Coruña	11
Lugo	20
Ourense	12
Pontevedra	10
<b>MEDIA</b>	<b>12</b>

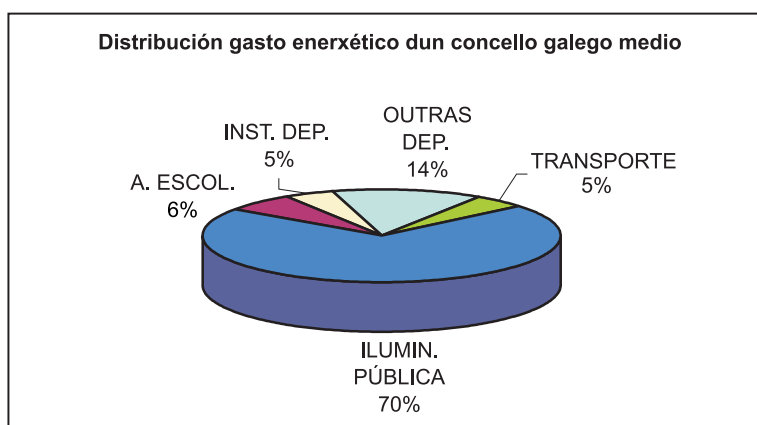


En función do grupo poboacional, destaca en gran medida o consumo por habitante no grupo E (concellos de menos de 5.000 habitantes), que supera en gran medida a media da mostra. A distribución do consumo en transporte por habitante e ano en función deste criterio poboacional amósase a continuación:

	Transporte (kWh/hab*ano)
GRUPO A	11
GRUPO B	13
GRUPO C	9
GRUPO D	7
GRUPO E	55
<b>MEDIA</b>	<b>12</b>

## 2.5.- Gasto enerxético

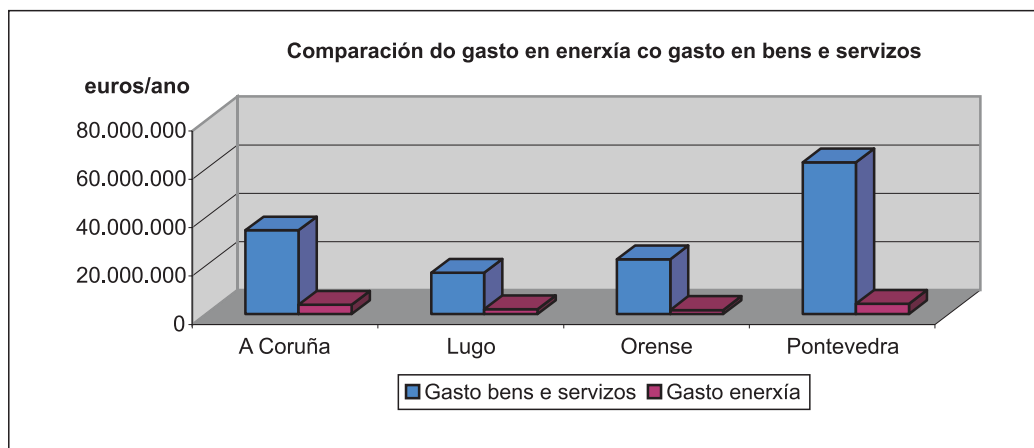
O gasto en enerxía dos concellos auditados ascende a 11,8 M€, o que supón un 8,5 % do gasto en bens e servizos.



*Fonte: INEGA*

Como se pode comprobar na gráfica anterior, o maior gasto en materia de enerxía nun concello galego medio realízase no apartado de iluminación pública (70% do total), sendo esta partida, por outro lado, a de maior consumo de enerxía. En segundo lugar encóntrase o apartado de “outras dependencias”, onde se contabiliza o gasto en electricidade e combustibles para dependencias tipo casa consistorial, centros de saúde, centros de ocio, etc. En terceiro lugar, o gasto enerxético en agrupacións escolares supón un 6%, seguido do transporte e das instalacións deportivas cun 5% respectivamente.

Desagregando estes datos en función da provincia e tendo en conta o gasto en función dos habitantes obtéñense os seguintes resultados:



*Fonte: IGE, Consello de Contas, INEGA*

Da mostra auditada, os concellos que máis gasto enerxético realizan son os da provincia de Lugo e A Coruña, nos cales o gasto enerxético supón un 12% e 11% do gasto en bens e servizos, respectivamente, superando a media galega.

Tendo en conta este gasto total por habitante, pódese comprobar que os concellos de Ourense son os que realizan o maior gasto por habitante, superando a media galega, xunto cos concellos de Pontevedra.

	Gasto bens e servizos (€/hab*ano)	Gasto enerxía (€/hab*ano)	%
<b>A Coruña</b>	188	21	11,2
<b>Lugo</b>	169	20	11,8
<b>Ourense</b>	199	15	7,5
<b>Pontevedra</b>	191	13	6,8
<b>MEDIA</b>	<b>188</b>	<b>16</b>	<b>8,5</b>

Atendendo á clasificación dos concellos por número de habitantes, o gasto en enerxía dos concellos de menos de 5.000 habitantes é o maior de todos os grupos poboacionais, seguido dos concellos de menos de 50.000 habitantes.

O menor gasto en enerxía por habitante prodúcese naqueles concellos que contan con máis de 100.000 hab. (grupo A), supoñendo 13 €/hab\*ano, un 6,7% do gasto en bens e servizos. O resto de grupos superan a media da mostra, 16 €/hab\*ano, un 8,5% do total no gasto de bens e servizos, tal e como se reflicte na táboa seguinte.

	Gasto en bens e servizos (€/hab*ano)	Gasto enerxía (€/hab*ano)	%
GRUPO A	194	13	6,7
GRUPO B	199	19	9,5
GRUPO C	152	21	13,8
GRUPO D	164	21	12,8
GRUPO E	156	33	21,1
<b>MEDIA</b>	<b>188</b>	<b>16</b>	<b>8,5</b>



# MEDIDAS DE AFORRO E EFICIENCIA ENERXÉTICA



## 3.- MEDIDAS DE AFORRO E EFICIENCIA ENERXÉTICA EN CONCELLOS

### 3.1.- Introducción

O consumo de enerxía dos concellos galegos aumenta ano tras ano debido, principalmente, ao desenvolvemento e ampliación dos servizos públicos prestados. Por isto, un dos obxectivos prioritarios dentro da xestión municipal é o relativo á redución e control do gasto enerxético, necesario para manter o consumo en valores razoables, sen minguar a calidade do servizo prestado.

Para isto, unha vez establecidas as ratios de consumo, deberanse analizar as posibilidades de aforro e eficiencia enerxética existentes para, posteriormente, determinar o investimento que se precisa e establecer as prioridades de actuación.

Posto que os servizos prestados polos concellos son diversos, como xa se comentou con anterioridade, no presente estudo analízase a situación particular en cada un dos casos, diferenciando deste xeito os seguintes apartados:

- a) Iluminación pública
- b) Agrupacións escolares e outras dependencias municipais
- c) Instalacións deportivas



Foto: Casa consistorial

Dentro de cada apartado diferenciaranse tres niveis de actuación, que serán:

- Medidas que, con pequeno ou nulo investimento, supoñan aforros inmediatos e significativos.
- Medidas que supoñan aforros importantes e requiran investimentos con prazos de amortización razoables.
- Medidas aconsellables para a mellora da eficiencia enerxética, pero de longa amortización.

## 3.2.- Iluminación pública

A iluminación pública é o maior grupo de consumo de enerxía eléctrica (54% do total), o que implica un custo elevado neste campo (70% do gasto total en enerxía) polo que todos os concellos necesitan realizar unha boa xestión. Por outra banda, a demanda dos cidadáns require das corporacións locais unha atención especial a este servizo.

Diferentes estudos realizados neste campo confirman que o nivel de seguridade nas vías públicas aumenta considerablemente cun correcto dimensionamento dos sistemas de iluminación. Segundo datos da Comisión Internacional de Iluminación (CIE), a iluminación das vías de tráfico rodado reduce o número total de accidentes nun 30% durante as horas nocturnas.

Neste apartado realízase unha análise da situación actual e propónse unha serie de medidas de optimización enerxética, tendo sempre en conta as regulamentacións e normas que establecen os niveis máximos e mínimos de iluminación e buscando como finalidade unha óptima calidade do servizo de iluminación pública. Para isto, débese realizar unha abordaxe adecuada desde dous puntos de vista:

- **Fase de deseño:** á hora de iniciar a realización dun proxecto de iluminación pública é necesario axustar as necesidades de utilización ao seu deseño, introducindo as tecnoloxías máis adecuadas (luminarias, elementos de control e equipos asociados).
- **Xestión e mantemento:** o correcto funcionamento dunha iluminación pública, e por tanto unha maior eficiencia enerxética, conséguese cun bo labor de xestión e mantemento, que consiste en xeral en realizar un seguimento constante dos parámetros de luminosidade e de seguridade.

### 3.2.1.- Situación actual

Nas auditorías realizadas polo INEGA detectouse que, en xeral, a situación das iluminacións nos concellos galegos non é eficiente. Comprobouse que aínda se seguen a instalar lámpadas ineficientes e obsoletas (vapor de mercurio cor corrixido, existindo ademais concellos que aínda manteñen luz mestura e lámpadas incandescentes), motivado sobre todo polo menor custo económico da instalación.

En canto ao deseño que presentan as iluminacións nos concellos visitados, pódese dicir que, en liñas xerais, presentan unha elevada utilización de luminarias con alto índice de contaminación lumínica, tales como globos ou farois, principalmente condicionadas polo factor estético.



Foto: Luminaria tipo globo

Moitas instalacións de iluminación pública non contan con acendidos intelixentes como reloxos astronómicos (adóitase utilizar fotocélulas, que se ven máis afectadas polas condicións metereolóxicas e de orientación) nin sistemas de dobre nivel, que reducen a tensión e o consumo a partir dunha hora programada.

Existen algunhas instalacións que utilizan o apagado parcial ou total de puntos de luz, o que provoca o efecto “cebra” nas vías, co conseguinte risco para a circulación. Son poucos os casos en que se utilizan sistemas de regulación de fluxo (unitario ou conxunto).

As sucesivas ampliacións de puntos de luz que se adoitan realizar ano tras ano non contan en moitos casos co adecuado reforzo da sección da liña inicial, o cal provoca caídas de tensión e consecuentemente fallo das lámpadas, polo que o custo de mantemento aumenta.

A maior parte das instalacións de iluminación auditadas presentan acometidas monofásicas, o que leva a instalacións cunha maior caída de tensión provocada pola imposibilidade da realización de repartición de carga nas liñas.

Por outra banda, a utilización frecuente de apoios de formigón OC e de postes de madeira obriga á instalación de luminarias de pouco peso e de baixo rendemento.

En liñas xerais, os sistemas de iluminación pública que foron auditados no presente estudo son ineficientes e incluso algunhas instalacións incumpren a normativa vixente.



En resumo, pódese afirmar que a iluminación pública é unha das principais preocupacións dos xestores municipais, posto que, por unha parte, se pretende ofrecer o mellor servizo posible, e por outra, o principal problema co que se atopan os xestores é o custo que representa esta partida nos investimentos e nos gastos. Para poder compatibilizar os conceptos de calidade e custo é necesario conseguir a maior eficiencia enerxética posible mediante un correcto dimensionamiento inicial e unha optimización de todos os sistemas e dispositivos existentes.

Constatouse que neste sector existe un elevado potencial de aforro de enerxía, especialmente no apartado de iluminación pública –arredor dun 35% do consumo total–debido fundamentalmente á carencia de aplicación de tecnoloxías eficientes.

### **3.2.2.- Fase de deseño**

Neste apartado expóñense os parámetros que cómpre ter en conta para a realización de proxectos de iluminación pública baixo os condicionantes de maior eficiencia e aforro enerxético, sen perder de vista os niveis máximos e mínimos de iluminación esixidos para cada utilización.

Estas recomendacións baséanse en normas establecidas pola Comisión Internacional de Iluminación (CIE), a Comisión Europea de Normalización (CEN) e a Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), así como en normas UNE.

#### **3.2.2.1.- Magnitudes luminosas. Definicións**

Para a realización de calquera proxecto de iluminación é necesario ter presente unha serie de magnitudes luminosas entre as que destacan:

- **Fluxo luminoso:** enerxía radiada por unha fonte luminosa nunha unidade de tempo. A súa formulación é a seguinte:

$$\phi = Q/t$$

Onde:  $\phi$  é o fluxo luminoso

$Q$  cantidade de luz ou enerxía radiada

$t$  tempo durante o que se mantén a devandita radiación

A medida do fluxo luminoso realízase en laboratorio. A súa unidade é o lumen (lm).

- **Rendemento luminoso (eficacia luminosa):** indica a relación entre o fluxo luminoso e a potencia absorbida pola fonte. A súa unidade de medida é o lumen por vatio (lm/W) e é a magnitude que se emprega para definir a eficacia luminosa dunha determinada fonte de luz.

$$\varepsilon = \Phi / P$$

- **Cantidade de luz (enerxía luminosa):** defínese como a cantidade de fluxo luminoso polo tempo que permanece a súa acción.

$$Q = \Phi * t$$

A súa unidade é o lumen por hora (lm\*h).

- **Intensidade luminosa:** defínese como a relación entre o fluxo emitido por unha fonte luminosa nunha dirección e o ángulo sólido no que se emite.

$$I = \Phi/\omega$$

A súa unidade é a candela (cd); 1 cd = 1 lm/ sr (estereorradiáns)

- **Iluminancia (nivel de iluminación):** indica a relación entre o fluxo luminoso que recibe a superficie e a súa área. A fórmula que expresa a iluminancia é:

$$E = \Phi/S$$

A súa unidade é o lux (lx); (1 lx = 1 lm/m<sup>2</sup>)

É unha das magnitudes máis importantes en iluminación, posto que a maior parte dos parámetros indicativos se refiren a ela. As esixencias no nivel de iluminación serán determinantes á hora de considerar a idoneidade dun sistema de iluminación.

A medida do nivel de iluminación realízase cun aparello denominado *luxómetro*, que consiste nunha célula fotoeléctrica que, ao incidir a luz sobre a súa superficie, xera unha débil corrente eléctrica que aumenta en función da luz incidente.

Como referencia, indiquemos que o Sol nun día despexado produce un nivel de iluminación no solo da orde de 100.000 lx, e nun día nubrado pódese reducir a 32.000 lx. No interior dun cuarto, ao lado das fiestras este valor pode acadar os 1.000 lx.

- **Luminancia:** defínese como o efecto de luminosidade que produce unha superficie na retina do ollo, tanto se procede dunha fonte primaria que produce luz como se procede dunha fonte secundaria ou superficie que reflicte luz. O aparello de medida denomínase lunancímetro e consiste nun sistema de célula fotoeléctrica que recolle exactamente a radiación luminosa dunha superficie e a reflicte de forma dixital ou analóxica.

Cómpre sinalar a diferenza existente entre luminancia e iluminancia (ou nivel de iluminación). A primeira (*luminancia*) refírese á radiación luminosa que emite un obxecto ou superficie debido á reflexión da radiación que incide sobre el, mentres que a segunda (*nivel de iluminación*) se refire á radiación luminosa que recibe un obxecto, sen ter en conta a que este reflicte.

Pódese dicir, por tanto, que o ollo non ve diferenzas de iluminación senón diferenzas de luminancias, posto que, a igual iluminación, diferentes obxectos teñen luminancia distinta porque teñen diferente poder de reflexión.

- **Vida ou duración:** dentro deste concepto débese diferenciar entre vida media e vida útil. Por unha parte, *vida media* refírese ao número de horas de acendido, que coincide coa inutilización do 50 % das lámpadas en uso, e por outra banda, *vida útil* refírese ao número de horas de traballo, tras o cal, traballando en condicións reais, resulta máis rendible proceder á substitución dun conxunto de lámpadas da instalación que mantelas funcionando con depreciacións de fluxo luminoso importantes (inferior ao 70% do valor nominal).
- **Cor:** defínese como a *interpretación subxectiva psicofisiolóxica do espectro electromagnético visible*. Nesta *interpretación* converxen tres percepcións visuais: ton, claridade e saturación, as cales producen diferentes sensacións (*apariencia de cor*) da calidade de luz do ambiente.

O *ton* refírese ao nome común da cor (vermello, azul, verde, etc).

A *claridade* fai referencia á intensidade: un obxecto é tanto máis claro canto máis se afasta a súa cor do negro na escala de grises.

A *saturación* fai referencia á proporción en que unha cor está mesturada co branco.

A **temperatura da cor** utilízase para referenciar a cor dunha fonte de luz por comparación coa do corpo negro (por exemplo, a cor da chama dunha vela é similar á dun corpo negro queentado a uns 1.800 K, polo que se di que a súa temperatura de cor é de 1.800 K).

Na táboa seguinte amósase a relación entre a máis comunmente denominada *aparencia de cor* e a *temperatura da cor*.

Aparencia da cor	Temperatura de cor (K)
Cálida	< 3.300
Intermedia	3.300 a 5.300
Fría	>5.300

En xeral, a luz fría débese empregar cando se desexe destacar as cores frías, como son as azuis, mentres que a luz cálida potencia as cores amarelas, alaranxadas e vermellas.

Por outra banda, defínese ademais o **índice de rendemento da cor** como a capacidade de produción cromática dos obxectos iluminados por unha fonte de luz.

- **Cegamento:** defínese como unha sensación psicolóxica de exceso de luz que experimenta un observador e que, nun primeiro momento, lle dificulta a visión dos obxectos e lle produce unha fatiga ocular. Existen tres tipos de cegamento: molesto, perturbador e irreversible. En iluminación pública só se teñen en conta os dous primeiros.
  - **Cegamento molesto (G):** corresponde á primeira etapa de cegamento, na cal se produce unha sensación desagradable, aínda que sen causar unha diminución da capacidade visual. A avaliación deste parámetro establécese mediante a seguinte táboa:

Cegamento molesto (G)	Avaliación
1	Intolerable
3	Molesto
5	Admisible
7	Satisfactorio
9	Inapreciable

Os números pares corresponden a situacións de avaliación intermedias.

- **Cegamento perturbador:** corresponde á segunda etapa de cegamento, na cal se aprecia unha perda de visión.

### **3.2.2.2.- Criterios de calidade. Clasificación das vías públicas. Niveis de iluminación recomendados**

O principal obxectivo dunha iluminación pública é proporcionar fiabilidade de percepción, máxima seguridade e comodidade visual.

Os parámetros que inflúen na fiabilidade de percepción son os seguintes:

- Luminancia media da superficie da calzada: Lm
- Uniformidade global,  $U_0$ : Lmin/Lm
- Cegamento perturbador

Así mesmo, os parámetros que inflúen na comodidade visual son:

- Uniformidade lonxitudinal,  $U_1$ : Lmáx/Lmín
- Cegamento molesto: G
- Guía visual

Estes parámetros deberán ser tidos en conta para conseguir unha óptima instalación de iluminación pública. Previamente, e seguindo os criterios da Comisión Internacional de Iluminación (CEI), para fixar os niveis de calidade dunha iluminación pública deben establecerse e diferenciarse as distintas zonas a iluminar.

A continuación amósase, a modo de referencia, unha táboa indicativa da clasificación das vías públicas:

Clase de vía		Tipo de densidade de tráfico	Tipo de vía	Exemplos
Tráfico motorizado	A	Tráfico motorizado denso e de alta velocidade	Vías con calzadas separadas, libres de cruzamentos a nivel e accesos totalmente controlados	Autoestradas Autovías
	B		Vías importantes para tráfico motorizado só podendo ter calzadas separadas para vehículos lentos e/ou peóns	Estradas nacionais Estradas principais E. circunvalación Estradas radiais
	C	Tráfico motorizado denso de velocidade moderada <sup>1</sup> ou tráfico mixto denso de velocidade moderada e de alta velocidade	Vías públicas importantes para todo uso, rurais ou urbanas	
Tráfico mixto	D	Tráfico mixto lento do cal a maior parte é tráfico lento ou de peóns	Vías públicas urbanas ou de centros comerciais. Todas as vías con tráfico mixto denso e lento ou gran circulación de peóns	Estradas Rúas comerciais Rúas industriais, etc.
	E	Tráfico mixto de velocidade limitada e densidade moderada	Vías de unión de zonas residenciais coa rede xeral de vías (de clase A á D)	Estradas de unión Rúas locais, etc.

En función das diferentes vías públicas, o tratamento que se aplica para realizar o proxecto de iluminación debe ser desigual. A modo de resumo, indícanse na seguinte táboa os estándares e niveis mínimos de calidade luminotécnica que se establecen para cada tipo de vía:

Clases de vía	Zonas próximas	Nivel de luminancia(*)	Uniformidade		Limitación do cegamento	
		Luminancia media (cd/m <sup>2</sup> )	Uniformidade global U <sub>0</sub>	Uniformidade lonxitudinal U <sub>1</sub>	Índice de control de cegamento G	Incremento do limiar (%)
A	Calquera	2	0,4	0,7	6	10 (**)
B	Claras	2	0,4	0,7	5	10
	Escuras	1			6	10 (**)
C	Claras	2	0,4	0,5	5	20 (**)
	Escuras	1			6	10
D	Claras	2	0,4	0,5	4	20
E	Claras	1	0,4	0,5	4	20
	Escuras	0,5			5	20 (**)

(\*) A luminancia recomendada é a luminancia media en servizo da calzada. Co fin de manter o devandito nivel debe considerarse un factor de depreciación non maior que 0,8, dependendo do tipo de luminaria e do grao de contaminación do aire. Para máis detalles véxase a publicación CIE nº. 33. "Depreciación e mantemento das instalacións de iluminación pública".

(\*\*) En vista da pouca experiencia que se ten respecto á aplicación do concepto "incremento do limiar" é preferible non chegar a valores que sexan superiores a 0,7 veces o valor na táboa.

<sup>1</sup> Limite de velocidade 70 km/h.

En xeral e a modo de referencia pódense tomar os seguintes niveis de iluminación para os distintos tipos de vía que se indican:

	Nivel medio de iluminación (lux)
Zonas peonís	8-15
Zonas peonís e vehículos de baixa velocidade	10-25
Zonas de vehículos a velocidade moderada	15-30

### 3.2.3.- Lámpadas e equipos auxiliares

As lámpadas utilizadas en iluminación pública deben reunir unha serie de características que veñen determinadas polos parámetros luminosos. Entre os máis importantes cabe salientar a **eficacia luminosa** e a **duración da vida útil**.

A elección dun determinado tipo de lámpada dependerá da aplicación necesaria en cada caso, das características que presenten e dos factores económicos, tales como o prezo da lámpada, o seu custo de instalación e de substitución. Así, por exemplo, unha eficacia luminosa elevada diminúe á vez os custos de instalación (potencia instalada) e os gastos de funcionamento (enerxía consumida), e por outra banda unha maior vida útil da lámpada diminúe os gastos de substitución desta.

Outras características importantes, aínda que non relevantes, á hora de definir o tipo de lámpada para unha iluminación pública son a temperatura e o rendemento da cor.

A continuación, especificanse as diferentes fontes de luz e analízanse cada un dos tipos de lámpada.

#### 3.2.3.1.- Aspectos xerais

Existen diferentes sistemas de transformación de enerxía en radiación enerxética luminosa: a termorradiación, a electrorradiación e a fotorradiación.

A **termorradiación** é o mecanismo polo cal a radiación se emite debido á temperatura dunha fonte de luz. As aplicacións máis frecuentes deste tipo de radiación encóntanse nas lámpadas incandescentes e nas fontes de luz de chama.

Na seguinte táboa amósase a cor de incandescencia que adquire un corpo en función da súa temperatura.

Temperatura (°C)	Cor de incandescencia
400	Vermello-gris incipiente
700	Vermello-gris
900	Vermello escuro
1.100	Vermello encarnado
1.300	Vermello roxo
1.500	Vermello-branco incipiente
> 2.000	Vermello branco

A **electrorradiación**, por outra banda, refírese á emisión da radiación que ten como orixe o choque dos electróns acelerados nun campo eléctrico. Un exemplo deste tipo son as lámpadas de descarga.

Por último, defínese a **fotorradiación** como a excitación de determinadas substancias mediante unha radiación. A fluorescencia e a fosforescencia son exemplos de fotorradiación.

Os **tipos de fontes de luz** son os seguintes:

- Lámpadas incandescentes:
  - Convencionais
  - Halóxenas
  
- Lámpadas de descarga de vapor de mercurio:
  - Fluorescentes
  - Vapor de mercurio de alta presión (cor corrixida)
  - De luz de mestura
  - Haloxenuros metálicos
  
- Lámpadas de descarga de vapor de sodio:
  - De baixa presión
  - De alta presión



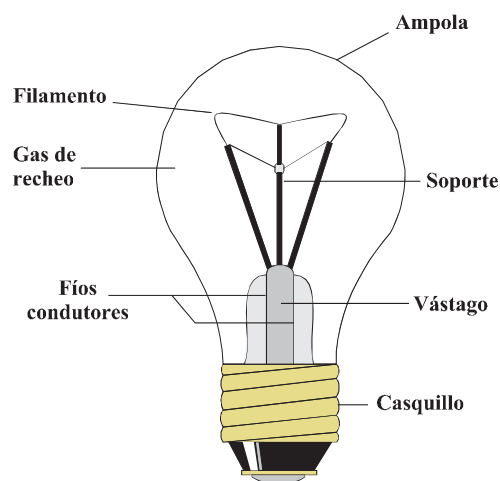
- Lámpadas de descarga por indución

A continuación analízanse con máis detalle cada un dos distintos tipos de lámpada.

### 3.2.3.2.- Lámpadas incandescentes

O seu funcionamento responde á emisión da luz como consecuencia do quentamento producido por unha corrente eléctrica que circula a través dun arame en forma de filamento. Este arame está encerrado nunha ampola, que contén gas de recheo, por medio dun casquillo. Existen diferentes tipos de lámpadas incandescentes en función do tipo de casquillo, filamento e ampola. Este tipo de lámpadas poden conectarse directamente á rede, polo que non necesitan ningún equipo auxiliar. Normalmente non se utilizan en iluminación pública.

- **Lámpada incandescente convencional:** é a fonte de luz comercial máis antiga e de uso máis xeneralizado. O seu funcionamento baséase no quentamento eléctrico do filamento a alta temperatura, emitindo desta forma unha radiación visible. A súa vida media é dunhas 1.000 horas e o seu rendemento luminoso medio de entre 10 e 12 lumens/vatio. Estas lámpadas emiten un 20% da enerxía que consomen en forma de luz e o 80% restante pérdese en forma de calor, aumentando a temperatura da estancia.



- **Lámpada halóxena:** variante da lámpada de incandescencia á que se lle inclúe un compoñente halóxeno (iodo, cloro, bromuro) ao gas inerte da ampola. Ademais substitúese o vidro da ampola por outro de cuarzo debido á alta temperatura que acadará.

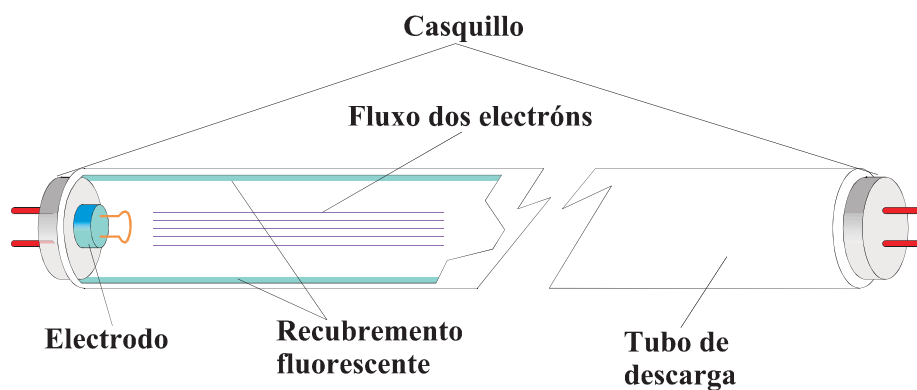
As vantaxes desta lámpada son:

- Maior durabilidade
- Maior rendemento lumínico (18/22 lm/w)
- Menor tamaño

### 3.2.3.3.- Lámpadas de descarga de vapor de mercurio

As lámpadas de descarga dispoñen dun tubo que contén vapor de mercurio. Dentro deste tipo de lámpadas inclúense as seguintes:

- **Fluorescente:** lámpada de descarga en vapor de mercurio de baixa presión, na que a luz se produce predominantemente mediante pós fluorescentes activados pola enerxía ultravioleta da descarga. Non adoitan ser utilizadas como lámpadas en iluminación pública.



O rendemento da cor destas lámpadas varía de moderado a excelente segundo as substancias fluorescentes empregadas. Igualmente, a aparencia e a temperatura de cor varían segundo as características concretas de cada lámpada.

Aparencia de cor	T cor (K)
Branco cálido	3.000
Branco	3.500
Natural	4.000
Branco frío	4.200
Luz día	6.500

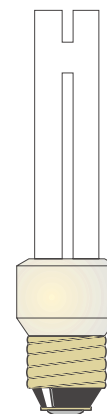
#### ***Lámpada de baixo consumo (fluorescentes compactas):***

É unha variante dos tubos fluorescentes que foron adaptadas para substituír as lámpadas incandescentes sen necesidade de realizar ningunha obra.

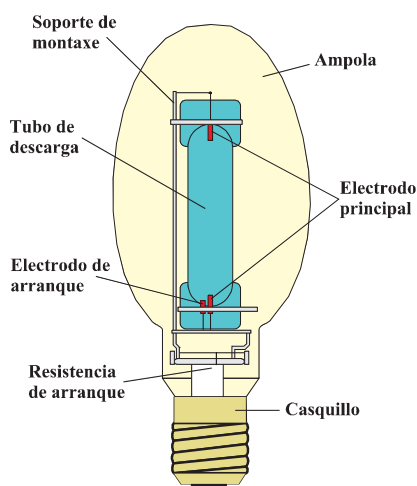
As vantaxes desta lámpada son:

- Maior durabilidade (ata 15.000 horas)
- Maior rendemento luminoso
- Menor tamaño

Potencia (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficacia luminosa (lm/W)	Duración (h)
Compactas con balastro indutivo exterior (T. de cor: 2.700, 3.000 e 4.000 k)			
18	1.200	66,6	9.000
24	1.800	75,0	
36	2.900	80,5	
55	4.800	87,2	

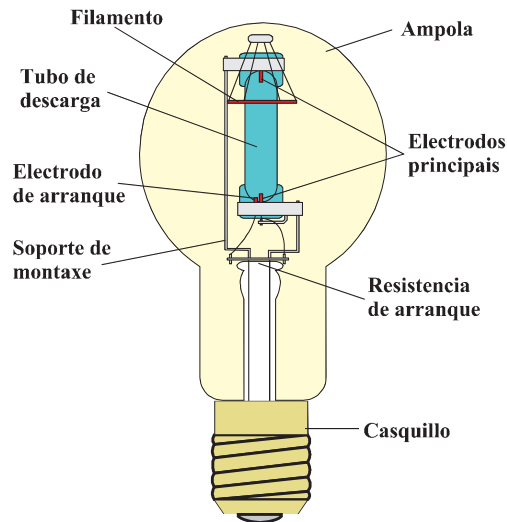


- **De mercurio de alta presión:** a descarga prodúcese nun tubo de descarga de cuarzo que contén unha pequena cantidade de mercurio e un recheo de gas inerte, xeralmente argón, para axudar ao acendido. A luz que emite é de tonalidade azulada. Denomínase tamén lámpada de vapor de mercurio de cor corrixida. O seu funcionamento resulta apropiado en zonas con tráfico peonil importante e sen servizo de mantemento, sendo a súa utilización preferible en instalacións con niveis de iluminación baixos.

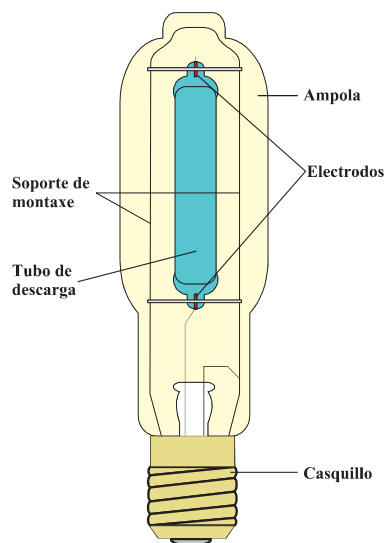


Dentro das lámpadas de mercurio, existe a posibilidade de utilización de lámpadas máis eficientes cunha mestura de sodio e mercurio (sodio branco). Teñen o rendemento dunha lámpada de sodio convencional e a cor é branco cálido.

- **De mestura:** coa finalidade de corrigir a luz azulada das lámpadas de vapor de mercurio, inclúese dentro do mesmo tubo de descarga un filamento incandescente de volframio. Deste xeito, convértese nunha mestura entre as lámpadas de mercurio e as incandescentes. Este tipo de lámpadas pode conectarse directamente á rede sen utilizar reactancia, xa que o filamento, ademais de fonte luminosa, actúa como resistencia estabilizadora da descarga do vapor de mercurio. Adóitanse empregar como substitución das lámpadas incandescentes.



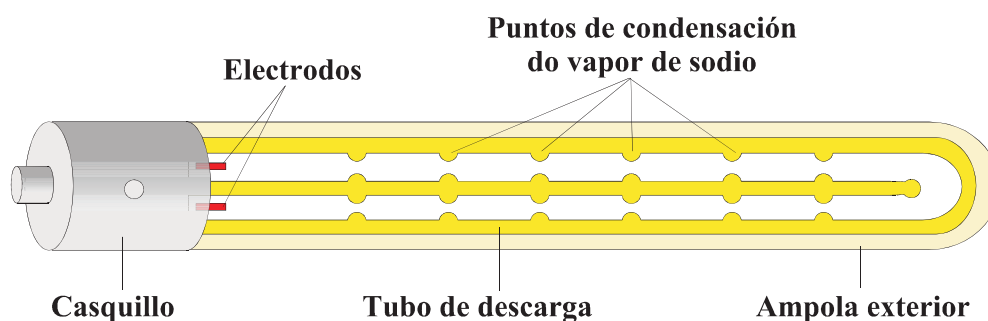
- **Haloxenuros metálicos:** estas lámpadas son do tipo de vapor de mercurio de alta presión que conteñen “haloxenuros de terras raras”. Estes haloxenuros vaporízanse cando a lámpada acada a súa temperatura normal operativa. Resulta aconsellable a súa utilización en áreas deportivas e naquelas zonas onde sexa importante a cor.



### 3.2.3.4.- Lámpadas de descarga de vapor de sodio

Lámpadas que conteñen no tubo de descarga vapor de sodio. Clasifícanse en lámpadas de alta e baixa presión.

- **De baixa presión:** neste caso a luz visible prodúcese por descarga directa do sodio. A fase de arranque prodúcese en frío polo que é necesario realizar un arco de tensión elevada que dependerá da composición do gas introducido.

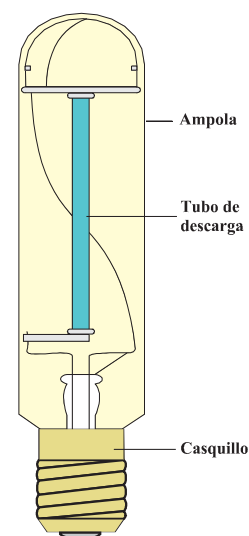


Este tipo de lámpadas presentan unha cor vermella-alaranxada ao conectarse mentres non acadan a calor suficiente para vaporizar o sodio. Cando se estabiliza o funcionamento, o fluxo luminoso é monocromático, sendo esta a causa do seu baixo rendemento da cor. Non obstante, a súa eficacia é a maior das lámpadas de descarga, sendo case o dobre dunha lámpada de vapor de mercurio de baixa presión (fluorescentes).

A súa utilización en iluminación pública resulta idónea cando predomina a iluminación de vixilancia cidadá e onde a reprodución cromática non é importante: estradas a campo aberto, zonas rurais e, en xeral, áreas que requiran iluminación de seguridade.

- **De alta presión:** este tipo de lámpadas teñen unha óptima eficacia luminosa, pero o seu rendemento de cor é practicamente nulo. No entanto, se se aumenta a presión do vapor de sodio (traballando con temperaturas máis elevadas), obtéñense melloras no rendemento da cor.

A sensación de cor da lámpada de sodio de alta presión é amarelenta. As lámpadas denominadas como sodio branco proporcionan unha aparencia de cor branca cálida e o seu índice de reprodución cromática é de arredor de 80, co que se consegue mellorar as características cromáticas das lámpadas de sodio de alta presión, aínda que a súa eficacia é menor.



A utilización deste tipo de lámpadas é adecuada en instalacións con tráfico de vehículos considerable, sempre que se prevea un servizo de mantemento adecuado.

### **3.2.3.5.- Lámpada de descarga por indución:**

Nestas lámpadas de indución prodúcese a ionización do gas sen electrodos e deste xeito aumenta a vida da lámpada.

Entre as súas vantaxes, pódense destacar:

- Maior vida da lámpada
- Luz comfortable sen oscilacións
- Arranque sen pestanexo nin escintileos
- Fluxos luminosos ata 12.000 lumens
- Eficacia luminosa de 80 lumens/vatio

### **3.2.3.6.- Comparación das lámpadas en función dos seus parámetros característicos**

A continuación compáranse os diferentes tipos de lámpadas en función dos parámetros básicos que as caracterizan.

Tipo lámpada	Potencia (W)	Rendemento (lumen/W)	Vida útil (horas)	T. cor (K)	IRC
Incandescentes	1 a 2.000	8 a 20	1.000	2.600	100
Halóxenas	3 a 10.000	18 a 22	1.500	2.700	100
Fluorescentes tubulares	4 a 215	40 a 93	7.500	Variable	62-98
Fluorescentes compactas	5 a 36	50 a 82	10.000	Variable	85-95
Vapor de mercurio	50 a 2.000	40 a 58	14.000	3.500-4.200	50
Haloxenuros metálicos	75 a 3.500	60 a 95	2.500-14.000	3.000-6.000	60-93
Vapor de sodio de alta presión	50 a 1.000	66 a 130	12.000-18.000	2.000-2.200	20-65
Vapor de sodio de baixa presión	18 a 180	100 a 183	14.000	1.800	NULO

IRC: índice de rendemento da cor.

### 3.2.3.7.- Equipos auxiliares

As *lámpadas incandescentes*, *halóxenas* (*dependendo do modelo*) e *de luz de mestura* non precisan ningún equipo auxiliar para se conectar á rede, debido a que polas súas características teñen a propiedade de que a intensidade e a tensión que pasa por elas son proporcionais.

Nas *lámpadas de descarga*, a relación entre a intensidade e a tensión que pasa por elas non é proporcional, é dicir, a tensión case non depende da corrente que a atravesa, polo tanto, para evitar fluctuacións de luz e conseguir un correcto funcionamento, é necesario dispoñer dalgún dispositivo estabilizador da corrente.

Normalmente os aparellos que se empregan para a estabilización da corrente son cebadores convencionais que controlan o acendido.

Os equipos auxiliares máis utilizados son os balastos e os arrancadores:

- **Balastos:** as reactancias ou balastos son accesorios para utilizar en combinación coas lámpadas de descarga e limitan a corrente que circula por elas para un funcionamento adecuado. Subministran ademais a corrente e tensión de arranque necesarias en cada caso.
- **Arrancadores:** este tipo de equipos precísanse cando a tensión necesaria para o arranque sexa moi elevada.

A continuación resúmense brevemente os diferentes equipos auxiliares das lámpadas de descarga.

- ***Lámpadas fluorescentes:***

Este tipo de lámpada posúe características de resistencia negativa, polo que se debe operar cun dispositivo de corrente limitada (balastro). O balastro, que posúe características de resistencia positiva, pode ser:

- Balastro resistivo: para corrente continua
- Balastro indutivo: para aplicacións normais de corrente alterna.
- Balastro electrónico: é o máis caro, pero ofrece vantaxes con respecto aos anteriores.

A resistencia interna da lámpada apagada encóntrase demasiado fría, polo que é necesario un equipo auxiliar para o acendido, que pode ser de tres tipos:

- Circuito con arrancador prequentado: o acendido está controlado por un arrancador (cebador) convencional ou electrónico.
- Circuito sen arrancador prequentado: estas lámpadas poden operar con dous tipos diferentes de circuito, o de acendido instantáneo (semirresoante) e o de acendido rápido (non-resoante).
- Circuito de acendido frío: para lámpadas que están dotadas dunha banda interna para facilitar o acendido inmediato sen prequentamento e sen cebador.

Para a corrección do factor de potencia utilízase un condensador en paralelo co circuito da lámpada.

- ***Lámpadas de vapor de mercurio de alta presión:***

Neste tipo de lámpadas, á parte da reactancia, non é necesario equipo de arranque, pero utilízanse balastos indutivos e un condensador para compensar o factor de potencia.

- ***Lámpadas de haloxenuros metálicos:***

Neste tipo de lámpadas a tensión de acendido é moi elevada e polo tanto necesitan o emprego dun cebador. O balastro a conectar depende das características daquelas.

- ***Lámpadas de sodio de baixa presión:***

Precisan dun equipo auxiliar, que pode ser:

- Balastro
- Transformador con ignitor separador

- ***Lámpadas de sodio de alta presión:***

Este tipo de lámpadas operan normalmente cun balastro e un arrancador. Algunhas lámpadas teñen un arrancador incorporado, mais a maioría utilizan un dispositivo de arranque externo.



- **Lámpadas de indución:**

Neste caso, a lámpada de indución encóntrase conectada á rede a través dun xerador de alta frecuencia, que está composto por un sistema de circuitos electrónicos.

### 3.2.4.- Luminarias

Defínese luminaria como todo equipo que reparte, filtra ou transforma a luz dunha ou varias lámpadas e que comprende todos os dispositivos necesarios para a súa fixación e protección. En definitiva, a luminaria é todo aparello que distribúe a luz proporcionada pola lámpada.

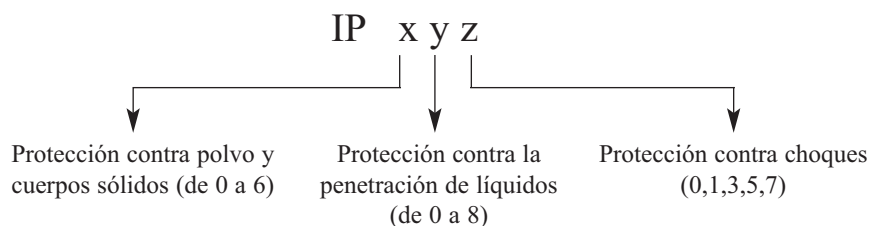
A clasificación máis común das luminarias realízase en función de tres criterios:

- Criterios ópticos
- Criterios mecánicos
- Criterios eléctricos

- **Clasificación segundo criterios ópticos:** en función do fluxo luminoso que emite por enriba e por debaixo do plano horizontal que atravesa a lámpada. Utilízanse tres propiedades básicas para a clasificación:

- O “alcance” da luminaria: extensión á cal a luz da luminaria se distribúe ao longo dun camiño.
- A “apertura”: cantidade de diseminación lateral da luz ao ancho dun camiño.
- O “control da luminaria”: alcance da instalación para controlar o cegamento producido pola luminaria.

- **Clasificación segundo criterios mecánicos:** neste caso, as luminarias clasifícanse en función do grao de protección contra o po, golpes e corpos extraños. Utilízase a norma UNE-EN 60598 para determinar o grao de protección. Desta maneira, as luminarias désígnanse coas letras IP seguidas de tres números que indican:



Convén ter en conta que esta clasificación mecánica fai referencia á parte óptica da luminaria, que é a que realmente protexe a lámpada, e non á do equipo, que adoita ter un IP de 45.

- **Clasificación segundo criterios eléctricos:** esta clasificación atende ao grao de protección eléctrica que ofrecen as luminarias e divídense en catro clases, tal e como se amosa na seguinte táboa:

Clase	Protección eléctrica
0	Illamento normal e sen toma de terra
I	Illamento normal e toma de terra
II	Dobre illamento sen toma de terra
III	Luminarias para conectar a voltaxe extra baixa, e que non teñen circuítos, nin internos nin externos, que operen a unha voltaxe que son sexa a extra baixa de seguridade

Existen, ademais dos criterios utilizados para a clasificación, unha serie de parámetros a ter en conta para seleccionar unha luminaria, entre os cales destacan:

- **Rendemento da luminaria:** relación existente entre o fluxo emitido pola luminaria e o fluxo producido pola lámpada.

$$\eta = \text{Fluxo luminaria/Fluxo lámpada (\%)}$$

- **Factor de depreciación e mantemento:** defínese como a relación entre a iluminancia media da calzada, despois dun determinado número de horas de funcionamento, e a iluminancia media obtida ao inicio do seu funcionamento como instalación nova.

A diminución da iluminancia dunha instalación de iluminación co tempo está motivada principalmente por:

- Diminución do fluxo emitido polas lámpadas debido ao seu envellecemento.
- Descenso do fluxo debido a factores como: ensuciamento da lámpada, humidade, auga, etc.

- **Cegamento:** para reducir os efectos de cegamento e implantar instalacións de iluminación eficientes, aconséllase limitar as potencias das fontes de luz en función da altura de implantación. Na seguinte táboa especificase o tipo e a potencia das lámpadas en función da altura da implantación.

Altura implantación (m)	Fluxo luminoso (lm)	Tipo de lámpada		
		v.s.a.p. (W)	v.m. (W)	v.s.b.p. (W)
5	5.000	50-70	50-80-125	18-35
8	7.500-17.000	100-150	250	55-90
10	17.000-32.000	150-250	400	135
12	32.000-56.000	250-400	700	180
15	56.000-90.000	400-600	1.000	---
20	90.000-130.000	600-1.000	---	---

v.s.a.p.: vapor de sodio de alta presión

v.s.b.p.: vapor de sodio de baixa presión

v.m.: vapor de mercurio

### 3.2.5.- Medidas de optimización enerxética

As auditorias enerxéticas que se realizan en xeral aos diferentes grupos consumidores dun concello e, en concreto, en iluminación pública, deben tomarse como o inicio dun proceso continuado de xestión e non como unha acción puntual. Os parámetros e indicadores que se obteñan deberán servir de base para un posterior seguimento das melloras que se leven a cabo, o que permitirá verificar se estas auditorias lograron os seus obxectivos ou se, pola contra, precisan dalgunha corrección.

A continuación relaciónanse unha serie de medidas de aforro e eficiencia enerxética a aplicar nos diferentes compoñentes da iluminación pública:

#### **3.2.5.1.- Medidas de aforro enerxético aplicables nas lámpadas:**

- **Substitución de lámpadas**

En liñas xerais, pódese afirmar que na maior parte das instalacións de iluminación predominan lámpadas de descarga. Algunhas destas aínda seguen sendo de vapor de mercurio, polo que a principal recomendación sería adiminución do uso deste tipo de lámpadas en beneficio de lámpadas de maior eficiencia luminosa, como as de vapor de sodio de alta e baixa presión. Estas

últimas lámpadas, cunha potencia instalada inferior e, polo tanto, cun menor consumo enerxético, conseguen as mesmas prestacións que as anteriores.

Ademais, presentan outra vantaxe engadida, posto que este tipo de lámpadas teñen unha maior vida útil e os custos de mantemento destas instalacións redúcense considerablemente. Na seguinte táboa amósase a eficiencia das lámpadas que se utilizan en iluminación pública.

	<b>EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)</b>
<b>Vapor de sodio de baixa presión (V.S.B.P.)</b>	100-183
<b>Vapor de sodio de alta presión (V.S.A.P.)</b>	66-130
<b>Lámpadas de indución</b>	70-80
<b>Fluorescentes compactas</b>	50-82
<b>Vapor de mercurio de cor corrixida (V.M.C.C.)</b>	30-60
<b>Incandescentes</b>	8-20

Como se pode comprobar na táboa anterior, as lámpadas de maior eficiencia luminosa son as de vapor de sodio de baixa e alta presión.

A continuación, amósase un exemplo da substitución de lámpadas na instalación de iluminación pública dun concello auditado.

**- Situación actual:**

A instalación dispón dunha subministración monofásica e ten contratada a tarifa B.0.

A iluminación está constituída por 44 puntos de luz (4 incandescencias 40 W, 33 VMCC de 80 W, 3 VSAP de 70 W e 4 VSAP de 150 W), en luminarias abertas, farois tipo vila en bo estado de conservación e gobernados dende un cadro de mando, protección e medida.

Os puntos de luz atópanse instalados en apoios de formigón e columnas metálicas.

O acendido realízase a través dunha célula fotoeléctrica e a instalación non dispón dun sistema de dobre nivel de iluminación. De acordo coas medicións realizadas no cadro de mando, protección e medida, púidose observar que o factor de potencia da instalación é 0,95 ( $\cos \varphi = 0,95$ ).

**- Situación proposta:**

1º Substitución de 33 puntos de luz de vapor de mercurio cor corrixido de 80 W por lámpadas de vapor de sodio alta presión de 70 W (incluído lámpada, equipos de arranque, balastros, condensadores e pequeno material).

2º Instalación dun redutor de fluxo en cabeceira de liña con controlador de tensión monofásico de 5 kW e reloxo astronómico.

Investimento (€)	3.565
Aforro económico (€/ano)	546
Aforro enerxético (kWh/ano)	6.422
Amortización	6,5

**3.2.5.2.- Medidas de aforro enerxético aplicables nas luminarias:**

• **Substitución de luminarias**

Existen no mercado diversos tipos de luminaria que poden utilizarse para cada tipo de lámpada, polo que se recomenda facer un estudo en cada caso particular e empregar equipos de maior eficiencia enerxética. A utilización destes equipos ópticos (luminarias) eficientes suporá as seguintes vantaxes:

- Desde o punto de vista enerxético: mellora nos niveis de iluminación para o mesmo tipo de lámpada, o que permite, fixando un nivel concreto de iluminación, reducir a potencia da lámpada ou utilizar menos puntos de luz a maior distancia. En ambos os dous casos se obtén unha redución do consumo de enerxía da instalación.
- Desde o punto de vista ambiental: redución da contaminación luminosa da zona a iluminar ao realizar unha mellor repartición da luz da lámpada (dirixindo a luz ao plano que máis interesa).
- Desde o punto de vista da seguridade: redución do cegamento dos puntos de luz, coa conseguinte redución das molestias aos peóns e condutores.
- Desde o punto de vista económico: ademais dunha redución do consumo e o conseguinte aforro económico, obterase unha maior vida da lámpada e con isto unha redución dos custos de mantemento e reposición.

## **EXEMPLO: Substitución de luminarias.**

A continuación amósase un exemplo da substitución dunha luminaria tipo globo, cun índice IP -55 e un fluxo ao hemisferio superior da lámpada (F.H.S.inst.) dun 40%, por outra luminaria de índice IP-66 e cun FHS-inst. de 0%.

### **Características da rúa:**

Largo: 10 m

Lonxitude: 500 m

Vía peonil con tráfico rodado.

Nivel de iluminación recomendado: 10 – 25 lux

### **Opción 1:**

Luminaria tipo globo. IP 55 FHSinst 40%

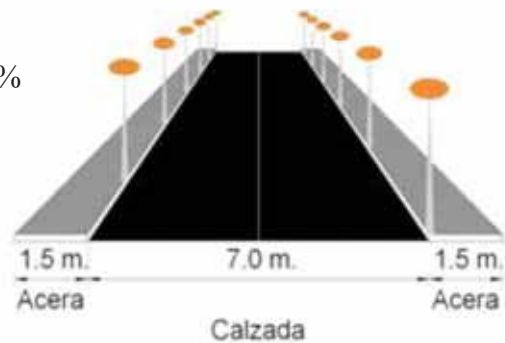
Altura: 3 m

Interdistancia: 15

Instalación: en paralelo, intercaladas

Lámpada: VSAP 100 W

Fluxo luminoso da lámpada: 9.600 lm.



### **Opción 2:**

Luminaria: con IP 66 e un FHSinst de 0%.

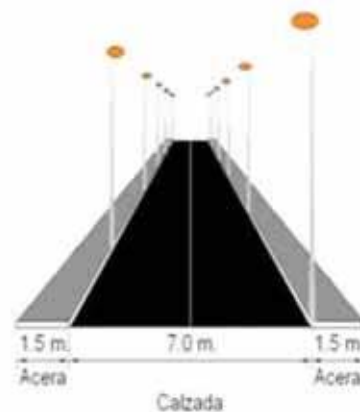
Altura: 7 m

Interdistancia: 30 m

Instalación: en paralelo, intercaladas

Lámpada: VSAP 100 W

Fluxo luminoso da lámpada: 9.600 lm



### **Resultados opción 1:**

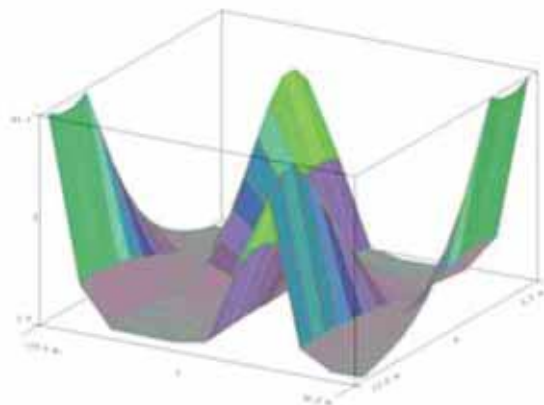
Nivel medio en servizo 9,15 lux

Uniformidade media: 0,28

Uniformidade extrema: 0,08

Grao de cegamento: 2

Nº de puntos de luz necesarios: 33



Na gráfica anterior pódese comprobar o nivel de iluminación horizontal da rúa con esta opción.

O consumo enerxético, para este caso, é de 11.253 kWh (tendo en conta que a instalación dispón dun sistema de acendido intelixente e dun sistema de dobre nivel).

ILUMINACION HORIZONTAL: Valores en lux.

### Resultados opción 2:

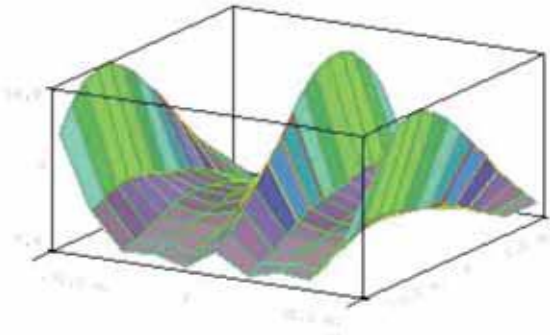
Nivel medio en servizo 11,85 lux

Uniformidade media: 0,46

Uniformidade extrema: 0,21

Grao de cegamento: 7

Nº de puntos de luz necesarios: 17



Para este caso, o consumo enerxético diminúe ata 5.797 kWh (tendo en conta que a instalación dispón dun sistema de acendido intelixente e dun sistema de dobre nivel).

### CONCLUSIÓNS:

A utilización dunha luminaria máis eficiente suporá:

- Unha mellora dos niveis de iluminación coa mesma lámpada e menos puntos de luz (incremento dun 23%).
- Un aforro enerxético e, en consecuencia, económico (uns 5.456 kWh/ano e uns 477 €/ano) .
- Un aforro económico por redución dos custos de mantemento e reposición duns 150 €/ano.
- Unha redución da contaminación lumínica da zona.
- Redución do grao de cegamento ata 5 puntos.
- Redución das emisións contaminantes á atmosfera dunhas 5,18 Ton CO<sub>2</sub>.

O investimento da instalación, no caso de a realizar nova, para as dúas opcións sería:

Investimento opción 1 (€)	43.260
Investimento opción 2 (€)	33.698

A diferenza de prezo para o investimento supón unha diminución de 10.000€ na opción 2, xa que:

- Aínda que a luminaria da opción 2 sexa máis cara, ao levar un menor número de puntos de luz, suporá unha redución do investimento final a realizar.
- A menor cantidade de puntos de luz a instalar suporá unha menor potencia instalada o que posibilita a utilización de condutores de menor sección coa conseguinte redución dos custos.
- A menor potencia instalada na opción 2 permitirá instalar equipos de dobre nivel en cabeceira de liña de menor potencia e menor custo.
- Así mesmo, a utilización de menos puntos a máis altura, suporá unha redución dos custos en apoios (columnas) e en arquetas coas súas correspondentes picas de toma de terra (como mínimo, unha pica por cada 5 apoios metálicos).

### **3.2.5.3.- Medidas de aforro enerxético aplicables nos equipos auxiliares:**

- **Sistemas de acendido:** existen dous tipos de sistemas de acendido:

- Células fotoeléctricas
- Reloxos astronómicos

#### **- Células fotoeléctricas**

A célula fotoeléctrica é un aparello que aproveita o efecto fotoeléctrico, convertendo os impulsos luminosos nunha corrente eléctrica, coa que se pode controlar o acendido e apagado dunha iluminación pública.

Na súa forma máis simple, componse dun ánodo e un cátodo recuberto dun material fotosensible.



A luz que incide sobre o cátodo libera electróns que son atraídos cara ao ánodo, orixinando un fluxo de corrente proporcional á intensidade da radiación. As células fotoeléctricas poden estar baleiras ou cheas dun gas inerte a baixa presión para obter unha maior sensibilidade.

### **- Reloxo astronómico**

O reloxu astronómico é un aparello deseñado para o acendido e apagado da iluminación pública, coincidindo exactamente cas saídas e postas do sol, e para calquera lugar. A función de control astronómico baséase na determinación das horas de saída e posta de sol do lugar, para calquera día do ano, utilizando como dato de situación o código provincial introducido polo usuario, o cal facilita a programación ao non haber necesidade de coñecer a lonxitude e latitude do mesmo.

Para o control da iluminación dispón de dous circuítos independentes: o circuítu solar para o control do acendido e apagado coincidindo cos ortos e os ocasos, e o circuítu de control voluntario, mediante o cal as horas de acendido e apagado son programadas polo usuario, dentro do horario do acendido solar, e con programas de control diferentes para verán e inverno.

Dadas as características deste equipo, a súa instalación faise sen tomar referencias de luz exterior, o cal redonda na total independencia dos axentes externos.

Todos os datos de funcionamento están almacenados na memoria do equipo e poden ser modificados polo usuario en calquera momento, en modo manual a través dos botóns externos, ou ben en modo automático a través dunha canle de comunicacións serie conectada a un terminal tipo PC.

- **Sistemas de dobre nivel**

Os sistemas de dobre nivel para iluminación pública clasifícanse en dous grupos:

- Unidades redutoras de consumo.
- Redutores de fluxo en cabeceira de liña.

## **- Unidades reductoras de consumo**

Estes equipos actúan independentemente sobre cada lámpada (precísase instalar un equipo por lámpada), reducindo a tensión de alimentación na lámpada ao recibir un sinal programado.

Dentro destes equipos existen:

### Unidades reductoras de consumo con fío de mando.

Estes equipos precisan dunha liña de mando adicional á liña da iluminación pública para poder actuar sobre as lámpadas. Así mesmo, levan un reloxo e un contactor no cadro de mando onde se programa a hora de entrada en funcionamento do dobre nivel. A través da programación do reloxo, pódese elixir cando se realiza a redución de consumo.

### Unidades reductoras de consumo sen fío de mando.

Este tipo de equipos actúan sobre as lámpadas a través dunha programación que ten cada equipo. Esta programación pódese realizar a través de microinterruptores que leva o propio equipo ou pode vir programado de fábrica.

O inconveniente destes equipos reside na dificultade de cambiar nun momento dado a programación, xa que tería que realizarse a actualización punto por punto, o que representa un elevado custo.

A través da programación do equipo realízase a redución de consumo ao cabo dun tempo de acendida a iluminación.

## **- Redutores de fluxo en cabeceira de liña**

Estes equipos, instalados xunto ao cadro de mando, protección e medida, actúan da mesma forma cás unidades reductoras de consumo, coa diferenza de que, en vez de realizarse independente sobre cada lámpada, actúa sobre o conxunto da instalación.

Hai que distinguir tres grupos de redutores de consumo:

- Redutores de consumo simples.

- Redutores de consumo con controlador de tensión.
- Redutores de consumo con estabilizador de tensión.

Estes equipos están constituídos basicamente por un transformador de saídas múltiples, un reloxo e as correspondentes proteccións magnetotérmicas.

O reductor de fluxo con estabilización realiza unha regulación independentemente por fase, o que significa que cada fase está tratada individualmente. En cada unha das fases dispónse dunha serie de indicadores luminosos que amosan en cada momento o estado de funcionamento do equipo. Cada unha das fases está protexida co seu correspondente magnetotérmico, o que evita que dispare o interruptor xeral do cadro de mando, protección e medida, impedindo que deste xeito se apague a totalidade da iluminación.

O principio de funcionamento deste equipo baséase nun autotransformador que se alimenta directamente da tensión de rede no seu circuíto primario. As súas tomas no circuíto secundario van unidas á saída a través dos interruptores estáticos da unidade electrónica.

Os interruptores estáticos son semicondutores gobernados por un sistema electrónico de xeito que, en todo momento, haxa un só semiconductor activo (o da toma que naquel instante proporcione a tensión de saída desexada).

A unidade electrónica de control é a encargada de xestionar as decisións (a través dunha tensión de referencia que ten gravada nunha memoria), vixía constantemente a tensión de saída do equipo a fin de activar un tiristor ou outro dependendo da toma que deba conmutar para compensar a saída. Ao activarse a orde de aforro nun momento dado, o microprocesador, en cada fase, irá diminuíndo lentamente esta tensión de referencia en rampla, de forma que a saída permaneza estabilizada, incluso, durante o transcurso da mesma.

### **3.2.6.- Tarifas eléctricas**

As tarifas eléctricas divídense en función da tensión de subministración e o usuario pode elixir a potencia contratada dependendo das súas necesidades. A iluminación pública conta cunha serie de características que deben ser analizadas á hora de elixir a mellor opción de tarifa:

- Uniformidade do consumo ao longo do período contratado.
- Uso nocturno: o consumo na maior parte das instalacións de iluminación realízase en horas val.

### **Estrutura das tarifas**

As tarifas de enerxía eléctrica teñen unha estrutura binómica e están compostas por:

- **Termo de potencia (Tp)**, en función da potencia contratada (kW);
- **Termo de enerxía (Te)**, en función do consumo de enerxía eléctrica realizado (kWh), medido por contador.

Ambos termos constitúen a tarifa básica e están afectados, cando proceda, por recargas ou bonificacións en función dunha serie de complementos: discriminación horaria e enerxía reactiva.

- **Complemento por discriminación horaria (DH):** este complemento aplícase exclusivamente sobre a parte correspondente ao termo de enerxía.

<b>Tipo 0</b>	<b>Contador de dobre tarifa. “Tarifa nocturna”</b>	Punta e chan: + 3% Val (de 12 a 8h.): -55%
<b>Tipo 1</b>	<b>Sen contador; P&lt; 50 kW</b>	Coefficiente de recarga do 20%
<b>Tipo 2</b>	<b>Con contador de dobre tarifa</b>	Punta (4h/día): +40% Chan e val: ---
<b>Tipo 3</b>	<b>Con contador de tripla tarifa</b>	Punta (4h/día): +70% Chan (12h/día): --- Val (8h/día): -43%
<b>Tipo 4</b>	<b>Con contador de tripla tarifa</b>	Punta (6h/día): +100% Chan (10h/día): --- Val (8h/día de luns a venres e 24 h/día fins semana): -43%

Este complemento non é de aplicación ás seguintes tarifas: B.0, 1.0 e 2.0 (excepto a discriminación horaria tipo “tarifa nocturna”). Este complemento aplícase ao termo de enerxía:  $CH=DH*Te$ .

- **Complemento por enerxía reactiva:** está constituído por unha recarga ou un abono porcentual sobre a suma dos termos de potencia e enerxía, establecéndose que non se poderá aplicar este complemento se non se dispón de contador de enerxía reactiva permanentemente instalado. Este complemento é de aplicación a todas as tarifas excepto a 1.0 e a 2.0. Para este último caso, se se medise un factor de potencia inferior a 0,8, poderíase aplicar o desconto por este complemento.

Para calcular este complemento, multiplícarase o termo básico (suma do termo de potencia e de enerxía) polo factor de corrección  $K_r$ :

$$K_r = (17/\cos^2\varphi) - 21$$

Sendo  $\cos\varphi$  o factor de potencia:

$$\cos\varphi = \frac{W_a}{\sqrt{W^2_a + W^2_r}}$$

E onde, **W<sub>a</sub>**: enerxía activa rexistrada (kWh) e **W<sub>r</sub>** a enerxía reactiva rexistrada kVArh.

A máxima bonificación por  $k_r$  negativo é do 4% (factor de potencia =1) e a máxima recarga por  $k_r$  positivo do 47% (factor de potencia  $\leq 0,5$ ).

A aplicación desta fórmula dá os seguintes resultados para os valores do factor de potencia que a continuación se indica:

Factor de potencia	% recarga	% desconto
1,00	---	4,0
0,95	---	2,2
0,90	0,0	0,0
0,85	2,5	---
0,80	5,6	---
0,75	9,2	---
0,70	13,7	---
0,65	19,2	---
0,60	26,2	---
0,55	35,2	---
0,50	47	---

Como se pode observar na táboa, non se aplicarán descontos superiores ao 4% nin recargas superiores ao 47%. Este complemento aplícase aos termos de potencia e enerxía:  $R=k_r*(T_p+T_e)$

**- Imposto da electricidade**

Ademais dos termos especificados anteriormente, existe a maiores o imposto especial da electricidade, que se calcula como segue:

$$I = 4,864\% * \{1,05113 * [T_p+T_e+R+CH]\}$$

**- Outros conceptos: alugamento de contador e IVE**

Para o cálculo da factura de enerxía eléctrica hai que sumar aos termos anteriores o alugamento do contador (de ser o caso) e o termo correspondente ao imposto especial da electricidade (16%).

**Tipos de tarifas**

As tarifas de aplicación xeral a todos os abonados, sen outra condición que a que deriva da tensión á que se realice a acometida, son:

Baixa tensión < 1.000 V	3.0 e 4.0
Alta tensión > 1.000 V	1; 2 e 3

As tarifas propias de iluminación pública son as de baixa tensión, onde existen outras tres tarifas específicas:

Baixa tensión < 1.000 V	B.0; 1.0; 2.0
-------------------------	---------------

Para este apartado e posto que a subministración á iluminación pública é de baixa tensión, especifícanse as tarifas correspondentes a baixa tensión:

**- Tarifa B.0: iluminación pública**

Tarifa especial para iluminación pública. Enténdese como iluminación pública a correspondente a rúas, prazas, parques públicos, vías de comunicación e semáforos. Considérase, ademais, iluminación pública a

instalación en peiraos, camiños e estradas de servizo, alpendres e almacéns, peixarías e luces de situación, dependencias das Xuntas de Portos, portos autonómicos, Comisión Administrativa de Grupos de Portos e portos públicos. Non se inclúe como tal a iluminación ornamental de fachadas, nin a de fontes públicas. A esta tarifa élle de aplicación o complemento por enerxía reactiva (kr) pero non por discriminación horaria (CH).

- **Tarifa 1.0: P < 770 W**

Tarifa de aplicación xeral a todos os pequenos usos monofásicos que non necesiten contratar unha potencia superior a 770 W.

- **Tarifa 2.0: P < 15 kW**

Tarifa de baixa tensión de aplicación xeral a todos os usos con potencia contratada inferior a 15 kW. Aplícase a recarga por enerxía reactiva cando o factor de potencia é inferior a 0,8 e dispón de equipo de medida.

- **Tarifa 3.0: Xeral**

Tarifa de baixa tensión de utilización normal. Sonlle de aplicación os complementos por enerxía reactiva e discriminación horaria.

- **Tarifa 4.0: Xeral de longa utilización**

Tarifa de baixa tensión de larga utilización. Sonlle de aplicación os complementos por enerxía reactiva e discriminación horaria.

**Elección da tarifa máis axeitada**

En primeiro lugar é necesario determinar a potencia que será necesario contratar, en función das potencias do conxunto de lámpadas e elementos da instalación de iluminación.

Una vez determinada a potencia instalada, será necesario establecer o réxime de carga, é dicir, a curva de demanda de enerxía eléctrica, en función das horas do día. Desta forma poderase elixir a tarifa máis adecuada dependendo da demanda eléctrica.

A continuación amósanse algúns exemplos de análise de facturación de enerxía eléctrica, para diferentes tipos de tarifa, con algunhas das medidas de aforro enerxético comentadas con anterioridade, en dous casos:

**CASO A. Iluminación pública rural:** para este caso analizaranse catro exemplos:

- Exemplo 1: análise da facturación en función de diferentes tarifas para unha iluminación pública de vapor de mercurio cor corrixido de 125 W, con fotocélula.
- Exemplo 2: análise da facturación para o mesmo caso anterior, pero incluíndo como sistema de acendido un reloxo astronómico.
- Exemplo 3: análise da facturación para o mesmo caso anterior, pero substituíndo as luminarias de Vapor de Mercurio (V.M.) de 125 W por vapor de sodio de alta presión (V.S.A.P.) de 100 W.
- Exemplo 4: análise da facturación para o caso anterior, pero incluíndo un redutor de fluxo.

**CASO B. Iluminación pública urbana**

- Exemplo 1: análise da facturación en función de diferentes tarifas para unha iluminación pública de vapor de mercurio cor corrixido de 250 W, con fotocélula.
- Exemplo 2: análise da facturación para o mesmo caso anterior, pero incluíndo como sistema de acendido un reloxo astronómico.
- Exemplo 3: análise da facturación para o mesmo caso anterior, pero substituíndo as luminarias de V.M. de 250 W por vapor de sodio de alta presión (V.S.A.P.) de 150 W.
- Exemplo 4: análise da facturación para o caso anterior, pero incluíndo un redutor de fluxo.

En todos os exemplos que se expoñen a continuación, e para a súa simplicidade, considérase nula a recarga/abono por enerxía reactiva, posto que se toma o factor de potencia igual a 0,9.



## CASO A. Iluminación pública rural

**EXEMPLO 1:** Compárase, neste caso, a facturación de enerxía eléctrica para unha iluminación pública rural con luminarias de vapor de mercurio corrixido de 125 W, para diferentes tarifas.

### SITUACIÓN ACTUAL:

- Iluminación pública rural
- 15 puntos de luz de V.M. cor corrixido 125 W
- Luminaria: CMR 335
- Sistema de acendido: fotocélula
- Subministración: monofásica
- Altura: 7m
- Interdistancia: 35 m.
- Vó: 1 m.
- Potencia instalada: 2,06 kW
- Réxime de funcionamento: 4.450 h/ano
- Nivel de iluminación medio en servizo: 9,40 lux.

### ANÁLISE DA TARIFA ÓPTIMA:

TARIFA	B.0	2.0	3.0	3.0
POT. CONTRATADA (kW)	2,20	2,20	4,40	4,40
DISCRIMINACIÓN HORARIA	TIPO 1	TIPO 0	TIPO 3	TIPO 4
ENERXÍA CONSUMIDA HP			824 kWh	587 kWh
ENERXÍA CONSUMIDA HLL	9.167 kWh	3.152 kWh	2.328 kWh	760 kWh
ENERXÍA CONSUMIDA HV		6.015 kWh	6.015 kWh	7.820 kWh
Termo de potencia (€/ano)	0,00	37,91	74,32	74,32
Termo de enerxía (€/ano)	661,17	492,81	589,77	526,68
I.E.E. (€/ano)	33,80	27,13	33,95	30,73
I.V.E. (€/ano)	111,20	89,26	111,69	101,08
<b>TOTAL</b>	<b>806,17 €</b>	<b>647,11 €</b>	<b>809,73 €</b>	<b>732,81 €</b>
Factor de potencia considerado	0,9	0,9	0,9	0,9

**Para este caso, a tarifa óptima sería a 2.0 (tarifa nocturna)**

**NOTA:** no caso da tarifa 2.0 con discriminación horaria “tipo nocturna”, o valor do complemento por discriminación horaria é informativo, posto que no total do termo de enerxía xa está incluído o desconto correspondente.

**EXEMPLO 2:** no seguinte exemplo, realízase unha comparación entre as diferentes tarifas posibles, tendo en conta a iluminación rural do exemplo anterior e substituíndo o acendido mediante fotocélula polo acendido programado con reloxo astronómico.

<b>ANÁLISE DA TARIFA ÓPTIMA:</b>		<b>VAPOR DE SODIO A.P. 100 W</b> Reloxo astronómico e controlador de tensión			
TARIFA	B.0	2.0	3.0	3.0	
POT. CONTRATADA	2,20 kW	2,20	3,30	3,30	
DISCRIMINACIÓN HORARIA	TIPO 1	TIPO 0	TIPO 3	TIPO 4	
ENERXÍA CONSUMIDA HP			512 kWh	364 kWh	
ENERXÍA CONSUMIDA HLL	5.115 kWh	2.228 kWh	1.716 kWh	1.222 kWh	
ENERXÍA CONSUMIDA HV		2.887 kWh	2.887 kWh	3.529 kWh	
Termo de potencia (€/ano)	0,00	37,91	55,74	55,74	
Termo de enerxía (€/ano)	368,92	396,47	348,68	326,54	
I.E.E. (€/ano)	18,86	11,49	20,68	19,54	
I.V.E. (€/ano)	62,04	37,78	68,02	64,29	
<b>TOTAL</b>	<b>449,83 €</b>	<b>383,66 €</b>	<b>493,12</b>	<b>466,11</b>	
Factor de potencia considerado	0,9	0,9	0,9	0,9	
<b>Prezo por kWh consumido (€/kWh)</b>	<b>0,0879</b>	<b>0,075</b>	<b>0,0964</b>	<b>0,0911</b>	
<b>Aforro económico (€/ano)</b>	<b>170</b>	<b>113</b>	<b>111</b>	<b>111</b>	
<b>Aforro enerxético (kWh/ano)</b>	<b>1.930</b>	<b>1.930</b>	<b>1.930</b>	<b>1.930</b>	
<b>INVESTIMENTO</b>	<b>1.600</b>	<b>1.600</b>	<b>1.600</b>	<b>1.600</b>	
<b>Período de retorno simple (anos)</b>	<b>9,4</b>	<b>14</b>	<b>14,5</b>	<b>14,5</b>	
<b>Para este caso, a tarifa óptima sería a 2.0 tarifa nocturna</b>					

Neste caso a tarifa óptima seguiría sendo a 2.0 con discriminación horaria tipo “nocturna”, aínda que o aforro económico que se obtén é o menor de todos os casos, e por tanto o período de retorno simple deste investimento é o maior.

O maior aforro, ao substituír este equipo, obteríase se a tarifa correspondente ao sistema de iluminación pública fose a 3.0 tanto con D.H. tipo 3, como con D.H. tipo 4. Isto é debido a que co reloxo astronómico como sistema de acendido se reduce considerablemente o consumo en horas punta e posto que a recarga en horas punta para este caso é do 70 e 100%, o aforro económico que se obtén é máis apreciable, polo que o período de retorno para este investimento se reduce considerablemente.

**EXEMPLO 3:** no seguinte exemplo realízase unha comparación entre as diferentes tarifas posibles, tendo en conta a iluminación rural do exemplo anterior e substituíndo o tipo de lámpadas actuais (vapor de mercurio) por luminarias de vapor de sodio a alta presión de 100 W.

<b>ANÁLISE DA TARIFA ÓPTIMA:</b>		<b>RELOXO ASTRONÓMICO</b>			
TARIFA	B.0	2.0	3.0	3.0	
POT. CONTRATADA	2,20 kW	2,20	4,40	4,40	
DISCRIMINACIÓN HORARIA	TIPO 1	TIPO 0	TIPO 3	TIPO 4	
ENERXÍA CONSUMIDA HP			639 kWh	455 kWh	
ENERXÍA CONSUMIDA HLL	8.796 kWh	3.026 kWh	2.142 kWh	1.526 kWh	
ENERXÍA CONSUMIDA HV		5.770 kWh	6.015 kWh	6.814 kWh	
Termo de potencia (€/ano)	0,00	37,91	74,32	74,32	
Termo de enerxía (€/ano)	634,41	473	548,52	520,88	
I.E.E. (€/ano)	32,44	26,12	31,84	30,43	
I.V.E. (€/ano)	106,70	85,92	104,75	100,10	
<b>TOTAL</b>	<b>773,55 €</b>	<b>622,89 €</b>	<b>759,43 €</b>	<b>725,74 €</b>	
Factor de potencia considerado	0,9	0,9	0,9	0,9	
<b>Prezo por kWh consumido (€/kWh)</b>	<b>0,0879</b>	<b>0,0708</b>	<b>0,0863</b>	<b>0,0825</b>	
<b>Aforro económico (€/ano)</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>50</b>	<b>46</b>	
<b>Aforro enerxético (kWh/ano)</b>	<b>371</b>	<b>371</b>	<b>371</b>	<b>371</b>	
<b>INVESTIMENTO</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	
<b>Período de retorno simple (anos)</b>	<b>10,9</b>	<b>12,4</b>	<b>5,9</b>	<b>6,5</b>	
<b>Para este caso, a tarifa óptima seguiría sendo a 2.0 tarifa nocturna</b>					

Neste caso a tarifa óptima seguiría sendo a 2.0 con discriminación horaria tipo “nocturna”, aínda que o aforro económico que se obtén, ao cambiar as luminarias, é o menor de todos os casos, e por tanto o período de retorno simple deste investimento é o maior. Isto é debido, como se pode comprobar na táboa anterior, ao menor prezo da enerxía eléctrica que se obtén con esta tarifa.

**EXEMPLO 4:** no seguinte exemplo, realízase unha comparación entre as diferentes tarifas posibles, tendo en conta a iluminación rural do exemplo anterior. Neste caso, analízase unha iluminación con lámpadas de sodio de alta presión de 100 W, reloxo astronómico e redutor de fluxo con controlador de tensión, que diminúe a tensión e, en consecuencia, o consumo, en función dun horario programado. Desta forma, pódese comprobar que a enerxía consumida en horas val diminúe considerablemente.

**ANÁLISE DA TARIFA ÓPTIMA:****VAPOR DE SODIO A.P. 100 W**

Reloxo astronómico e controlador de tensión

TARIFA	B.0	2.0	3.0	3.0
POT. CONTRATADA	2,20 kW	2,20	3,30	3,30
DISCRIMINACIÓN HORARIA	TIPO 1	TIPO 0	TIPO 3	TIPO 4
ENERXÍA CONSUMIDA HP			512 kWh	364 kWh
ENERXÍA CONSUMIDA HLL	5.115 kWh	2.228 kWh	1.716 kWh	1.222 kWh
ENERXÍA CONSUMIDA HV		2.887 kWh	2.887 kWh	3.529 kWh
Termo de potencia (€/ano)	0,00	37,91	55,74	55,74
Termo de enerxía (€/ano)	368,92	396,47	348,68	326,54
I.E.E. (€/ano)	18,86	11,49	20,68	19,54
I.V.E. (€/ano)	62,04	37,78	68,02	64,29
<b>TOTAL</b>	<b>449,83 €</b>	<b>383,66 €</b>	<b>493,12</b>	<b>466,11</b>
Factor de potencia considerado	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Prezo por kWh consumido (€/kWh)</b>	<b>0,0879</b>	<b>0,075</b>	<b>0,0964</b>	<b>0,0911</b>
<b>Aforro económico (€/ano)</b>	<b>170</b>	<b>113</b>	<b>111</b>	<b>111</b>
<b>Aforro enerxético (kWh/ano)</b>	<b>1.930</b>	<b>1.930</b>	<b>1.930</b>	<b>1.930</b>
<b>INVESTIMENTO</b>	<b>1.600</b>	<b>1.600</b>	<b>1.600</b>	<b>1.600</b>
<b>Período de retorno simple (anos)</b>	<b>9,4</b>	<b>14</b>	<b>14,5</b>	<b>14,5</b>

Para este caso, a tarifa óptima sería a 2.0 tarifa nocturna

**CONCLUSIÓN CASO A:** con estes equipos de optimización enerxética (reloxo astronómico, redutor de fluxo) nunha iluminación con vapor de sodio de A.P., os resultados que se obteñen son os seguintes:

TARIFA	B.0	2.0	3.0	3.0
POT. CONTRATADA (kW)	2,20	2,20	3,30	3,30
CUSTO TOTAL (€/ano)	449,83	383,66	493,12	466,11
AFORRO ECONÓMICO (€/ano)	357	263	317	306
AFORRO ENERXÉTICO (kWh/ano)	4.052	4.052	4.052	4.052
INVESTIMENTO (€)	3.700	3.700	3.700	3.700
Subvención estimada (30%)	1.110	1.110	1.110	1.110
Período de retorno simple (anos) sen subv.	10,4	14	11,7	12,1
Período de retorno simple (anos) con subv.	7,2	9,8	8,2	8,5

Ademais conséguense as seguintes vantaxes:

- Aumenta un 20% o nivel de iluminación medio en servizo: 11,76 lux
- Redúcense as caídas de tensión nun 0,6%
- Redúcese a contaminación lumínica

- Redúcense os custos de mantemento
- Aumenta a seguridade vial

### **CASO B. Iluminación pública urbana**

**EXEMPLO 1:** compárase, neste caso, a facturación de enerxía eléctrica para unha iluminación pública urbana con luminarias de vapor de mercurio corrixido de 250 W, para diferentes tarifas.

#### **SITUACIÓN ACTUAL:**

- Iluminación pública urbana
- 30 puntos de luz de V.M. cor corrixido 250 W
- Luminaria: OVX 752
- Sistema de acendido: fotocélula
- Subministración: trifásica
- Altura: 10 m
- Interdistancia: 25 m.
- Vó: 1,5 m.
- Potencia instalada: 8,25 kW
- Réxime de funcionamento: 4.450 h/ano
- Nivel de iluminación medio en servizo: 10,03 lux.

#### **ANÁLISE DA TARIFA ÓPTIMA:**

TARIFA	B.0	2.0	3.0	3.0
POT. CONTRATADA (kW)	9,9	9,9	16,5	16,5
DISCRIMINACIÓN HORARIA	TIPO 1	TIPO 0	TIPO 3	TIPO 4
ENERXÍA CONSUMIDA HP			3.300 kWh	2.351 kWh
ENERXÍA CONSUMIDA HLL	36.713 kWh	12.623 kWh	9.323 kWh	6.641 kWh
ENERXÍA CONSUMIDA HV		24.090 kWh	24.090 kWh	27.720 kWh
Termo de potencia (€/ano)	0,00	170,61	278,71	278,71
Termo de enerxía (€/ano)	2.647,93	1.973,65	2.361,95	2.236,73
I.E.E. (€/ano)	135,38	109,63	135,01	128,61
I.V.E. (€/ano)	445,33	360,62	444,11	423,05
<b>TOTAL</b>	<b>3.228,63 €</b>	<b>2.614,51 €</b>	<b>3.219,78 €</b>	<b>3.067,10 €</b>
Factor de potencia considerado	0,9	0,9	0,9	0,9

**Para este caso, a tarifa óptima sería a 2.0 tarifa nocturna**

**EXEMPLO 2:** no seguinte exemplo realízase unha comparación entre as diferentes tarifas posibles, tendo en conta a iluminación urbana do exemplo anterior e substituíndo o acendido mediante fotocélula polo acendido programado con reloxo astronómico.

<b>ANÁLISE DA TARIFA ÓPTIMA:</b>		<b>RELOXO ASTRONÓMICO</b>			
TARIFA	B.0	2.0	3.0	3.0	
POT. CONTRATADA kW	9,90	9,90	16,50	16,50	
DISCRIMINACIÓN HORARIA	TIPO 1	TIPO 0	TIPO 3	TIPO 4	
ENERXÍA CONSUMIDA HP			2.558 kWh	1.823 kWh	
ENERXÍA CONSUMIDA HLL	35.228 kWh	11.138 kWh	8.580 kWh	6.113 kWh	
ENERXÍA CONSUMIDA HV		24.090 kWh	24.090 kWh	27.292 kWh	
Termo de potencia (€/ano)	0.00	170,61	278,71	278,71	
Termo de enerxía (€/ano)	2.540,82	1.849,18	2.196,76	2.086,06	
I.E.E. (€/ano)	129,90	103,27	126,56	120,90	
I.V.E. (€/ano)	427,32	339,69	416,33	397,8	
<b>TOTAL</b>	<b>3.098,04 €</b>	<b>2.462,75 €</b>	<b>3.018,36 €</b>	<b>2.883,38 €</b>	
Factor de potencia considerado	0,9	0,9	0,9	0,9	
<b>Aforro económico (€/ano)</b>	<b>130,59</b>	<b>151,76</b>	<b>201,42</b>	<b>183,72</b>	
<b>Aforro enerxético (kWh/ano)</b>	<b>1.485</b>	<b>1.485</b>	<b>1.485</b>	<b>1.485</b>	
<b>INVESTIMENTO</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	
<b>Para este caso, a tarifa óptima sería a 2.0 tarifa nocturna</b>					

**EXEMPLO 3:** no seguinte exemplo realízase unha comparación entre as diferentes tarifas posibles, tendo en conta a iluminación urbana do exemplo anterior e substituíndo o tipo de luminarias actuais (vapor de mercurio) por luminarias de vapor de sodio a alta presión de 150 W.

<b>ANÁLISE DA TARIFA ÓPTIMA:</b>		<b>VAPOR DE SODIO A.P. 150 W</b>			
		<b>Acendido mediante reloxo astronómico</b>			
TARIFA	B.0	2.0	3.0	3.0	
POT. CONTRATADA (kW)	9,90	6,6	9,90	9,90	
DISCRIMINACIÓN HORARIA	TIPO 1	TIPO 0	TIPO 3	TIPO 4	
ENERXÍA CONSUMIDA HP			1.535 kWh	1.094 kWh	
ENERXÍA CONSUMIDA HLL	21.137 kWh	6.683 kWh	5.148 kWh	3.668 kWh	
ENERXÍA CONSUMIDA HV		14.454 kWh	14.454 kWh	16.375 kWh	
Termo de potencia (€/ano)	0,00	113,74	167,23	167,23	
Termo de enerxía (€/ano)	1.521,51	1.109,52	1.318,06	1.251,63	
I.E.E. (€/ano)	77,94	62,54	75,94	72,54	
I.V.E. (€/ano)	256,39	205,73	249,79	238,62	
<b>TOTAL (€/ano)</b>	<b>1.855,84</b>	<b>1.491,53</b>	<b>1.811,02</b>	<b>1.730,02</b>	
Factor de potencia considerado	0,9	0,9	0,9	0,9	
<b>Aforro económico (€/ano)</b>	<b>1.242,2</b>	<b>971,22</b>	<b>1.207,34</b>	<b>1.153,36</b>	
<b>Aforro enerxético (kWh/ano)</b>	<b>14.091</b>	<b>14.091</b>	<b>14.091</b>	<b>14.091</b>	
<b>INVESTIMENTO</b>	<b>3.600</b>	<b>3.600</b>	<b>3.600</b>	<b>3.600</b>	
<b>Para este caso, a tarifa óptima sería a 2.0 tarifa nocturna</b>					

**EXEMPLO 4:** no seguinte exemplo compárase entre as diferentes tarifas posibles, tendo en conta a iluminación rural do exemplo anterior. Neste caso, analízase unha iluminación con lámpadas de sodio de alta presión de 100 W, reloxo astronómico e redutor de fluxo con controlador de tensión, que diminúe a tensión e, en consecuencia, o consumo, en función dun horario programado. Desta forma pódese comprobar que a enerxía consumida en horas val diminúe considerablemente.

<b>ANÁLISE DA TARIFA ÓPTIMA:</b>		<b>VAPOR DE SODIO A.P. 150 W</b> Reloxo astronómico e controlador de tensión			
TARIFA	B.0	2.0	3.0	3.0	
POT. CONTRATADA (kW)	9,90	6,60	9,90	9,90	
DISCRIMINACIÓN HORARIA	TIPO 1	TIPO 0	TIPO 3	TIPO 4	
ENERXÍA CONSUMIDA HP			1.535 kWh	1.094 kWh	
ENERXÍA CONSUMIDA HLL	15.345 kWh	6.683 kWh	5.148 kWh	3.668 kWh	
ENERXÍA CONSUMIDA HV		8.662 kWh	8.663 kWh	10.583 kWh	
Termo de potencia (€/ano)	0,00	113,74	167,23	167,23	
Termo de enerxía (€/ano)	1.106,73	889,38	1.046,03	979,61	
I.E.E. (€/ano)	56,59	51,29	62,03	58,63	
I.V.E. (€/ano)	186,13	168,70	204,05	192,88	
<b>TOTAL (€)</b>	<b>1.349,48</b>	<b>1.223,11</b>	<b>1.479,34</b>	<b>1.398,35</b>	
Factor de potencia considerado	0,9	0,9	0,9	0,9	
<b>Aforro económico (€/ano)</b>	<b>506,36</b>	<b>268,42</b>	<b>331,68</b>	<b>331,67</b>	
<b>Aforro enerxético (kWh/ano)</b>	<b>5.792</b>	<b>5.792</b>	<b>5.792</b>	<b>5.792</b>	
<b>INVESTIMENTO</b>	<b>1.800</b>	<b>1.800</b>	<b>1.800</b>	<b>1.800</b>	
<b>Para este caso, a tarifa óptima sería a 2.0 tarifa nocturna</b>					

**CONCLUSIÓN CASO B:** con estes equipos de optimización enerxética (reloxo astronómico, redutor de fluxo) nunha iluminación con vapor de sodio de A.P., obtéñense os seguintes resultados:

TARIFA	B.0	2.0	3.0	3.0
POT. CONTRATADA (kW)	9,90	6,60	9,90	9,90
CUSTO TOTAL (€/ano)	1.349,48	1.223,11	1.479,34	1.398,35
AFORRO ECONÓMICO (€/ano)	1.748,56	1.239,64	1.539,02	1.485,03
AFORRO ENERXÉTICO (kWh/ano)	19.883	19.883	19.883	19.883
INVESTIMENTO (€)	5.400	5.400	5.400	5.400
Subvención estimada (30%)	1.620	1.620	1.620	1.620
Período de retorno simple (anos) sen subv.	3,1	4,4	3,5	3,6
Período de retorno simple (anos) con subv.	2,2	3	2,5	2,5

Ademais, conséguense as seguintes vantaxes:

- Aumenta un 30% o nivel de iluminación medio en servizo: 14,42 lux
- Redúcense as caídas de tensión nun 0,6%
- Redúcese a contaminación lumínica
- Redúcense os custos de mantemento
- Aumenta a seguridade vial

### **3.3.- Agrupacións escolares e outras dependencias municipais**

Neste capítulo englobanse os resultados obtidos das auditorías realizadas tanto en centros educativos como en oficinas e outras dependencias municipais. Posto que as medidas de aforro que se poden propoñer para todos estes centros son moi similares, considerouse oportuno incluílas nun mesmo apartado.



#### **3.3.1.- Situación actual**

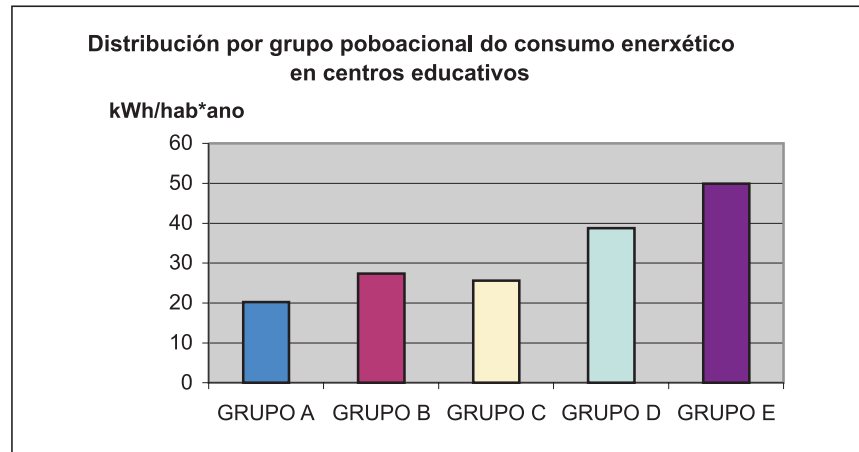
##### **3.3.1.1.- Centros educativos**

As agrupacións escolares engloban o conxunto de dependencias dedicadas á ensinanza dentro dun concello e supoñen o 12% do consumo medio de enerxía nun concello galego e o 6% da partida de gastos de enerxía.

Realizáronse auditorías en máis de 50 centros de educación e os resultados de consumo enerxético obtidos son os seguintes:



- Distribución por grupo poboacional da intensidade enerxética en centros educativos: como se pode observar no gráfico seguinte, o consumo enerxético por habitante demandado polos centros educativos dun concello é tanto máis importante canto menor sexa o número de habitantes que teña o concello.



Fonte: INEGA

Os resultados das auditorías realizadas indican un potencial de aforro enerxético dun 7% do consumo de enerxía. Se se extrapolan estes resultados ao conxunto do sector, o aforro de enerxía nestas dependencias podería chegar a acadar máis de 4.340 tep/ano.

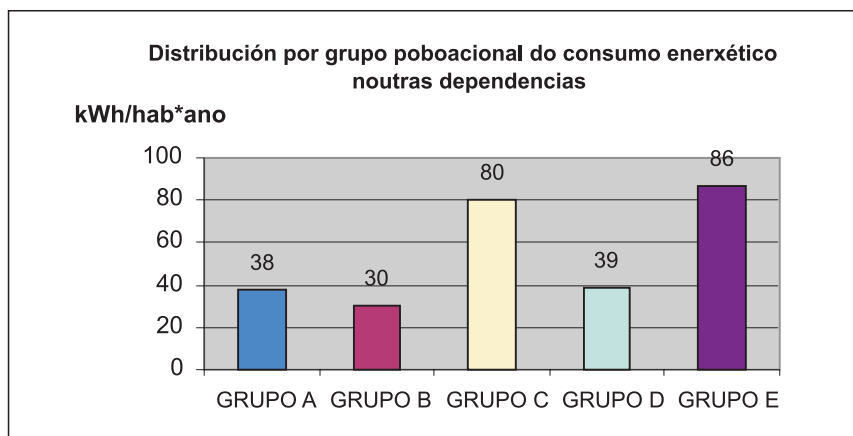
### **3.3.1.2.- Outras dependencias municipais**

Englóbense neste apartado as casas consistoriais, bibliotecas, museos, oficinas, e demais centros dependentes do concello.

As auditorías realizadas aos edificios pertencentes a este grupo amosaron un consumo de enerxía de 2.505 tep/ano, o que supón un 20% do total, e un gasto económico de 1,6 M€/ano, un 14% do total. Aínda que estes datos dependen en gran medida do tipo de concello e dos servizos que preste.



Realizando a comparación da intensidade enerxética noutras dependencias en función do grupo poboacional obtense a seguinte gráfica:



*Fonte: INEGA*

Como pode observarse, neste caso as diferenzas son moi significativas. Isto é debido ás numerosas dependencias que entran dentro deste apartado, e coas que contan os diferentes concellos. Deste xeito, non todos os concellos da mostra contan coas mesmas dependencias municipais posto que non todos teñen que prestar os mesmos servizos.

Neste caso, a análise dos resultados das auditorías realizadas indican un aforro de enerxía nestas dependencias dun 2%, o que suporía un total de 1.240 tep/ano.

### 3.3.2.- Iluminación

A importancia dunha correcta iluminación en calquera tipo de ambiente é fundamental e atende a dous obxectivos:

- Boas condicións de visibilidade.
- Satisfacción visual óptima.

No caso dos **centros escolares** estes obxectivos adquiren, se cabe, unha maior relevancia debido ao tipo de traballo que neles se desempeña. Este tipo de instalacións deben estar provistas de equipos que proporcionen un ambiente visual confortable e apto para a actividade que en cada estancia se desenvolva.

Por outra banda, o potencial de aforro que se estima neste campo, segundo as auditorías realizadas, sitúase arredor do 15-20% da enerxía consumida en iluminación. Por tanto, é importante a utilización de luminarias de alto rendemento, que incorporen equipos de baixo consumo e lámpadas de alto rendemento lumínico, o que permitirá, unido a unha

boa xestión de mantemento da iluminación, acadar este potencial de aforro sen perder a calidade do servizo nin reducir os niveis de confort.

En xeral, para calquera dependencia municipal, a iluminación deberá evitar a aparición de sensacións de cansazo, cegamento, emisión de calor das luminarias, incomodidade, etc.

### 3.3.2.1.- Tipos de equipos recomendados para iluminación

#### • Lámpadas

Para determinar os tipos de lámpadas máis axeitados para utilizar nestes casos, é necesario definir a actividade que se vai a desenvolver e, deste xeito, poder adecuar os parámetros de iluminación ás condicións de utilización demandadas.

A continuación, compáranse os diferentes tipos de lámpadas en función dos parámetros básicos que as caracterizan.

Tipo lámpada	Potencia (W)	Rendemento (lumen/W)	Vida útil (horas)	T. cor (K)	IRC
Incandescentes	1 a 2.000	8 a 20	1.000	2.600	100
Fluorescentes tubulares	4 a 215	40 a 93	7.500	Variable	62-98
Fluorescentes compactas	5 a 36	50 a 82	10.000	Variable	85-95
Vapor de mercurio	50 a 2.000	40 a 58	14.000	3.500-4.200	50
Haloxenuros metálicos	75 a 3.500	60 a 95	2.500-14.000	3.000-6.000	60-93
Vapor de sodio de alta presión	50 a 1.000	66 a 130	12.000-18.000	2.000-2.200	20-65

IRC: índice de rendemento da cor.

T.cor: Temperatura da cor.

As cores das lámpadas de descarga dependen do tipo de gas ou vapor existente (amarelo para o sodio e azul pálido para o mercurio). As lámpadas fluorescentes ofrecen un maior rango de matices posto que permiten a mestura dunha gran cantidade de substancias luminescentes para conseguir calquera tipo de cor. No seguinte cadro, móstranse as diferentes temperaturas da cor deste tipo de lámpada, en función da cor da luz que presenten.

COR DE LUZ	Temperatura de cor (K)
Branco cálido	2.900-3.000 K
Branco neutral	3.500-4.100 K
Branco frío	4.000-4.500 K
Branco luz día	6.000-6.500 K

### • Equipos auxiliares

As *lámpadas incandescentes, halógenas e de luz de mestura* non precisan ningún equipo auxiliar para se conectar á rede, debido a que polas súas características técnicas teñen a propiedade de que a intensidade e a tensión que pasa por elas son proporcionais.

Nas *lámpadas de descarga*, a relación entre a intensidade e a tensión que pasa por elas non é proporcional, é dicir, a tensión case non depende da corrente que a atravesa; polo tanto, para evitar fluctuacións de luz e conseguir un correcto funcionamento, é necesario dispoñer dalgún dispositivo estabilizador da corrente.

Normalmente, os aparellos que se utilizan para a estabilización da corrente son cebadores convencionais que controlan o acendido.

Os equipos auxiliares máis utilizados son os balastos e os arrancadores:

- **Balastos:** as reactancias ou balastos son accesorios para utilizar en combinación coas lámpadas de descarga e limitan a corrente que circula por elas para un funcionamento axeitado. Subministran, ademais, a corrente e tensión de arranque necesarias en cada caso.
- **Arrancadores:** este tipo de equipos precísanse cando a tensión necesaria para o arranque sexa moi elevada.

A continuación resúmense brevemente os diferentes equipos auxiliares das lámpadas de descarga.

- *Lámpadas fluorescentes:*

Este tipo de lámpada posúe características de resistencia negativa, polo que se debe operar cun dispositivo de corrente limitada (balastro). O balastro, que posúe características de resistencia positiva, pode ser:

- Balastro resistivo: para corrente continua.
- Balastro indutivo: para aplicacións normais de corrente alterna.
- Balastro electrónico: é o máis caro, pero ofrece vantaxes con respecto aos anteriores.

A resistencia interna da lámpada apagada encóntrase demasiado fría, polo que é necesario un equipo auxiliar para o acendido, que pode ser de tres tipos:

- Circuito con arrancador prequentado: o acendido está controlado por un arrancador (cebador) convencional ou electrónico.
- Circuito sen arrancador prequentado: estas lámpadas poden operar con dous tipos diferentes de circuito, o de acendido instantáneo (semirresoante) e o de acendido rápido (non-resoante).
- Circuito de acendido frío: utilizado en lámpadas que están dotadas dunha banda interna para facilitar o acendido inmediato sen prequentamento e sen cebador.

Para a corrección do factor de potencia utilízase un condensador en paralelo co circuito da lámpada.

- *Lámpadas de vapor de mercurio de alta presión:*

Neste tipo de lámpadas, á parte da reactancia, non é necesario equipo de arranque, pero utilízanse balastros indutivos e un condensador para compensar o factor de potencia.

- *Lámpadas de haloxenuros metálicos:*

Neste tipo de lámpadas a tensión de acendido é moi elevada e, polo tanto, necesitan o emprego dun cebador. O balastro a conectar depende das características daquelas.

- *Lámpadas de sodio de alta presión:*

Este tipo de lámpadas operan normalmente cun balastro e un arrancador. Algunhas lámpadas teñen un arrancador incorporado, mais a maioría utilizan un dispositivo de arranque externo.

### **3.3.2.2.- Selección de equipos para centros educativos**

As particularidades das actividades que se desenvolven nos centros escolares precisan un estudo polo miúdo da iluminación nestas dependencias. En xeral, pódense diferenciar, entre outras, as seguintes:

- Salas de ensino teórico
- Salas de ensino práctico (laboratorios, debuxo, informática, etc.)
- Salas de profesores
- Salón de actos
- Biblioteca
- Ximnasio
- Oficinas de administración
- Despachos
- Vestíbulos, corredores e escaleiras
- Duchas e aseos

En liñas xerais, pódese indicar que nas aulas de ensino teórico e zonas de utilización xeral, se adoitan empregar lámpadas fluorescentes ou lámpadas de baixo consumo, sempre tendo en conta a idoneidade de utilizar lámpadas de maior rendemento lumínico e de cor para a tarefa que se desenvolve en cada estancia.

Nas zonas destinadas a actividades deportivas de interior, utilizaranse lámpadas de descarga de vapor de mercurio con haloxenuros metálicos ou vapor de sodio alta presión. No caso de que as actividades se realicen no exterior empregaranse lámpadas de sodio de alta presión, sempre e cando a altura das luminarias o recomende.

Á hora de seleccionar o tipo adecuado de luminaria, lámpada e equipo auxiliar, é necesario determinar, en primeiro lugar, a dependencia obxecto de estudo, tendo en conta a actividade que se vai realizar nela. Os parámetros de iluminación recomendados para as diferentes dependencias que se encontran nun centro docente especificanse na seguinte táboa:

Tipo de dependencia		Iluminancia media (lux)	Clase de cegamento	Grupo de rendemento de cor
Aula de ensino	Xeral	300	B	1B
	Lousa			
Aula de informática	Xeral	500	A	1B
	Lousa	300		
Aula de debuxo	Xeral	750	A	1A
	Lousa	300		
Aula de laboratorio	Xeral	500	B	1B
	Lousa	300		
Biblioteca	Zona lectura	500	B	1B
	Ambiental	200		
Salón de actos	Xeral	200	C	1B
	Escenario	700	--	
Ximnasio	Xeral	300	C	2A
Aula de profesores	Xeral	300	B	1B

Como se pode comprobar, o grao de cegamento e o rendemento de cor son parámetros a ter en conta á hora de deseñar un sistema de iluminación. Con estes índices de referencia pódese determinar a idoneidade da utilización dun tipo de luminaria en cada unha das diferentes estancias.

O **cegamento** directo de lámpadas elimínase coa utilización de luminarias que redistribúan o fluxo delas de forma idónea para cada tipo de actividade a realizar. Segundo isto, clasifícase o grao de cegamento en función de diferentes graos de calidade, aos que se lles asigna un índice de cegamento, tal e como se pode observar na táboa seguinte:

Clase de cegamento	Actividade	Índice de cegamento
A	Visual moi alta	1,15
B	Visual alta	1,50
C	Visual media	1,85
D	Visual baixa	2,20
E	Visual moi baixa	2,55

O outro parámetro que inflúe na determinación do “confort” dentro dunha estancia refírese ao **rendemento de cor** que, tal e como se definiu previamente, se refire á capacidade de produción cromática dos obxectos iluminados por unha fonte de luz. Para seleccionar unha lámpada en función do índice do rendemento de cor e da temperatura de cor, segundo a Comisión Internacional de Iluminación (C.I.E.), utilizarase a seguinte táboa:

Índice de reprodución cromática	Grupo de rendemento de cor	Cálido < 3.300 K	Neutro 3.300-5.000 K	Frío > 5.000 K
Excelente 90-100	1A	- Halóxenas. - Fluorescentes: lineal ou compacta	- Fluorescentes: lineal ou compacta	- Fluorescentes: lineal ou compacta
Bo 80-90	2A	- Fluorescentes: lineal ou compacta - Sodio branco	- Fluorescentes: lineal ou compacta - Haloxenuros - Indución	
Razonable 70-80	1B	- Haloxenuros metálicos	- Haloxenuros metálicos	- Halox. metálicos
Mala < 70	2B	- Mercurio - Sodio	- Mercurio	

Con carácter xeral, deberanse utilizar lámpadas cun índice de reprodución cromática de entre 70-80%, excepto para aquelas actividades que requiran unha maior calidade de luz, tales como laboratorios, aulas de pintura, etc.

En canto á temperatura de cor, convén empregar aquelas lámpadas que ofrezan unha temperatura de cor de 3.500 K, aínda que depende do tipo de actividade que se realice, tal e como se reflicte a continuación:

Índice de reprodución cromática	Actividade
Tons cálidos: < 3.000 K	Áreas de descanso. Salas de espera. Áreas de recreo.
Tons neutros: 3.300-5.000 K	Áreas con importante achega de luz natural Tarefas visuais medias
Tons fríos: 5.000 K	Tarefas visuais de alta concentración



### Selección de balastos.

A eficiencia enerxética dos balastos varía en función do tipo de balastro, da potencia e tipo de lámpada, e do número de lámpadas asociadas ao equipo. Na seguinte gráfica obsérvase a porcentaxe de perdas dos balastos, sobre a potencia da lámpada, en función destes factores:

SELECCIÓN DE BALASTO			
Tipo de lámpada	Tipo de balastro		
	Magnético estándar	Magnético de baixas perdas	Electrónico
Fluorescencia	20-25%	14-16 %	8-11 %
Descarga	14-20%	8-12 %	6-8 %
Halóxenas de baixa tensión	15-20%	10-12 %	5-7 %

En xeral, recoméndase a utilización de balastos electrónicos debido a que ofrecen múltiples ventaxas en comparación cos convencionais, entre as que cabe destacar:

- Redución dun 25% da enerxía consumida con respecto aos convencionais.
- Incremento da eficacia da lámpada.
- Incremento da vida da lámpada ata un 50%. Redución de custos de mantemento.
- Eliminación do efecto estroboscópico (intermitencia da luz). Auméntase a calidade da luz da lámpada.
- Aumento do confort xeral, eliminándose os ruídos producidos polos equipos.
- Maior seguridade contra incendios ao diminuír a temperatura do equipo e da luminaria.

#### 3.3.2.3.- Selección de equipos para outras dependencias municipais

Os parámetros de iluminación recomendados para as diferentes dependencias especificanse na seguinte táboa:

	Clase de actividade	Iluminancia (lux)
Zonas comúns	Almacéns	100
	Garaxes	100
	Servizos e duchas	100
	Vestiaros	100
	Corredores e escaleiras	100
	Vestíbulos	250
Cociñas	Xeral	250
	Mesas de traballo	400
	Fregadeiros	500
	Despensas	100
Locais públicos	Bibliotecas	500
	Salóns de actos	250
	Teatros	120
	Feiras	400
Museos e galerías de arte	Xeral	250
	Enriba dos cadros	300
	Enriba das esculturas	1.000
Oficinas	Despachos	400
	Arquivos	250
	Contabilidade	400
	Proceso de datos	500
	Debuxo técnico	500
	Salas de conferencias	250
	Traballos xerais	300

Estes niveis de iluminancia deben terse en conta á hora de elixir entre os diferentes sistemas de iluminación posibles para cada tipo de estancia, ademais de ter en conta o aspecto económico. A continuación, expóñense algunhas indicacións que cómpre considerar para a súa iluminación:

- Agrupar nunha mesma zona as actividades semellantes e, no caso en que isto non sexa posible, adoptar unha solución de iluminación media.
- As actividades que requiran de maior iluminación deben situarse nas zonas próximas á iluminación natural.

- En interiores de traballo, o factor máis importante é proporcionar condicións de zonas de iluminación axeitadas no plano de traballo, xa que pode ter unha influencia positiva na súa execución.
- Nos locais destinados ao ocio os factores estéticos e de benestar visual son os requisitos dominantes nun deseño de iluminación.
- En museos e exposicións de arte, o factor que prima é conseguir reflectir a autenticidade da obra.
- En xeral, para as zonas de circulación, como corredores e escaleiras, a iluminación vai encamiñada a conseguir seguridade e orientación, polo que nestes casos é máis importante a iluminación vertical que a horizontal.

#### **3.3.2.4.- Recomendacións de aforro enerxético en iluminación de centros municipais**



##### **Substitución de lámpadas. Lámpadas fluorescentes compactas (baixo consumo).**

As lámpadas incandescentes disipan un 80% da enerxía que consomen en forma de calor e utilizan tan só o 20% restante para iluminar. Por outra parte, acéndense e apáganse instantaneamente, a diferenza das fluorescentes compactas, que acadan o 80% do seu fluxo luminoso ao cabo dun minuto do seu acendido.

Nos lugares onde as lámpadas incandescentes se manteñen acendidas durante períodos de tempo longos, recoméndase substituílas por lámpadas de baixo consumo, que teñen aproximadamente unha eficacia igual a 5 veces a das lámpadas incandescentes e están dispoñibles coa mesma configuración de casquillo, polo que a súa instalación é moi doada. Polo tanto, é aconsellable a substitución deste tipo de lámpadas por outras dun maior rendemento luminoso, como poden ser as lámpadas de baixo consumo.

Con esta simple medida pódense chegar a acadar aforros de ata un 80% de enerxía, mantendo os niveis de iluminación e de confort. O investimento que supón o cambio deste tipo de lámpadas amortízase nun curto período de tempo.

No seguinte cadro compáranse as potencias de ambos os dous tipos de lámpadas para os mesmos niveis de iluminación, destacando o aforro enerxético que se obtén coa súa substitución.

			
<b>Incandescente</b>	<b>Baixo consumo</b>	<b>Fluxo</b>	<b>Aforro de</b>
<b>Potencia(W)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>luminoso (lm)</b>	<b>enerxía (%)</b>
40	9	400	78
60	11	600	82
75	15	900	80
100	20	1.100	80
120	23	1.500	81

A continuación, especificanse os aforros enerxéticos e económicos anuais que se poden acadar substituíndo diferentes tipos de lámpadas para un horario de funcionamento de 3 horas ao día.

<b>Substitución lámpadas</b>		<b>Aforro de enerxía (kWh/ano)</b>	<b>Aforro económico (€/ano)</b>
<b>Incandescentes</b>	<b>Baixo consumo</b>		
40 W	9 W	33	3,18
60 W	11 W	52	5,07
75 W	15 W	64	6,19
100 W	20 W	85	8,25
120 W	23 W	104	10,02

### Lámpadas de descarga

A utilización deste tipo de lámpadas é recomendable naquelas zonas onde non se necesite un rendemento bo da cor, como poden ser zonas deportivas ou piscinas climatizadas. Con este sistema pódense acadar aforros de enerxía de ata un 35%.

A continuación, expónse unha táboa cun resumo dos aforros medios que se poden acadar por substitución de lámpadas, tanto na iluminación exterior coma na interior.

### ILUMINACIÓN EXTERIOR

<b>Lámpada</b>	<b>Substitución</b>	<b>% Aforro enerxético</b>
Vapor de mercurio	Vapor sodio alta presión	>12
Halóxena convencional	Vapor sodio alta presión	78
Halóxena convencional	Haloxenuros metálicos	70
Incandescencia	Fluorescentes compactas	80

## ILUMINACIÓN INTERIOR

Lámpada	Substitución	% Aforro enerxético
Incandescencia	Fluorescentes compactas	80

### Melloras de lámpadas fluorescentes

En xeral, as lámpadas fluorescentes utilízanse nas zonas onde se necesita luz de boa calidade e onde se realizan poucos apagados-acendidos.

Nas lámpadas fluorescentes que permanezan acendidas un número elevado de horas ao día, recoméndase a substitución de balastos convencionais polos electrónicos. Con esta medida obtense unha redución do consumo dun 10%, ademais de aumentar a vida das lámpadas un 50% e reducir os custos de mantemento e reposición. A continuación expóñense as vantaxes deste sistema fronte ao convencional:

- Mellorar a eficiencia da lámpada e do sistema.
- Non producen efectos de escintileo e estroboscópicos.
- Brindan un arranque instantáneo sen necesidade dun arrancador por separado.
- Incrementan a vida da lámpada.
- Ofrecen excelentes posibilidades de regulación do fluxo luminoso.
- Factor de potencia próximo á unidade.
- Conexión máis sinxela.
- Menor aumento da temperatura.
- Non producen zunchos nin ruídos.
- Posúen menos peso.

Estímase que coas medidas propostas para iluminación se poden acadar aforros de enerxía eléctrica entre o 30% e o 50%, ademais da redución de emisión da calor coa iluminación de baixo consumo.

### Control da iluminación

Unha xestión óptima da iluminación é fundamental para obter uns bos resultados de eficiencia enerxética.

A continuación expóñense algunhas das estratexias de control da iluminación:

- Programación: os niveis de iluminación e distribución pódense programar de forma automática cando se coñece a rutina das actividades diarias, como é o caso dos centros educativos e das oficinas e outros centros municipais.
- Control da iluminancia: normalmente, os sistemas deséñanse cun 30-50% de niveis de iluminancia superiores aos necesarios, polo que é importante coñecer cales son estes niveis para manter unha correcta iluminancia para cada zona.
- Utilización da luz natural: realizar un correcto axuste dos niveis de iluminancia adaptados á luz natural existente supón un aforro enerxético importante.
- Optimización da potencia: pódese conseguir un importante aforro de enerxía se se reducen os niveis de iluminación, en certos períodos de tempo, en áreas non críticas. Deste xeito, recoméndase a utilización de sistemas de control de tempo, que apagan as luces segundo un esquema horario especificado.
- Utilización de detectores de presenza: en relación co anteriormente exposto, existen equipos relacionadas co grao de ocupación, que utilizan detectores de presenza que acenden a luz cando detectan a alguén e a apagan cando, nun tempo determinado, xa non se detecta esa presenza. Son recomendables para corredores e zonas de almacén.
- Sistemas de control relacionados coa luz do día: este tipo de control baséase nunha serie de fotocélulas que apagan as lámpadas cando a luz natural é suficiente.
- Sistemas de xestión da iluminación: en edificios de usos múltiples resulta de interese analizar a posibilidade de incluír un sistema de xestión integral da iluminación que permita un control centralizado, co que se pode chegar a reducir o consumo enerxético ao redor dun 15%.

### **Recomendacións que supoñen escaso ou nulo investimento**

- Control dos niveis excesivos de iluminación artificial.
- Emprego de pinturas e cores que favorezan o aforro en iluminación.
- Mantemento correcto e periódico do sistema de iluminación.

- Limpeza de pantallas.
- Utilización de programadores horarios.
- Utilización de detectores de presenza en zonas comúns: corredores, lugares de paso que non se utilicen.
- Instalación de interruptores temporizadores de apagado/acendido de luces, en zonas comúns.

### 3.3.2.5.- Índices de eficiencia enerxética nos diferentes sistemas de iluminación

Como resumo, cómpre indicar que nos sistemas de iluminación se deben cumprir uns parámetros mínimos de eficiencia enerxética dos diferentes equipos. A continuación, especificanse algúns dos máis importantes:

#### - Rendemento lumínico mínimo de lámpadas:

Con carácter xeral, as lámpadas que se empreguen en centros docentes deberán ter, como mínimo, un rendemento lumínico de 60 lm/W, con independencia da calidade da reprodución de cor.

#### - Rendemento lumínico mínimo de luminarias:

As luminarias que se coloquen en zonas interiores (aulas, laboratorios, etc.) deberán ter como mínimo un rendemento cara ao hemisferio inferior do 60%. No caso de que estas luminarias estean situadas no exterior, o rendemento mínimo variará segundo sexa o tipo de luminaria, tal e como se amosa a seguir:

	Rendemento mínimo recomendado
Luminaria tipo proxección	≥ 60 %
Luminaria decorativa	≥ 55 %
Luminaria de tipo viario	≥ 65 %

#### - Índice de “consumo propio” de equipos recomendado:

No caso de equipos auxiliares (balastos, arrancadores, etc.) o consumo máximo do conxunto non deberá superar os seguintes valores:

	Valores máximos
Descarga < 150 W	10%
Descarga > 150 W	15 %
Factor de potencia total	> 0,9

#### - Factores de reflexión recomendados:

Na táboa seguinte amósanse os valores recomendados de reflexión para obter uns niveis de confort axeitados.

	Reflexión
Paredes	0,5-0,7
Lousa escura	0,05-0,20
Lousa clara	0,5-0,7
Teitos	0,7-0,8
Solos	0,15-0,20
Mobiliario e equipos	0,20-0,40
Cortinas	0,50-0,70

#### - Índice de eficiencia enerxética xeral:

Unha vez realizado o proxecto de iluminación dunha estancia, e co obxecto de determinar o grao de eficiencia enerxética acadado, calcúlase o índice de eficiencia enerxética xeral (IEE), que se determina como a relación entre a potencia total instalada (lámpadas + equipos) e a superficie total da estancia, todo isto referido a un nivel de iluminancia de 100 lux.

Supoñendo unha zona escolar cunha superficie de 9 x 5 m<sup>2</sup>, na que hai instaladas 5 luminarias con 2 lámpadas fluorescentes de 36 W cada unha, o IEE sería:

$$\text{Potencia total} = 396 \text{ W}$$

$$\text{Superficie total} = 45 \text{ m}^2$$

$$\text{Nivel de iluminación} = 320 \text{ lux}$$

$$\text{IEE} = 396/45 \cdot (100/320) = 2,75$$

Na seguinte táboa especificanse os valores de comparación para o índice de eficiencia enerxética. Este valor debe situarse entre o valor do IEE óptimo e o IEE máximo.



<b>IEE óptimo</b>	2,0
<b>IEE medio</b>	3,5
<b>IEE máximo</b>	4,5

### 3.3.3.- Calefacción

O consumo medio de combustibles utilizados para xerar auga quente para calefacción dun centro educativo representa o 66% do consumo total de enerxía, mentres que no caso doutras dependencias municipais este consumo descende ata o 15%. Isto é debido principalmente a que en moitos casos (oficinas, centros de ocio, etc.) se empregan equipos de calefacción eléctricos.

As necesidades de calefacción dependen de determinados factores como son o clima, a orientación, a calidade dos materiais de construción utilizados, o illamento e o uso que se lle dea á estancia que se vai calefactar.

As medidas de aforro de enerxía dentro do apartado de calefacción defínense a partir dunhas necesidades de confort, que dependen de tres factores:

- temperatura óptima de traballo,
- calidade do aire,
- humidade relativa

O Real Decreto 486/1997, polo que se establecen as disposicións mínimas de seguridade e saúde nos lugares de traballo, define as **temperaturas** dos locais según o seu uso. A continuación, e a modo de referencia, especificanse estas temperaturas para os diferentes lugares de traballo.

LOCAL	TEMPERATURA (°C)
Recepción	18
Administración	20
Secretaría	20
Aulas	18-20
Biblioteca	21
Despachos	20
Salón de actos	20
Salas de reunións	20

Por outra banda, a **calidade do aire** depende de múltiples factores e, principalmente, das renovacións de aire, que non deben ser inferiores a 30 m<sup>3</sup>/h por persoa. En canto á **humidade relativa**, esta debe estar situada entre o 30 e o 70%.

Unha vez definidos os parámetros de consigna para cada unha das estancias dos centros educativos, pódese realizar o control adecuado para garantir os niveis de confort.

### **3.3.3.1.- Sistemas de calefacción**

Na práctica totalidade dos centros educativos e municipais auditados empréganse caldeiras convencionais con radiadores de auga para satisfacer as necesidades de calefacción e, minoritariamente, utilízanse radiadores eléctricos. A continuación, resúmense algunhas definicións básicas establecidas na ITE.01 do Regulamento de instalacións térmicas en edificios (RITE) que permitirán diferenciar algúns dos conceptos que se utilizarán en apartados posteriores.

- **Caldeira**: conxunto formado por un corpo e un queimador, destinado a transmitir á auga a calor liberada na combustión.
- **Caldeira estándar**: caldeira que conta cunha temperatura media de funcionamento que pode limitarse a partir do seu deseño.
- **Caldeira de baixa temperatura**: caldeira que pode funcionar continuamente cunha temperatura de auga de alimentación de entre 35 e 40°C, e que en determinadas circunstancias pode producir condensación.
- **Caldeira de gas de condensación**: caldeiras deseñadas para poder compensar de forma permanente unha parte importante do vapor de auga contido nos gases de combustión.
- **Potencia nominal útil dunha caldeira**: potencia calorífica máxima que, segundo determine e garanta o fabricante, se pode subministrarse en funcionamento continuo, axustándose aos rendementos útiles declarados polo mesmo fabricante.
- **Rendemento útil dunha caldeira**: relación entre o fluxo de calor transmitido ao fluído portador e o produto do poder calorífico inferior (PCI) a presión constante do combustible polo consumo nunha unidade de tempo.
- **Poder calorífico (dun combustible)**: cantidade de calor producida pola combustión dun combustible, a unha presión constante e igual a 101.325 Pa.

- Poder calorífico superior (PCS): a auga producida pola combustión está supostamente condensada.
- Poder calorífico inferior (PCI): a auga producida pola combustión permanece supostamente en estado de vapor.

Como se indicou anteriormente, a maior parte dos sistemas de calefacción dos centros educativos utilizan caldeiras convencionais como equipos xeradores de calor, redes de distribución de auga quente e radiadores emisores, aínda que en grandes centros de consumo, como edificios multiusos, se tende cada vez máis á utilización da **bomba de calor reversible**, que serve tanto para calefactar como para refrixerar. Este tipo de sistema de climatización é moi común utilizalo tamén en instalacións deportivas, polo que se explica con máis detalle no capítulo 3.4.

A **rede de distribución** é a instalación que une a xeración de enerxía térmica e os emisores de calor. Consta dunha rede de tubos de condución de auga quente que, dependendo do sistema de emisión, circulará a unha ou outra temperatura.

Os **radiadores** son elementos terminais de transferencia de calor ao ambiente. A auga quente producida no sistema central lévase aos radiadores a unha temperatura da orde dos 70-90°C. A auga transmite calor ao aire-ambiente a través das placas do radiador por radiación (aproximadamente un 20%) e por convección (un 80%). Á saída do radiador, a auga diminúe a súa temperatura entre 15-20°C pola calor cedida ao ambiente.

Estas instalacións permiten a zonificación da instalación de calefacción por circuitos diferenciados (en función da orientación do edificio, horarios e porcentaxes de ocupación) e facilitan a instalación de equipos de control de temperatura de cada estancia (mediante válvulas termostáticas).

Os radiadores normalmente utilizados neste tipo de edificios clasifícanse:

- Pola súa configuración:
  - Radiadores de panel
  - Radiadores de elemento
- Polo material de que están construídos:
  - Radiadores de fundición



- Radiadores de chapa de aceiro
- Radiadores de aluminio

Os *radiadores de panel* son, normalmente, de chapa de aceiro cunha superficie lisa e plana e poden ser de varios tipos:

- Panel simple
- Panel simple con convector
- Panel dobre
- Panel dobre con convector

O elemento convector é unha chapa soldada ao radiador que aumenta a transmisión da calor.

Por outra banda, os **radiadores eléctricos** son sistemas unitarios baseados en aparellos autónomos e que se utilizan fundamentalmente naquelas estancias puntuais que necesitan calefactarse de maneira esporádica, ou nalgúns casos constitúen solucións inmediatas a problemas de escaso nivel de confort térmico en calefacción.



*Radiador eléctrico*

**Chan radiante:** sistema que se está a empregar hoxe en día en novas construcións de centros públicos. Neste tipo de sistemas a chegada de calor realízase de abaixo a arriba, distribuíndose de forma homoxénea ao longo de toda a superficie da estancia.

A calefacción por chan radiante consiste nunha rede de entubados encastrados no chan e que conducen auga quente a baixa temperatura producida por un sistema xerador (caldeira, bomba de calor, sistema de enerxía solar).

### Consideracións sobre as fontes enerxéticas máis empregadas:

- **Gasóleo:** combustible fósil, derivado do petróleo. Na súa combustión prodúcese a emisión dos seguintes gases contaminantes: SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>. O seu prezo está liberalizado e flutúa de maneira semellante ao do petróleo.
- **Propano:** gas licuado do petróleo (g.l.p.), con alto poder calorífico. O g.l.p. pode subministrarse a granel, para o que hai que contar cun depósito de almacenamento, ou ben canalizado.
- **Gas natural:** é o combustible fósil menos contaminante (a súa combustión emite menos CO<sub>2</sub> que outros combustibles fósiles e apenas SO<sub>2</sub>), polo que o seu emprego é recomendable tanto desde o punto de vista enerxético como ambiental. As caldeiras de gas natural teñen maiores rendementos que as de gasóleo posto que a súa regulación é máis precisa.
- **Electricidade:** esta fonte enerxética emprégase xeralmente con acumuladores de calor, ou fío radiante, beneficiándose das vantaxes económicas que ofrece a tarifa nocturna. Tamén se utilizan, nalgúns casos, radiadores eléctricos como sistemas de apoio a sistemas centralizados e tamén en bombas de calor para xerar frío.
- **Enerxías renovables: eólica, solar e biomasa.** As fontes de enerxía renovables estanse a utilizar cada vez máis en centros municipais. Pola súa importancia dedícaselle un capítulo especial.

#### 3.3.3.2.- Medidas de optimización enerxética

A continuación, resúmense as principais medidas de aforro que se analizarán no presente apartado:

- Optimización da combustión. Mellora do rendimento
- Substitución de combustibles
- Caldeiras de condensación e de baixa temperatura
- Mellora do illamento xeral
- Calorifugado de entubados
- Outras recomendacións xerais

- **Optimización da combustión de caldeiras. Mellora do rendemento.**

O sistema máis utilizado para satisfacer as necesidades de calefacción dun centro destas características son as caldeiras pirotubulares de auga quente, sendo un dos equipos de maior consumo. Polo tanto, un correcto dimensionamento e un funcionamento óptimo delas proporcionará un aforro de enerxía que se traducirá nun importante aforro económico.

O aire necesario para o proceso de combustión entra na caldeira, impulsado polo queimador, á temperatura ambiente da sala (inferior a 35°C), e sae pola cheminea en forma de fumes de combustión (aproximadamente a 200 °C). A calor que foi utilizada para o queimado do aire non é calor útil para o queimado da auga da caldeira.

A diferenza entre o poder calorífico inferior do combustible (P.C.I.) e a calor perdida nos fumes é a calor útil máxima que se poderá utilizar para o queimado da auga.

O **rendemento da caldeira** enténdese como a porcentaxe desa calor útil con respecto ao P.C.I. do combustible utilizado.

Este rendemento depende de varios factores, entre os que destacan:

- Temperatura de entrada do aire de combustión.
- Temperatura de saída dos fumes de combustión.
- Contido en CO<sub>2</sub> dos fumes de combustión.

Canto maior sexa a temperatura de entrada do aire de combustión na caldeira, menor será a cantidade de calor necesaria para queimalo, e maior será o rendemento daquela.

Polo contrario, canto maior sexa a temperatura de saída de fumes, o rendemento da caldeira diminuírá, ben que existe unha temperatura mínima de saída de fumes, que non debe ser superada para evitar a súa condensación (punto de rosada).



A porcentaxe en CO<sub>2</sub> dos fumes tamén inflúe no rendemento, posto que canto menor sexa esta porcentaxe indicará que o exceso de aire é maior que o óptimo (posto que o CO<sub>2</sub> estará máis diluído) e polo tanto a calor útil diminuirá, coa correspondente diminución do rendemento total.

Ademais destes factores concretos, debido á temperatura que acada o corpo da caldeira, existen perdas de calor por convección e por radiación, que se poden reducir a límites baixos (en torno a un 0,5%) se se illa ben o corpo da caldeira.

Como referencia, hai que salientar que un rendemento óptimo está en torno ao 90-92%, aínda que é moi frecuente observar rendementos de caldeira da orde do 85%.

Polo tanto, sería axeitado nestas instalacións realizar as seguintes melloras:

- Realizar un control continuo da combustión ou analizar periodicamente os gases de combustión de forma que o funcionamento da caldeira sexa sempre o óptimo.
- Contar cun adecuado sistema de evacuación de gases de combustión.
- Illar convenientemente o corpo da caldeira para evitar perdas por radiación e convección.
- Illar ou manter o illamento de condutos de auga quente e depósitos de acumulación.
- Realizar unha limpeza periódica da cámara de combustión e dos tubos de saída de fumes da caldeira.
- Revisar periodicamente o correcto funcionamento do queimador.
- Deseñar o sistema necesario de calefacción para evitar o sobredimensionamento dos equipos.

En xeral, comprobase nas auditorías realizadas que a ventilación da sala de caldeiras non é a adecuada, polo que a continuación se especifican as características que debe cumprir a correcta ventilación dunha sala de caldeiras.

### **Ventilación da sala de caldeiras.**

Segundo a norma UNE 100.020 a achega de aire para ventilación pódese realizar mediante ventilación natural directa e natural indirecta (por condutos e forzada). Por

outra parte, **non se permite ningunha toma de ventilación que comunique con outros locais cerrados, aínda que dispoñan de ventilación directa.**

**- Natural directa (por orificios):**

Este tipo de ventilación pódese realizar cando algún dos cerramentos da sala de caldeiras está en contacto directo co exterior. Efectúase mediante aberturas con enreixados de protección á intemperie e que teñan malla anti-paxaro.

**Sección mínima do enreixado (cm<sup>2</sup>) ≥ 5 x Potencia nominal instalada**

Aconséllase utilizar máis dunha abertura para favorecer o varrido de aire da sala de caldeiras.

**- Natural indirecta (por condutos):**

Pódese aplicar cando o local, non sendo contiguo co exterior, poida comunicarse con este mediante condutos de menos de 10 m de percorrido horizontal.

**Sección mínima dos condutos (cm<sup>2</sup>):**

**Verticais ≥ 6,5 x Potencia nominal instalada**

**Horizontais ≥ 10 x Potencia nominal instalada**

**- Natural indirecta (forzada):**

Pódese realizar a ventilación das salas de caldeiras de maneira forzada, mediante un ventilador que impulse o aire ao interior da sala.

**Caudal mínimo a introducir na sala (m<sup>3</sup>) ≥ 1,8 x Potencia nominal instalada**

Esíxese ademais a instalación doutro conduto, en paredes opostas ás da entrada de aire, para que se poida producir unha ventilación cruzada, xa que, de non existir esta saída de aire, a ventilación mantería en sobrepresión a sala de caldeiras.

**• Substitución de combustibles. Cambio de gasóleo a gas natural.**

Nos centros educativos auditados, o combustible máis utilizado para calefacción é o gasóleo C, polo seu fácil manexo e utilización. Non obstante, a medida que se foi desenvolvendo a rede de gas galega, en moitos concellos presentouse a posibilidade de substituír gasóleo C por gas natural.

O gas natural é unha fonte de enerxía limpa, pouco contaminante e con baixo contido de dióxido de carbono, característica que lle permite contribuír á diminución do efecto invernadoiro, ademais de contar cun alto poder calorífico.



### Vantaxes que presenta a substitución de gasóleo C por gas natural:

- Aforro enerxético: maior rendemento dos equipos de gas natural.
- Aforro económico: o prezo do gas natural é, en xeral, inferior ao do gasóleo.
- Vantaxes ambientais: redución das emisións de SO<sub>2</sub> e de CO<sub>2</sub>.
- Redución do custo de mantemento da instalación.

Dende o punto de vista enerxético, para a mesma potencia existen equipos de gas no mercado cun rendemento superior aos de gasóleo. Isto en parte é debido a que se conseguen menores porcentaxes de inqueimados como consecuencia de que a mestura entre combustible e comburente é máis homoxénea que co gasóleo. Deste xeito, redúcese o consumo de combustible, e conséguese un importante aforro enerxético e económico.

No caso de que un centro educativo conte cunha instalación de calefacción que utilice como combustible gasóleo C, e teña a posibilidade de dispoñer de gas natural, recoméndase analizar a súa substitución, que consistirá no cambio do queimador ou da caldeira completa, dependendo do caso. Para facilitar a toma de decisión é necesario realizar con anterioridade unha análise técnico-económica que determine a viabilidade do cambio.

A continuación, e a modo de exemplo, compáranse os custos, rendementos e consumos, dun caso particular.

#### **EXEMPLO:**

	<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>SITUACIÓN PROPOSTA</b>
<b>Combustible</b>	<b>Gasóleo</b>	<b>Gas natural</b>
<b>Rendemento</b>	85%	93,5%
<b>Consumo (kWh/ano)</b>	85.647	77.860
<b>Custo unitario (cent€/kWh)</b>	4,5	3,47
<b>Custo total (€/ano)</b>	3.854	2.702

Con base nos parámetros do cadro anterior obtéñense os seguintes resultados de aforro enerxético e económico:

<b>Aforro enerxético</b>	9 %
<b>Aforro económico (€/ano)</b>	1.152
<b>Investimento (€)</b>	1.500
<b>Período de retorno simple (anos)</b>	1,3

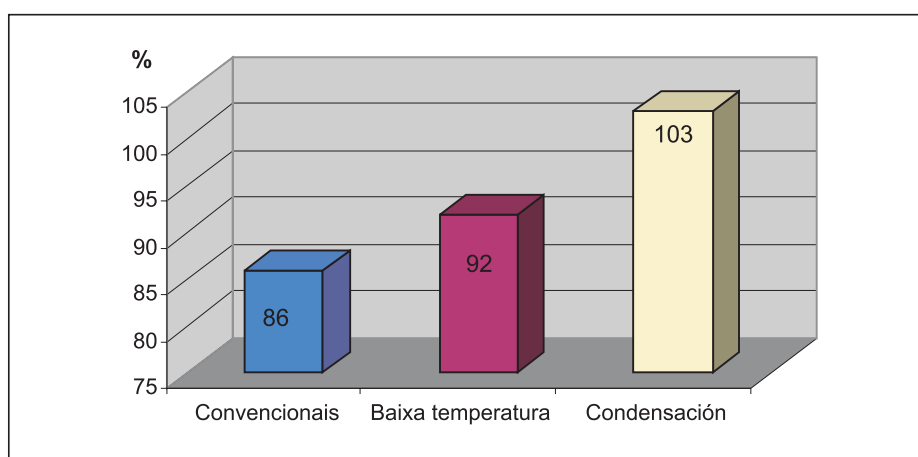
- **Utilización de caldeiras de baixa temperatura e condensación.**

As **caldeiras de baixa temperatura** basean a súa tecnoloxía en hélices tubulares de dobre parede de 6 mm de grosor con cámaras de aire que son capaces de realizar a transmisión de calor de forma dosificada evitando a produción de condensacións e permitindo unha temperatura de saída de fumes en torno aos 130 °C. Esta temperatura de saída de fumes, no caso das **caldeiras de condensación**, pode chegar ata os 10 °C por enriba da de retorno, coa conseguinte redución de perdas.

As caldeiras convencionais ou estándar, en condicións normais de funcionamento, requiren manter unha temperatura de saída da auga de entre 80-90 °C e un retorno superior a 55°C. Deste xeito impídese a aparición de condensacións no interior das tubaxes de saída de fumes da cheminea.

Non obstante, nas **caldeiras de baixa temperatura e de condensación**, esta temperatura pódese regular en función da demanda real da instalación, e polo tanto non existe unha demanda continua de auga a unha temperatura elevada. Deste xeito, redúcense as perdas por convección e por radiación que, cun illamento correcto das paredes e da porta da caldeira, poden diminuír ata chegar a un 0,3%.

Os rendementos deste tipo de caldeiras son considerablemente diferentes, debido á súa distinta tecnoloxía.



*Figura: Comparación do rendemento estacional das caldeiras*

No caso das caldeiras de condensación, ademais da calor que pode proporcionar o combustible, tamén se recupera a calor do vapor da auga que se produce na combustión, polo que se conseguen rendementos enerxéticos lixeiramente superiores ao 100%, referido ao P.C.I. do combustible.

Para analizar en cada caso se é adecuada ou non a substitución dunha caldeira convencional por unha de condensación ou de baixa temperatura, hai que determinar correctamente cal é a temperatura de saída da auga quente desexada, e todo dependerá do tipo de emisor de calor existente no sistema de calefacción.

A continuación, e a modo de exemplo, móstranse os resultados da substitución dunha caldeira de gasóleo convencional por outra de baixa temperatura.

**EXEMPLO:**

	CALDEIRA CONVENCIONAL	C. BAIXA TEMPERATURA
Potencia instalación (kW)	40	40
Rendemento (%)	80	95
Combustible	Gasóleo C	Gasóleo C
P.C.I. (tep/ton)	1,035	1,035
Prezo (cent€/litro)	45	45
Consumo (kWh/ano)	50.000	42.105
Aforro económico (€/ano)	355	
% AFORRO ENERXÍA	15,8 %	

- **Mellora do illamento**

As condicións de confort dentro dos edificios, en xeral, dependen en gran medida das súas características construtivas, ademais da súa orientación, materiais empregados no seu cerramento, cuberta,...

Existen diferentes puntos onde se producen perdas importantes de enerxía que hai que minimizar. Entre as máis importantes, cabe destacar:

- Portas e fiestras

Son superficies que, dependendo da solución adoptada, poden presentar perdas importantes, aínda que son elementos de fácil substitución.

- Cuberta

É necesario que a cuberta estea correctamente illada para evitar humidades e perdas térmicas en inverno e en verán.

### - Cerramentos

O illamento térmico dos cerramentos é tamén un punto moi importante para evitar perdas en calefacción e contribuír ao aforro enerxético global.

Aínda que a maior parte das medidas de aforro enerxético que se poden realizar neste apartado deben ser tidas en conta na fase de proxecto e construción, existen algunhas accións que poden contribuír á diminución das perdas existentes e a un maior aforro enerxético, como son:

- Engadir illamento ás cubertas e falsos teitos
- Evitar fendas en caso de portas de dobre folla
- Reparar fisuras existentes ao redor dos marcos das portas e fiestras
- Instalar vidros dobres no lugar de vidros simples
- Instalar cerramentos con rotura de ponte térmica
- Revisar e selar as unións entre cuberta lixeira e os muros de cerramento.

É útil tamén a utilización de proteccións solares, como persianas, cortinas, vidros escuros, etc.

É recomendable, para o caso de orientación sur, as proteccións fixas ou semifixas, mentres que para orientación leste ou oeste o máis adecuado son proteccións móbiles que permiten a entrada de luz solar en épocas de arrefriamento.

### • **Calorifugado de tubaxes**

Todas as tubaxes de auga quente deben estar convenientemente illadas ao longo de todo o seu percorrido, incluso as válvulas, racores, bridas, unións e equipos..., para evitar as perdas de calor nelas.

As características dos materiais illantes, así como o grosor destes, dependerán principalmente da temperatura da auga e do diámetro dos entubados.

A continuación móstrase un exemplo do cálculo do illamento de entubados de aceiro de distribución de auga quente, instalados no interior do edificio coas seguintes características:

### EXEMPLO:

- Diámetro exterior 150 mm
- Lonxitude 20 m
- T<sup>a</sup> parede tubos 80°C
- T<sup>a</sup> ambiente 20°C

Segundo estes datos, a perda de calor para un entubado de aceiro é de 165 kcal/h metro. Como a lonxitude é de 20 m, a perda de calor total é de 3.300 kcal/h.

Proxéctase un illamento de lá de vidro cun grosor de 50 mm para:

- Diámetro exterior 200 mm
- Lonxitude 20 m
- T<sup>a</sup> parede tubo 30°C



Unha vez calorifugada, as perdas redúcense a 27 kcal/h m, e as perdas totais a 540 kcal/h, resultando unha diferenza de 2.760 kcal/h.

A xeración de calor neste caso ten un rendemento do 81%, polo que o aforro de combustible que se obtería calorifugando estes tubos sería de 2.236 kcal/h, o que equivale a 0,25 litros de gasóleo por hora de funcionamento da caldeira.

Considerando un período de funcionamento de 6.000 horas/ano, o **aforro enerxético anual** sería de **19.256 kWh/ano**, ou que supón un **aforro de 1.500 litros/ano de combustible**.

### • Recomendacións xerais

Existen outro tipo de medidas que non supoñen un investimento excesivo e coas que se consegue un control do consumo e un aforro de enerxía, entre as que destacan:

- Axuste dos sistemas de control da temperatura.
- Selado de xuntas, accesorios e conexións, para minimizar perdas de aire e de auga.
- Instalación de válvulas termostáticas para o control da temperatura.
- Realización de limpeza periódica de equipos.
- Instalación dun sistema de saída de gases de combustión axeitado.

### **3.4.- Instalacións deportivas**

#### **3.4.1.- Situación actual**

As instalacións deportivas engloban o conxunto de dependencias dedicadas ao ocio e ás actividades deportivas ofertadas por un concello. O consumo enerxético das instalacións deportivas auditadas ascendeu a 1.130 tep/ano (un 9% do total), sendo un 44% consumo eléctrico e 56% consumo de combustibles.

Ademais, o conxunto de instalacións deportivas supón para o concello un importante gasto económico na súa explotación e mantemento. Gran parte deste gasto representao a enerxía (un 5% do total do gasto enerxético municipal), polo que é preciso determinar, naqueles concellos que contan con instalacións deste tipo, o consumo enerxético requirido para as actividades que nelas se desenvolvan e optimizar o uso da enerxía para reducir este consumo e o seu custo.

En xeral, e para poder realizar unhas recomendacións comúns ás instalacións deportivas, este estudo céntrase nos pavillóns e nas piscinas municipais.

#### **3.4.2.- Iluminación**

O consumo eléctrico dun pavillón polideportivo débese fundamentalmente á iluminación e a equipos de climatización. Pola súa importancia, debida non só ao consumo enerxético senon tamén á gran utilización por parte dos usuarios deste tipo de instalacións, convén prestarlle unha atención específica a este apartado.



Pistas deportivas municipais



Polideportivo municipal

O principal obxectivo á hora de iluminar unha zona deportiva, xa sexa interior ou exterior, é ofrecerlles aos usuarios un ambiente adecuado para a práctica de actividades deportivas. Polo tanto, o tipo de iluminación será diferente en función da actividade que se realice en cada caso.

As condicións de confort dos usuarios deste tipo de instalacións varían lixeiramente segundo sexa a actividade deportiva que se vaia desenvolver.

Así, por exemplo, os xogadores e os árbitros deben poder observar con claridade o que acontece no terreo de xogo, namentres que os espectadores deben poder ver a actividade sen realizar un grande esforzo e cun ámbito de visión agradable.

Os criterios de iluminación que cómpre ter en conta á hora de deseñar a iluminación dun centro deportivo son os seguintes:

- **Iluminación horizontal e vertical:** o nivel de iluminancia horizontal está referido á área principal da zona de xogo ao nivel do chan. Esta área serve como fondo principal, tanto para os xogadores como para os espectadores, polo que deberá ter as condicións de iluminación necesarias para cada tipo de actividade deportiva que se desenvolva. Por outra parte, o nivel de iluminancia vertical refírese a iluminancia que debe existir a un nivel de 1,5 m respecto do chan da área de xogo. Os niveis de iluminancia vertical serán os adecuados se se adecuan correctamente os de iluminancia horizontal.
- **Cegamento:** o cegamento que acontece cando unha área de brillo molesto se achega ou penetra nun campo de visión, produce efecto molesto nos deportistas e nos espectadores, polo que é necesario minimizar este efecto. Para isto é preciso realizar unha correcta elección das luminarias ou proxectores e adecuar a súa posición.
- **Reproducción da cor:** a boa percepción da cor é importante na meirande parte dos deportes, aínda que está permitida unha pequena distorsión motivada pola luz artificial, pero sen que sexa moi forte para non producir problemas de discriminación da cor.

Na seguinte táboa expóñense os niveis de iluminación recomendados, en función do tipo de deporte que se vaia practicar en cada un dos casos.

DEPORTE	Iluminación horizontal (lux)		
	Recreativo	Adestramento	Competición
Atletismo cuberto	200	300	500
Atletismo ao aire libre	100	200	400
Baloncesto/Balónmán/Voleibol cuberto	300	400	600
Baloncesto/balónmán ao aire libre	100	200	500
Fútbol cuberto	300	400	600
Fútbol ao aire libre	100	200	500
Ximnasia/Xudo	300	400	600
Natación ao aire libre	100	200	400
Natación cuberta	200	300	500

O tipo de lámpadas máis utilizadas en complexos deportivos son as lámpadas de incandescencia e as de descarga. Dentro destas últimas, as máis utilizadas son as de vapor de mercurio con haloxenuros e as de vapor de sodio de alta presión (VSAP).

### 3.4.3.- Climatización

O consumo térmico medio nas instalacións deportivas dun concello supón o 53 % do total e depende, en gran medida, das actividades que se van realizar nel. Deste xeito, non ten o mesmo consumo térmico un pavillón polideportivo que conte con piscina climatizada que outro que conte soamente con pistas deportivas.

En calquera caso, antes de determinar as medidas de aforro e eficiencia enerxética que é posible aplicar neste tipo de instalacións, é necesario determinar as condicións ambientais requiridas polos usuarios, que dependerán fundamentalmente dos seguintes conceptos:

- Temperatura ambiente
- Temperatura da auga da piscina
- Humidade relativa

En todos os pavillóns polideportivos, tanto se contan con piscina climatizada como se non, é necesaria a renovación do aire interior do recinto por varios motivos:

- Manter as condicións hixiénicas do recinto.
- Manter as condicións de humidade precisas con sistemas de deshumectación do aire exterior no caso de piscinas climatizadas.



Estas entradas de aire exterior supoñen un elevado consumo de enerxía térmica necesaria para o acondicionamento deste aire, polo que en xeral é recomendable:

- Utilizar sistemas de renovación de aire modulante en función da ocupación.
- Evitar as infiltracións.
- Non sobredimensionar en exceso a renovación hixiénica do aire.

### *Piscinas climatizadas*

As necesidades de enerxía térmica dun pavillón polideportivo con piscina cuberta varían segundo o tipo de actividade que se está a desenvolver, diferenciando entre:

- Enchemento da piscina
- Funcionamento a réxime



As necesidades enerxéticas no período de funcionamento a réxime adoitan ser un 25% superiores que no proceso de enchemento, polo que este período é o que determina as necesidades térmicas totais.

No caso das piscinas climatizadas, as necesidades térmicas totais deberán engadir, ademais das comúns a todos os pavillóns, as seguintes necesidades específicas:

- Perdas de calor por evaporación da auga da piscina
- Perdas por renovación do aire ambiente
- Renovación da auga da piscina
- Perdas por convección, conducción e radiación

Segundo o Regulamento de instalacións térmicas en edificios (RITE), na súa instrución técnica complementaria, ITE 10.2, establece que a temperatura recomendada para a auga das piscinas públicas deberá estar comprendida entre 24° e 25°C.

Para o quentamento da auga da piscina, esta instrución recolle as seguintes limitacións:

- Emprego de enerxías convencionais: soamente nos casos en que a piscina estea cuberta.
- En piscinas ao aire libre soamente se poderá utilizar enerxía procedente de fontes gratuítas ou residuais.
- Non se poderá empregar enerxía eléctrica directa para piscina ao aire libre, nin tan sequera como fonte de apoio.

En canto á temperatura do aire ambiente, indícase que a temperatura seca do aire deberá ser de 2°C a 3°C superior á da auga da piscina, por tanto, entre 27 °C e 28 °C.

A humidade relativa poderá manterse entre o 55% e o 70%, preferentemente nun 60%, tendo en conta que unha humidade relativa baixa (<50%) faría aumentar as perdas por evaporación da auga e o gasto de enerxía para o tratamento do aire exterior, e por outra banda, unha humidade elevada podería comportar problemas de condensacións en paredes e teitos.

Para o mantemento da humidade relativa, o RITE admite o emprego de enerxías convencionais só para contrarrestar as perdas de calor e quentar o caudal mínimo de aire de ventilación. Por tanto, o control da humidade relativa poderase facer empregando:

- Aire exterior, coa condición de que estea prequentado co aire de expulsión a través dun recuperador de calor estático (recoméndase empregar aparellos cunha eficiencia de temperatura de máis do 50%) ou dinámico (bomba de calor ou recuperador entálpico).
- Bomba de calor de “ambiente” que arrefría, deshumecta e quenta o mesmo aire do ambiente.

Estas esixencias de temperatura e humidade relativa para o caso de piscinas cubertas implican a necesidade de:

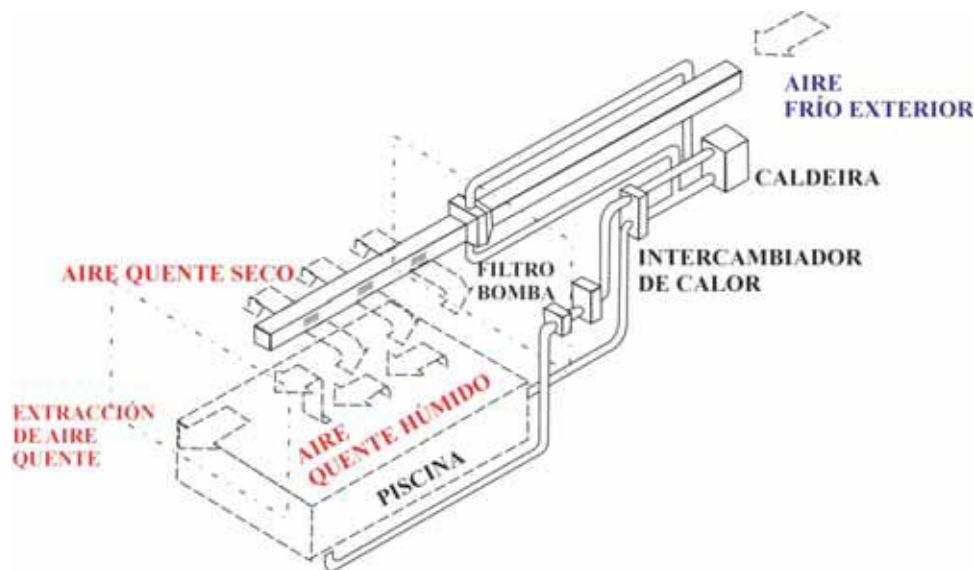
- Illar termicamente o edificio.
- Protexer o illamento térmico contra a humidade mediante selados de vapor, con chapas delgadas metálicas, follas plásticas, etc.

- Protexer as superficies acristaladas contra as condensacións, para o cal se recomenda un acristalamento dobre.

A deshumectación do aire ambiente nunha piscina supón na meirande parte dos casos entre un 60 e un 70% da carga térmica total da instalación, sendo, por tanto, este proceso o que condiciona todo o sistema. Existen dous sistemas para deshumectar o aire ambiente:

- Por renovación do aire: sistema de extracción accionado mediante un control de humidade que elimina o aire interior húmido e quente e introduce aire frío exterior quentándoo a través dunha batería de calefacción alimentada por auga quente da caldeira. Esta caldeira, pola súa vez, alimenta o intercambiador de quentamento da auga da piscina.

### Aplicación dun sistema de enerxía convencional para climatización de piscina cuberta.



Estes sistemas suscitan dous problemas importantes: por unha banda, os volumes a quentar son moi elevados, polo que o consumo en combustible adoita ser moi alto, e por outra banda, ao desconectar o sistema de deshumectación en período nocturno prodúcese unha degradación importante nos cerramentos.

- Mediante bomba de calor deshumectadora: este tipo de sistemas son moi utilizados en piscinas climatizadas para a deshumectación do aire e tamén en instalacións polideportivas para calefacción e xeración de auga quente sanitaria (AQS). Pola súa relevancia, tratarase nun apartado específico, a continuación: