



# L O SECTOR DO GRANITO ORNAMENTAL EN GALICIA

## 1.1 EXTRACCIÓN DE GRANITO

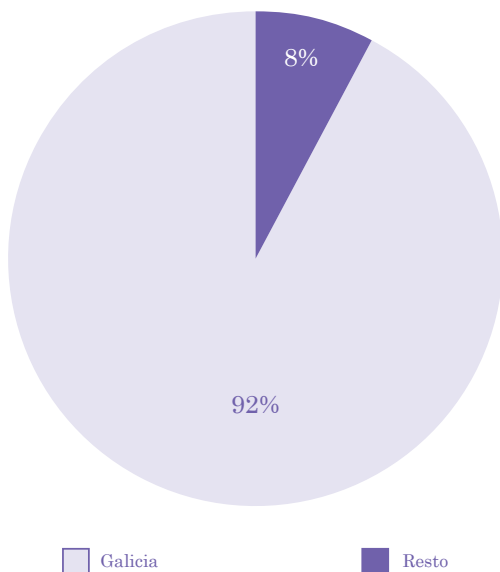
Galicia é líder indiscutible na produción de granito ornamental en bruto de España. Nas canteiras galegas extráense na actualidade en torno a 850.000 toneladas de bloques de granito, o que equivale ao 92% do total nacional.

*Datos estatísticos sobre o sector mineiro galego (2010)*

	Explotacións	Empregados	Produción (T)	Produción (€)
Áridos	104	1.070	20.141.070	95.953.222
Cerámica	37	246	797.214	12.238.655
Granito	93	708	851.331	43.359.175
Pizarra	53	2.184	309.871	128.733.257
Rocas industriais	17	344	2.178.174	42.472.098
<b>TOTAL</b>	<b>304</b>	<b>4.552</b>	<b>24.277.660</b>	<b>322.756.407</b>

*Fonte MITYC: Elaboración Cámara Oficial Mineira de Galicia*

*Produción de granito bruto en España. En % sobre toneladas*



En Galicia estase a empregar a tecnoloxía máis moderna en extracción de rocha ornamental coa que se obtén pedra de extraordinaria calidade, controlada sempre baixo un estrito criterio de respecto do medio ambiente.

A maior parte da produción galega de granito en bruto transfórmase nas fábricas locais e o resto destínase á exportación. En 2011 o sector exportou 203.358 toneladas e os principais destinos dos bloques de granito galego foron Portugal, Polonia e Italia.

No Porriño existe a canteira de granito máis impor-



tante do mundo da que se extraen cada ano máis de 600.000 toneladas de bloques de granito. O “Rosa Porriño” é un material líder no mercado internacional. Como curiosidade ao respecto, China comercializa un produto similar denominado “Pink Porriño”.

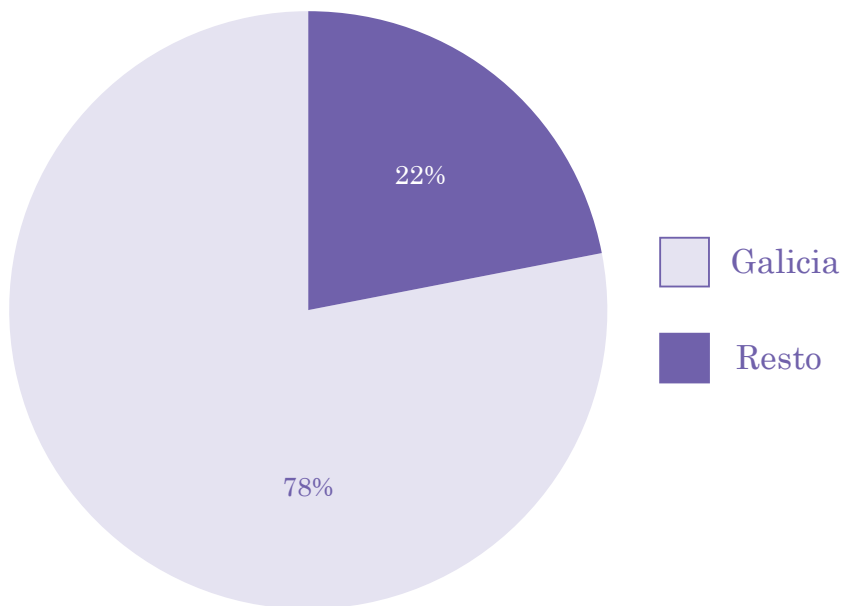
## 1.2.

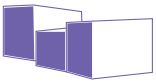
### INDUSTRIA TRANSFORMADORA

Galicia tamén é líder na transformación do granito en España. Actualmente se fabrican ao redor de 11 millóns de m<sup>2</sup> de produtos elaborados en Galicia, o que representa o 78% do total da produción española.

As empresas galegas transforman sobre todo bloques de granito procedentes das canteiras nacionais (600.000 toneladas aprox.), principalmente da área extractora do Porriño (Pontevedra), pero tamén materiais importados (275.182 toneladas) de países como Portugal, Suráfrica, Mozambique, Angola, India ou Brasil.

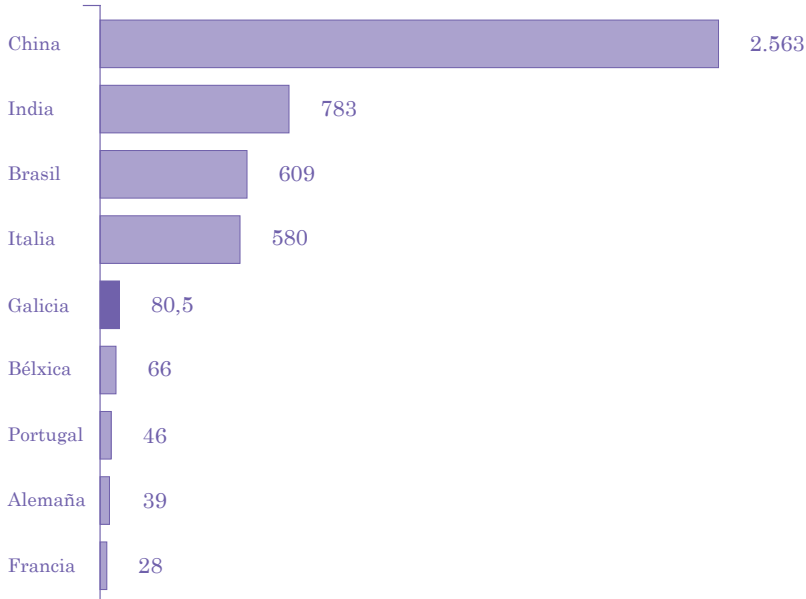
*Produción de granito elaborado en España. En % sobre m<sup>2</sup>*





A industria galega por si soa é a segunda máis importante de Europa (tras Italia) e a quinta do mundo. A nosa comunidade aparece por diante de potencias como Bélxica, Portugal ou Alemaña.

*Principais países exportadores de granito elaborado (2010)*

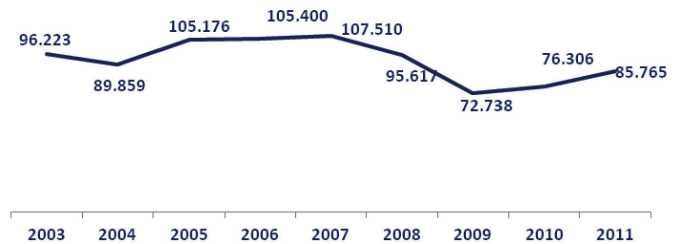


*En millóns de dólares - Fonte: ONU*

As exportacións de granito galego supoñen o 70% das exportacións de granito a nivel nacional.

As exportacións de granito galego (bruto e elaborado) incrementáronse un 12% en 2011, situación debida, en gran parte, á reorientación estratéxica das empresas cara a novos mercados como consecuencia da baixada de demanda no

mercado nacional. Pontevedra é a provincia máis destacada ao concentrar o 95% das exportacións.



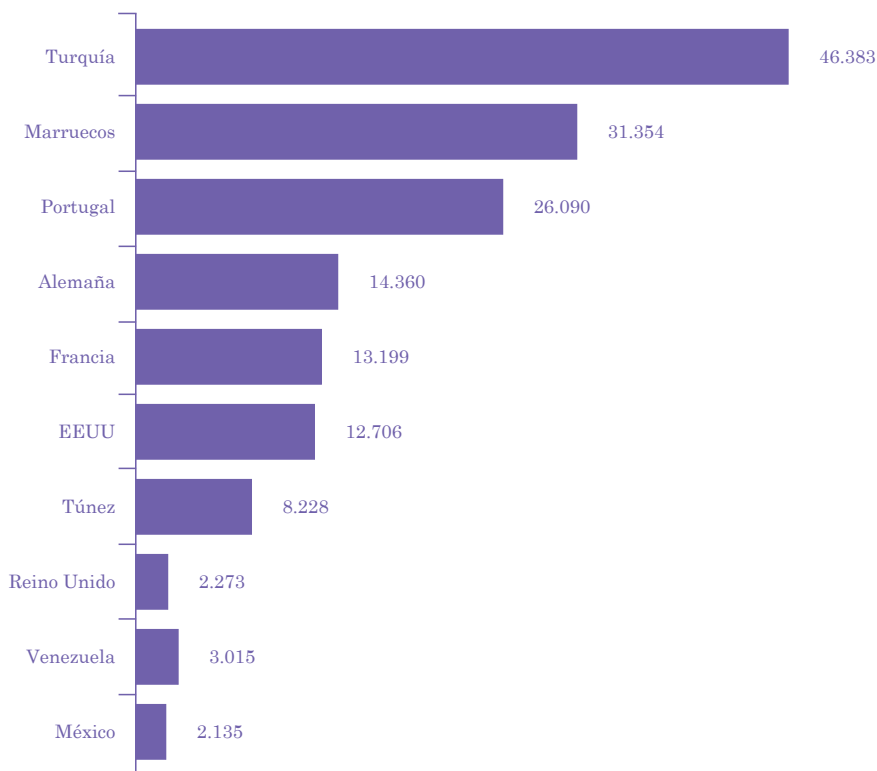
*Evolución das exportacións (miles de euros)*

O granito elaborado (baldosas, mesados de cociña, fachadas, etc.) é o principal protagonista e representou no ano 2011, cun volume de 66 millóns de euros, o 77 % das exportacións galegas.

O principal destino por segundo ano consecutivo foi Turquía, seguido de Marrocos e relegando a Portugal, principal destino histórico das exportacións galegas, ao terceiro posto. Durante o pasado ano exportáronse ao país otomán máis de 46.383 toneladas, un 28,6% máis que en 2010, e a Marrocos 31.354 toneladas, un 56,5% máis, en cambio a Portugal exportáronse 26.000, con tan só un incremento do 2,2% con respecto ao ano anterior.

Alemaña, Francia e Estados Unidos ocupan as tres seguintes posicións. Estes seis primeiros países concentran o 80% do volume das exportacións galegas de granito ao exterior. Séguenlles Túnez, Reino Unido, Venezuela e México.

*Principais países destino dos produtos elaborados galegos en 2011*



*En toneladas - Fonte: ICEX*



### 1.3\_

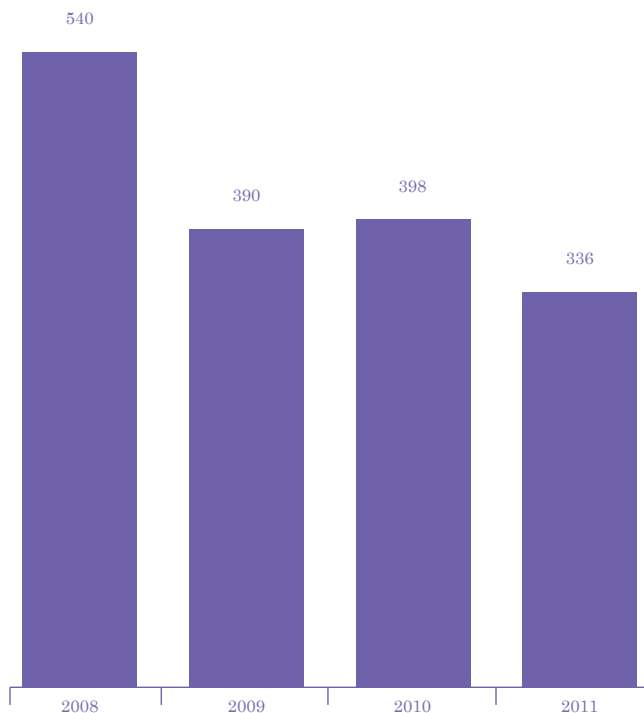
## MACROCIFRAS DO SECTOR

As empresas que integran o Cluster do Granito alcanzaron unha facturación de 336 millóns de euros durante 2011, un 15,6% menos que o ano anterior, no que a cifra total foi de 398 millóns.

O Cluster do Granito de Galicia integra toda a cadea de valor do granito ao estar constituído pola Asociación de Canteiras de Galicia (ACG), a Asociación Galega de Graniteiros (AGC), a Asociación de Maquinaria para a Pedra (GALIMAC), a Asociación de Marmoristas e o Centro Tecnolóxico do Granito.



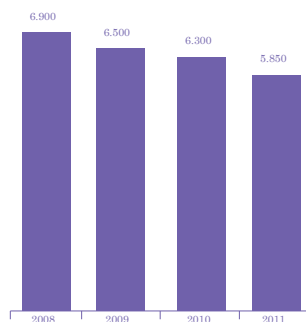
*Evolución facturación empresas Cluster do Granito 2008-2011 (Millóns €)*



Fonte: Cluster do Granito

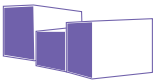
Estas empresas empregan en torno a 5.850 persoas entre canteiras, empresas transformadoras, maquinaria e marmoristas. Esta cifra supón un descenso do 7% con respecto ao ano anterior. Desde o comezo da actual crise da construción no ano 2008, o descenso do número de traballadores foi dun 15%.

*Evolución emprego Cluster do Granito 2008-2011 (Número persoas)*



Fonte: Cluster do Granito





## 2\_

# PROCESO PRODUCTIVO DO GRANITO ORNAMENTAL

O proceso produtivo da extracción e transformación de bloques de granito pódese artellar en torno a tres etapas. Na primeira, que ten lugar nas canteiras, lévase a cabo a extracción de grandes bancadas e a subdivisión en bloques secundarios para a obtención de bloques comerciais, que serán transportados e entregados ás empresas encargadas da súa transformación. A segunda etapa consiste na primeira transformación do granito mediante procesos de corte e dos diferentes acabados necesarios para cada produto. Finalmente, a terceira etapa englobaría a colocación do produto en destino e os acabados de detalle previos que sexan necesarios para a súa finalidade concreta.



*Etapas do proceso produtivo de extracción e transformación de bloques*

O presente estudo sectorial centrarase nas dúas primeiras etapas do proceso produtivo por ser as máis intensivas no consumo de enerxía.

## 2.1\_

### CANTEIRAS DE GRANITO ORNAMENTAL

A explotación das canteiras realízase combinando o corte de bloques de granito con fío diamantado coa perforación e voadura. O método xeralmente utilizado consiste na extracción inicial de grandes bloques paralelepípedos de rocha (bancada), sen chegar a danar o propio material que a constitúe e o macizo circundante, para logo subdividilos en bloques menores ata alcanzar o tamaño que permita a súa manipulación e coas medidas demandadas polo mercado.

En esencia, a actividade da canteira pode separarse en catro fases, que abarcan desde a apertura de bancos de explotación e extracción de grandes bancadas ata o transporte de bloques á industria transformadora.



*Etapas do proceso produtivo da canteira*

As técnicas de extracción varían en función das condicións do xacemento e das circunstancias concretas. O tratamento particularizado de todas estas técnicas excede o obxecto da presente publicación, non obstante, a modo de referencia nos seguintes apartados desenvólvese unha das técnicas de extracción máis frecuentemente utilizadas nas principais canteiras de granito ornamental de Galicia

## 2.1.1. Extracción de grandes bancadas

A primeira fase comeza coa apertura dun novo banco de explotación. Esta actividade consiste na apertura dunha trincheira que permita acceder á maquinaria necesaria para poder realizar a explotación do banco e a extracción de bancadas.

A apertura do banco de explotación pódese realizar tanto con fío diamantado como con perforación e explosivo. As dimensións de apertura virán definidas polas condicións do banco, que adoitan oscilar entre 10-14 m de alto, 6-12 m de ancho e 20-40 m de longo.

Unha vez que se dispón

dun novo banco de explotación procédese á extracción de grandes bancadas. Para iso, a primeira operación que se realiza é a execución dos barrenos de coado para o posterior paso do fío diamantado.

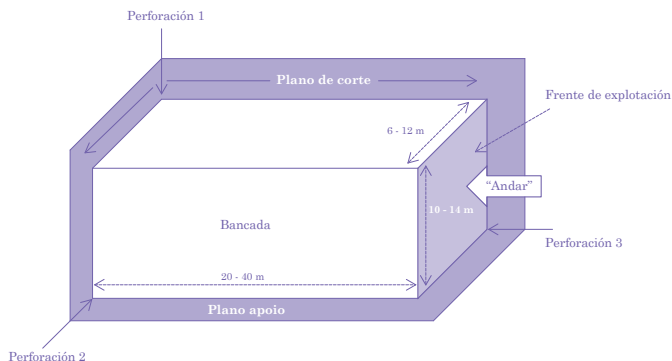
Os barrenos no plano de apoio da bancada realízanse cunha sonda para fío de accionamento eléctrico (perforacións 2 e 3 na seguinte figura). Cando se realiza o primeiro dos barrenos horizontais, procédese a realizar o barreno no plano superior da bancada (perforación 1 na figura). Para este barreno emprégase un banqueador ou perforadora de accionamento. Esta barrena debe de ser paralela á fronte de explotación ou “andar”, plano que ven definido pola súa normal. O “andar” dependerá das características petrolóxicas e estruturais da canteira. A elaboración destes barrenos pode requirir entre 24 e 36 horas.”



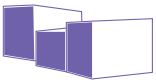
Imaxe da fronte de explotación dunha canteira

Unha vez realizados os barrenos, o corte con fío execútase en cada un dos planos verticais definidos (planos de corte na ilustración); un deles paralelo e outro perpendicular á fronte de explotación e, polo tanto, secantes entre si. Como consecuencia a bancada queda unida ao macizo unicamente polo plano de apoio.

Para levar a cabo esta operación de corte empréganse máquinas de corte con fío diamantado normalmente

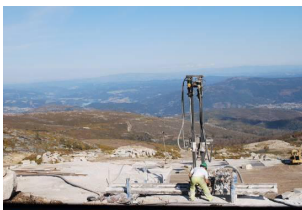


Perforacións e planos de corte para a extracción de grandes bancadas



eléctricas e dunha potencia da orde de 30-40 kW.

A última actividade necesaria para a extracción da bancada consiste no seu levantamento e separación do plano de apoio do macizo. Para iso perfórase ao longo do plano de apoio utilizando martelos accionados pneumáticamente ou mediante un carro perforador alimentado a través dos ramais dos que consta a rede de aire comprimido que se estende ao longo do perímetro da explotación. Unha vez realizados os barrenos, estes énchense con pólvora de mina e cordón detonante. A iniciación dos barrenos debe de ser instantánea para evitar fendeduras por tensións diferenciais. A actividade de levantamento do bloque require entre 48 e 72 horas.



*Execución de barrenos no plano superior perpendicular da bancada cun banqueador de accionamento pneumático*



*Extracción de bancada con máquina de corte con fío diamantado. Na parte superior obsérvase un banqueador pneumático perforando o macizo*

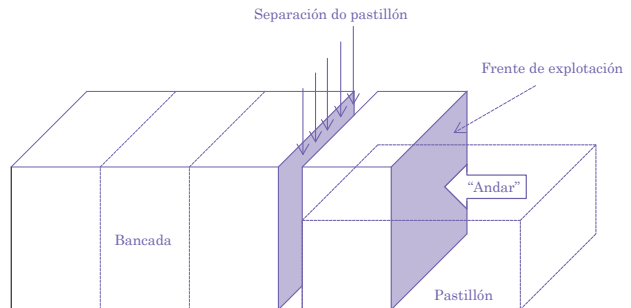
Nalgunhas canteiras estase a ensaiar a elaboración de bancadas de menor espesor (~6m). Preténdese que estas bancadas constitúan por si mesmas bloques secundarios e que poidan envorcarse directamente e subdividirse en bloques de tamaño comercial, eliminando polo tanto un paso intermedio na elaboración de bloques.

## 2.1.2\_

### Subdivisión en pastillóns

Unha vez extraída a bancada do macizo procédese á súa subdivisión en bloques menores, denominados bloques secundarios. Esta subdivisión realízase mediante a técnica de perforación e voadura.

Para iso emprégase unha perforadora no plano paralelo á fronte de explotación. Os parámetros de perforación soen ser dunha lonxitude de barreno de 6 m e un espaciamento ao redor de 30 cm. A separación do bloque secundario require unha escasa cantidade de pólvora (~125 g). O explosivo utilizado é pólvora de mina e cordón detonante e a iniciación realízase por medio de detonadores ordinarios máis mecha lenta. No caso de que a carga operante sexa elevada chéganse a utilizar detonadores eléctricos.



*Perforacións e planos de corte para a extracción de bloques secundarios*



Unha vez que se obtén o bloque secundario, este debe de envorcarse sobre a praza da canteira para poder proceder á súa subdivisión en bloques comercializables. Para iso créase, coa axuda dunha pa cargadora, un leito de area na praza que amorteza o impacto e evite a fractura do bloque secundario. Nalgúns dos casos utilízanse pneumáticos desgastados para mellorar o amortecemento da caída do bloque secundario.

### 2.1.3\_ Obtención de bloques comerciais

O obxectivo desta terceira etapa é, unha vez que bloque secundario está tumbado sobre a praza, proceder á súa subdivisión en bloques cuxas dimensións sexan as adecuadas para o seu transporte e a súa manipulación na industria de transformación do granito.

Normalmente terán unha altura de 1,7 m, unha lonxitude de 3,2 m e unha anchura de 1,7 m aínda que estas magnitudes poden variar ata alcanzar unha lonxitude máxima de 3,3 m, condicionada polos vagóns de carga do tear de serrado e

unha anchura que oscilará entre os 1,1 m e os 2 m.

Para a execución do corte nesta etapa soe recorrerse á técnica de cuñas, aplicada en planos perpendiculares entre si.

A primeira operación consiste na perforación de barrenos, definindo así os planos de rotura. Para iso emprégase unha perforadora con martelos de accionamento hidráulico. En xeral, a separación dos barrenos é de 15 cm, cunha lonxitude aproximada de 1,4 m.



*Perforación do bloque secundario con perforadora hidráulica para a elaboración de bloques menores*

Unha vez realizada a perforación, procédeuse á inserción manual de cuñas metálicas en cada unha das perforacións realizadas. Cada unha destas cuñas está constituída por tres elementos: a propia cuña e dúas platinas. Estas platinas teñen sección lonxitudinal en ángulo, co obxectivo de transmitir a tensión, e bordo nun extremo, de maneira que cando se produza a rotura queden retidas. Unha vez colocadas as cuñas en ca-

da unha das perforacións, introdúcense cun martelo pneumático alimentado por aire comprimido ata que se provoca a rotura da rocha por tracción.



*Accionamento pneumático das cuñas para a separación dos desquites*

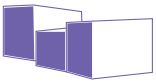
### 2.1.4\_ Almacenamento e transporte

Unha vez que se dispón dun bloque de tamaño comercial, procédeuse ao seu lavado para posteriormente ser inspeccionado e clasificado.

Este é o momento no que se define a calidade e conseguinte categoría do produto en función dos defectos. Os bloques pódense clasificar nas seguintes categorías segundo a calidade do material extraído:

*-Primeira categoría (sen defectos de ningún tipo).*

*-Segunda categoría (pequenos defectos como "pelos" na rocha).*



-Terceira categoría (destinados para pavimento urbano normalmente).

-Desquites (destinados para cachotaría).

-Resto (enviado ao vertedoiro).

Cada bloque codifícase con cores e márcase o sentido de corte que se deberá seguir nos teares ou nas empresas de tallado. Finalmente, cárgao unha pa cargadora e sitúao na área de almacenaxe de produtos rematados.

Nalgúns casos o bloque comercial non chega a ser almacenado senón que directamente se carga sobre o camión que realiza o transporte ao cliente, e desta maneira evítanse almacenamentos intermedios e priorízase a resposta ao cliente sobre calquera outro aspecto.



*Pa cargadora para o transporte de bloques ao punto de almacenamento*



*Bloques comerciais almacenados para o seu transporte*

Cada un dos camións e por motivos normativos pode transportar como máximo un bloque por viaxe. Esta actividade de transporte a cliente soe estar subcontratada.

## 2.2\_ DIFERENZAS COAS CANTEIRAS DE ÁRIDOS

As ratios de consumo enerxético das canteiras de granito ornamental, en xeral, non serán comparables ás correspondentes ás canteiras de áridos dadas as importantes diferenzas que existen nos seus procesos produtivos.

Así, nas canteiras de áridos o obxectivo final é a obtención de rochas de reducida granulometría, principalmente areas e gravas, polo que canta máis fragmentación se consiga na extracción inicial menores consumos enerxéticos serán necesarios no resto do proceso. Pola contra, como se detallou no apartado anterior, nas cantei-

ras de granito ornamental preténdese a extracción de grandes bloques de granito coa menor deterioración posible para a súa posterior transformación.

Por iso, as técnicas de extracción do material son moi diferentes nos dous tipos de canteiras. Nas canteiras de áridos realízase un maior número de barrenos e utilízase unha maior cantidade de explosivos, ademais as rochas soen ser dunha dureza media inferior polo que as súas ratios de consumo de enerxías convencionais son inferiores ás canteiras de granito ornamental.

Pódese dar algún caso de canteiras de granito ornamental que obteñan como subprodutos gravas ou areas. Non obstante, dadas as diferenzas significativas de proceso, neste estudo sectorial referido ao granito ornamental non se profundizará máis no importante subsector dos áridos.



*Planta de áridos*

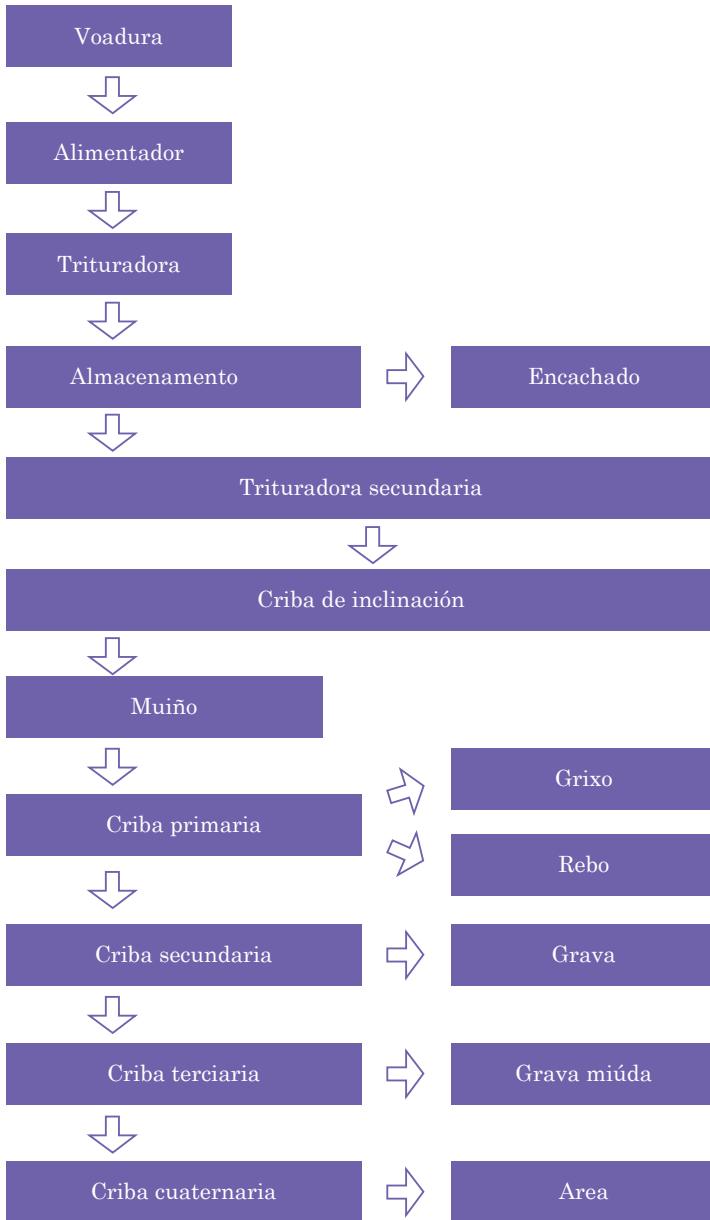
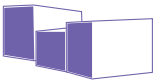


Diagrama de proceso típico dunha canteira de áridos



## 2.3\_ INDUSTRIA TRANSFORMADORA

Tras a recepción do bloque por parte da industria transformadora, este descárgase mediante ponte guindastre nun punto de almacenaxe. A tecnoloxía empregada para o corte do bloque dependerá do espesor desexado no produto final. Pódese distinguir entre o corte con disco diamantado, para obter bandas de granito, e o serrado en teares ou corte con fío de diamante, para obter pranchas grandes. Para finalizar, o produto semielaborado sométese ás operacións correspondentes de corte e acabado.

Nos seguintes apartados trátase con maior detalle cada unha destas operacións.

Inicio do proceso de transformación



Bloque de granito tamaño comercial

Proceso de transformación primario



Proceso de transformación secundario ou final

Tratamento superficial  
*Flamexado*  
*Granallado*  
*Pulido / Apomazado*

Corte terciario ou seccionado

Acabados e remates  
*Pulidos de cantos*  
*Biselado*  
*Fresado*

*Proceso de transformación do granito*

### 2.3.1\_ Serrado en teares

É o proceso de corte máis eficiente e, polo tanto, o utilizado para a obtención de pranchas de granito dos espesores máis estandarizados. Nos teares obtéñense pranchas grandes de 2-3 cm de espesor que tras os distintos procesos de acabado serán a principal materia prima utilizada nos pequenos talleres de marmoristas.

Esta etapa consiste na transformación do bloque en pranchas ou taboleiros de espesor variable mediante o procedemento de serrado. Este realízase principalmente por medio de teares multiláminas.

Nos teares os bloques córtanse en táboas por medio dun movemento de vaivén das láminas de aceiro e engádesse unha mestura de gralla metálica (elemento cortante), cal e auga que favorece o corte e ao mesmo tempo refrixera as láminas de aceiro. Os taboleiros obtidos teñen normalmente un espesor de 2-3 cm (produto semielaborado), cumprindo co primeiro paso no proceso de fabricación.

En principio, o proceso de serrado é sinxelo. Porén, a

determinación de cargas previa, necesaria para optimizar a carga dos teares, resulta máis complexa. Para esta optimización da carga nos teares débese considerar polo menos os seguintes condicionantes:

- Dureza dos bloques de granito que deben de ser tratados. Cando entra nun tear un bloque de dureza 5 (máxima dureza), obriga a utilizar una lámina de corte nova, polo que se trata de serrar antes os bloques máis brandos co fin de atrasar o máximo posible o cambio da lámina de corte.

- Dimensións dos bloques de granito que deben de ser tratados. Neste sentido hai que ter en conta as dimensións máximas de bloque que admite o tear.

- Espesores de corte. Trátase de manter na medida do posible a continuidade do espesor de corte entre unha carga e a seguinte, co fin de minimizar os tempos de preparación das máquinas, que é bastante significativo.

- Datas de terminación das cargas anteriores. O proceso de serrado soe durar varios días. É frecuente que nalgúns teares o grao de avance non se poida interfasear co sistema de control da produción de maneira que se poida actualizar a velocidade de corte real do tear. Nestes casos os responsables da fabricación estiman o momento de remate mediante datos estatísticos/históricos relativos a velocidades de corte segundo durezas dos bloques de granito tratados.

No transcurso do proceso de serrado identifícanse tres consumibles principalmente:

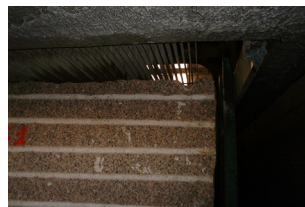
- Granalla (material areento utilizado para o corte dos bloques de granito).
- Cal (utilizado para regular a viscosidade da emulsión).
- Láminas de corte (elemento que executa o movemento adecuado para o serrado dos bloques de granito).

Unha vez rematado o serrado verificase a calidade de cada unha das láminas que saen do proceso, detectando aquelas que resulten defectuosas e separándoas da liña de produción.

Unha vez finalizado este proceso almacénanse as láminas á espera de ser tratadas.



*Detalle da biela de acionamento das láminas de aceiro dun tear*



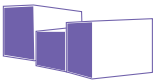
*Imaxe das láminas de corte sobre o bloque de granito*

## 2.3.2\_

### Corte con fío diamantado

O corte mediante fío de diamante é un proceso máis rápido que o dos teares, pero máis caro. Polo tanto, este proceso vaise dar naqueles casos nos que un cliente fai un pedido singular ou para aqueles produtos de espesor menos estandarizado.

O corte con máquinas multifío utilízase xeralmente para a obtención de pranchas grandes cuxo espesor varía desde os 6 cm ata 8 cm ou 10 cm, e pode ser superior en casos excep-



cionais. Estas máquinas están constituídas por un pórtico de aceiro, dous volantes dotados de desprazamento vertical ao longo das columnas do pórtico, e que guían e tensan o fío diamantado. O avance horizontal e vertical do fío produce o corte na rocha. O espesor da prancha grande determina a separación entre fíos.

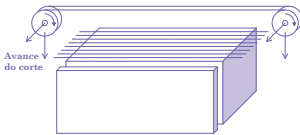


Figura 1. Esquema de corte con fío

Unha vez que se ten o produto semielaborado (bandas ou pranchas grandes) este pasa por unha serie de operacións de transformación posteriores en función do tipo de produto final desexado. Estas operacións son fundamentalmente cortes de detalle e operacións de acabado.

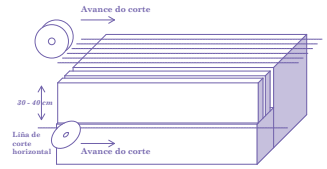


Cortabloques multifío

### 2.3.3\_ Corte con disco diamantado

O corte mediante disco diamantado utilízase xeralmente para obter bandas de granito. As bandas son tiras de granito cun espesor xeralmente de ata 6 cm. Ás veces córtanse bandas de maior espesor en función das características do produto final. O cortabloques de disco componse de dúas cabezas de corte, unha para o corte vertical e outra para o horizontal. Unha vez que o bloque de granito se carga no cortabloques a través dun transbordador ou vagoneta xa se procede ao corte vertical. A cabeza de corte vertical está composta por un conxunto de discos con pastillas de diamante nos seus bordos, que producirán un corte transversal ao longo do bloque. A separación dos discos do cabezal de corte vertical define o espesor final das bandas. O corte vertical alcanza unha profundidade media duns 30 cm ou 40 cm.

Unha vez que se teñen os cortes verticais actúa o cabezal de corte horizontal. Este cabezal está composto dun só disco. O corte horizontal remata coa obtención da banda de granito. Esta descárgase mediante un conxunto de ventosas e deposítase nun palé.



Esquema de corte con disco

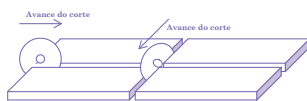


Cortabloques multidisco

As pranchas ou bandas obtidas tras o corte primario sobre o macizo de granito poden ser divididas en anacos máis pequenos en función dos requisitos do produto final desexado. Tamén se adoita realizar un corte preliminar ao tratamento para eliminar bordos abertos. Polo xeral o proceso de corte, como o corte en anacos, soe ser posterior ás operacións de acabado no caso de que as bandas ou pranchas grandes non requiran unha división previa.



O corte pode ser tanto en horizontal como en vertical. Determinadas máquinas permiten o xiro da base de corte para realizar seccións diagonais.



*Esquema de cortes transversais e horizontais*



*Saída da cortadora de pranchas*



*Máquina de corte de pranchas*

## 2.3.4\_

### Corte por cizallado

Unha tipoloxía especial de corte sería o realizado mediante cizallado. Este efectúase mediante a ci-

zalla, que realiza dous cortes mediante una coitela ou cizalla co uso de cuñas, lonxitudinais e transversais.

O produto obtido sería o lastro. Estes son pequenos cubos para pavimentación de pedra natural, con dimensións comprendidas entre 50 mm e 300 mm.



*Saída da cizalla*

O lastro é un subproduto das empresas do sector do granito ornamental.

## 2.3.5\_

### Operacións de acabado

Existen dous tipos de operacións de acabado: os acabados superficiais e os remates finais.

#### *a) Tipos de acabado superficial*

A continuación descríbense os principais tipos de acabado superficial en función das necesidades do cliente:

#### *Pulido*

Mediante este tratamento vanse obter unhas superficies pla-

nas e lisas, adquirindo un aspecto brillante característico. Para iso vanse utilizar máquinas pulidoras, que aplican sucesivamente abrasivos de gran cada vez máis fino. Este é o proceso máis habitual de tratamento das superficies dos taboleiros.

No caso das bandas é necesario unha operación previa ao pulido: o calibrado. O calibrado é un proceso independente ao pulido que consegue homoxeneizar o espesor das bandas para ser pulidas en serie. A precisión do calibrado soe ser da orde de décimas de milímetro.



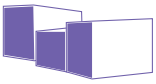
*Descargadora de bandas*



*Calibradora*

#### *Flamexado*

É un tratamento térmico, resultado de aplicar unha



chama a través dun soprete a uns 1.500 -2.800 °C sobre a superficie da rocha, o que provoca un desprendemento de laxas e anacos de pedra de reducido tamaño. Utilízase unha chama xerada a partir da combustión dunha mestura de propano ou gas natural e osíxeno. A continuación arrefriase rapidamente cun chorro de auga, o que fai saltar algúns compoñentes da superficie e revela así a súa estrutura cristalina. Obtense unha superficie rugosa, vítrea, algo craterizada e máis resistente á alteración química atmosférica.



*Flamexadora bandas*



*Flamexadora pranchas*



*Detalle de granito flamexado*

### **Granallado**

Este tipo de acabado obtense sometendo a prancha a un lavado cun chorro de granalla a partir da súa mestura con auga a presión.



*Máquina de granallado*

### **Apomazado**

É un tratamento similar ao pulido pero sen chegar a utilizar os abrasivos de gran máis fino, polo que non se alcanza o mesmo nivel de brillo. Adoita aplicarse a pedras que posúen deformidades na superficie tornándose en superficies planas, lisas e mates. Utilízanse abrasivos cun gran de entre 120 e 220 dependendo do material.

### **Asperonado**

É un tratamento igual que el apomazado pero colocando abrasivos de gran entre 60 e 80 dependendo do material.

### **Satinado**

Realízase sobre taboleiro serrado. Combina un asperonado e un cepillado abrasivo dando como resultado final unha superficie rugosa e case pulida.

### **Abuxardado**

Este acabado permite que pezas obtidas por corte ou por serra teñan un acabado rústico, similar ao da cantaría. As buxardas, tanto manuais como pneumáticas, presentan diferente número de dentes en proporción inversa ao grao de rugosidade requirido.

### **b) Remates finais**

#### **Serrado/Cortado**

É o resultado de cortar a peza con disco de diamante para adaptala ás dimensións demandadas. A operación realízase como se tratou en apartados anteriores.

#### **Remates**

En función das especificacións de produto final pó-



dense necesitar multitude de operacións finais de remate tales como: biselado, fresado, pulido de cantos, tradeados,... A maquinaria para levalas a cabo é tamén variada e específica.

## 2.3.6\_ Almacenamento e embalaxe

Unha vez concluídas as operacións de acabado procédeuse ao almacenamento e expedición. Normalmente a embalaxe será:

- *En cabaletes (habitual para o transporte por estrada).*
- *En caixas (frecuente para o transporte en barco).*

En operacións anteriores a miúdo utilízase auga como refrixerante, por iso determinados produtos como as baldosas teñen que ser secadas antes de ser embaladas. Por exemplo, mediante un forno de secado eléctrico vai aplicárselles chorros de aire quente para retirar a auga depositada.



*Vista forno e entrada da embaladora*

Unha vez secas as baldosas embálanse e/ou empaquetan na zona de empaquetado e paletizado o que se realiza normalmente mediante empaquetadoras completamente automáticas.



*Paletizadora*

## 2.3.7\_ Actividades auxiliares

### *Transporte interno*

O proceso de transformación require unha serie de operacións complementarias, neste sentido son importantes os despraza-



*Máquina pulcantos*



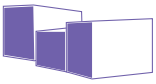
*Máquina de fresado*



*Robot de corte*



*Almacén de produto elaborado*



mentos de material dentro e fóra das naves de produción. Para iso soen usarse pontes guindastres para a carga e descarga de bloques de granito e carretas diésel para o traslado de palés dentro e fóra das instalacións.

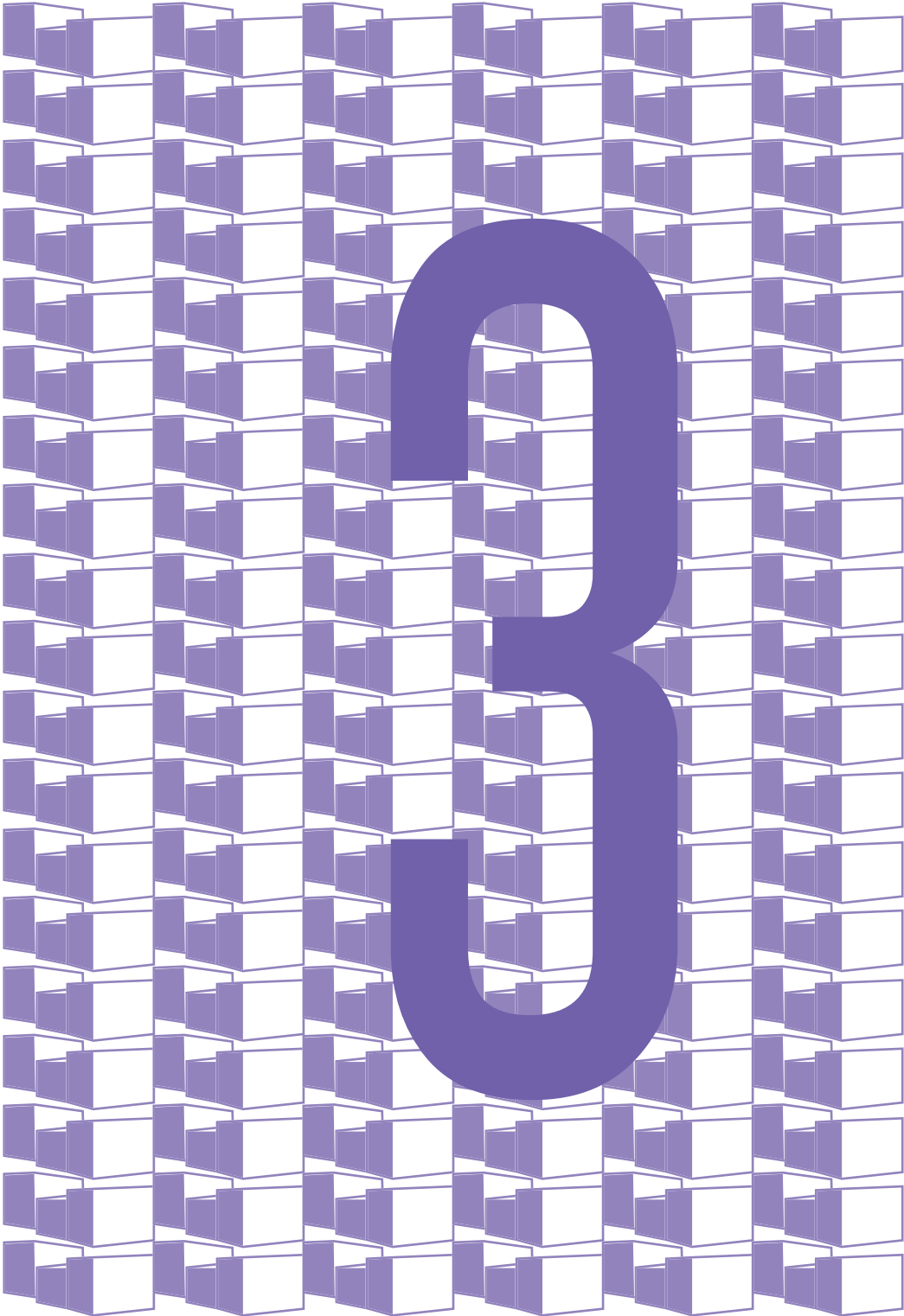
### *Depuración de augas*

Un proceso dependente do proceso de transformación é o proceso de decantación de augas procedentes das naves de produción. A maior parte de subprocesos, en especial o corte utilizan auga como refrixerante. A auga ao seu paso pola máquina arrastra unha serie de material, tales como restos de granito ou grana-lla, polo que debe de ser limpada antes de volver ser utilizada.

A auga de proceso recóllese mediante un sistema de canaliza-cións e vértese nun pozo de decantación normalmente situado na zona máis baixa da parcela. Alí, mediante un sistema de decantación, déixase a auga nas condicións óptimas para o seu novo uso. Para facer chegar a auga ao punto necesario de uso para cada instalación requírese un equipo de bombeo.



*Decantadora e zona de bombeo*





# 3\_

## ANÁLISE

### ENERXÉTICA DA

### PRODUCCIÓN DO

### GRANITO

## 3.1\_

### CANTEIRAS

#### 3.1.1\_

#### Explotación media

Para a realización do presente estudo auditáronse tres canteiras de granito ornamental, o que permite debuxar unha radiografía do sector que pode servir para estimar o consumo enerxético do mesmo e utilizarse como base para posteriores estudos máis exhaustivos.

A canteira media da mostra presenta unha produción anual de 16.017 m<sup>3</sup> de granito, alcanza unha facturación anual de 2,8 M€ e dá traballo a 27 empregados. A superficie media da explotación sitúase nas 12,1 Ha e o traballo realízase nunha soa quenda. O subministro eléctrico recíbese en todos os casos en alta tensión na tarifa de acceso 6.1 e cunha potencia media de contrato de 517 kW.

ANO 2010	VALOR MEDIO
Podución granito (m <sup>3</sup> )	16.017
Facturación (M€/ano)	2,8
Nº de empregados	27
Custo enerxético (% do total)	13
Superficie explotación (Ha)	12,1
Horas de funcionamento anual	1.900
Potencia eléctrica contratada (Kw)	517
Tarifa eléctrica de acceso	6.1

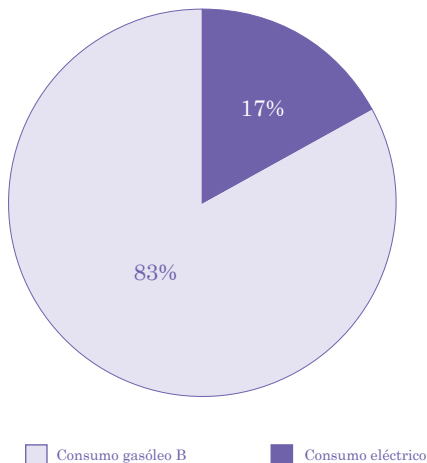
#### *Caracterización da canteira media da mostra*

Os custos da enerxía supoñen aproximadamente un 13 % dos custos totais da explotación. O valor medio do consumo e custo enerxético das tres instalacións auditadas, tomando como referencia o ano 2010, detállanse na seguinte táboa:

ANO 2010	VALOR MEDIO	CUSTO (€)
Consumo eléctrico (MWh)	538	75.624
Consumo gasóleo A ou B (litros)	253.600	144.036
Consumo gasóleo A ou B (MWh)	2.594	-----
CONSUMO ENERXÉTICO TOTAL (MWh)	3.132	219.660

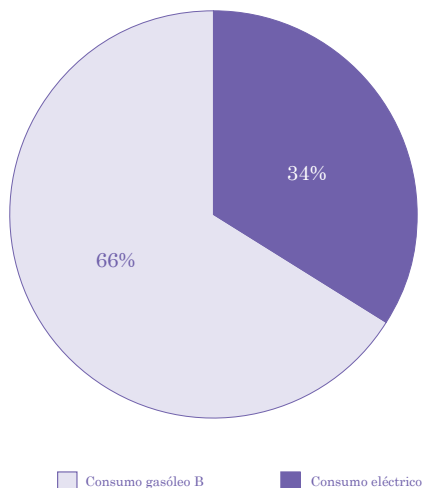
Como se pode observar, a principal demanda enerxética das canteiras dáse en forma de gasóleo B, que cunha media de 253.600 litros/ano supón o 83 % do consumo. O 17 % restante complétase con enerxía eléctrica. Neste estudo non se considerou como produto enerxético a enerxía química dos explosivos utilizados por non tratarse dun produto enerxético ao uso.

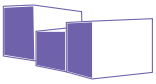
DISTRIBUCIÓN DOS CONSUMOS DE ENERXÍA



Cómpre mencionar que debido ao maior custo unitario da electricidade a distribución de custos varía significativamente, alcanzando o consumo eléctrico o 34 % do custo total.

DISTRIBUCIÓN DOS CUSTOS DE ENERXÍA





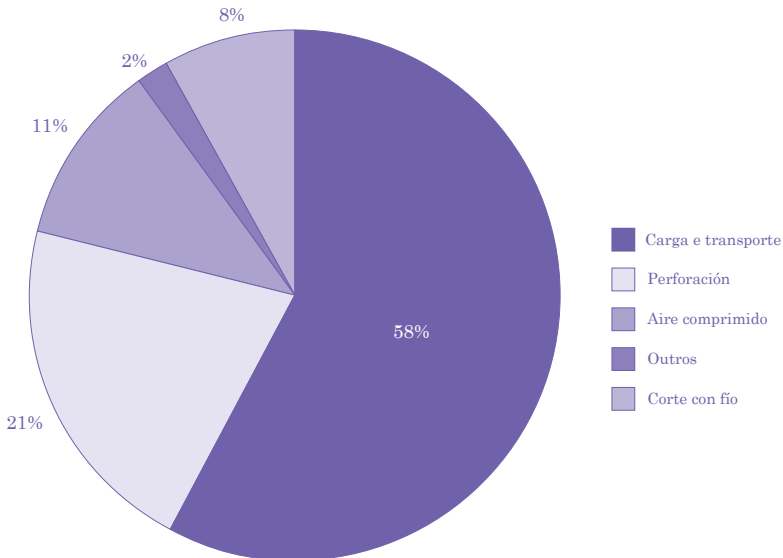
## 3.1.2\_

### Distribución por actividades do consumo enerxético

As características diferenciadoras de cada instalación (distintas calidades do granito, diferentes capacidades produtivas, situación do ciclo produtivo, grao de avance na explotación da canteira,...) fan que os valores de consumo enerxético que se recollen a continuación deban tomarse unicamente como valores aproximados da distribución da demanda enerxética do sector.

Ao analizar conxuntamente todo o consumo enerxético obsérvase que o 58 % se deriva das actividades de carga e transporte, séguelle a unha certa distancia o consumo en perforación dun 21 % ao que habería que engadir practicamente outro 11 % que se utiliza para comprimir aire que na súa maioría ten como uso final actividades de perforación. Un 8 % de consumo total é utilizado nas actividades de corte con fío diamantado.

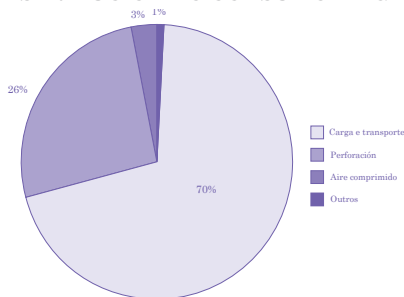
DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO ENERXÉTICO



Como se indicou no apartado anterior a principal fonte enerxética das canteiras de granito ornamental é o gasóleo, que supón o 83 % do consumo e que se utiliza principalmente para as actividades de carga e transporte dos bloques de granito, refugalllos e medios de produción que en conxunto representan o 70 % do consumo de gasóleo. Séguelle en importancia o consumo en actividades propias de perforación que alcanzan o 26 % do consumo de gasóleo. Finalmente a última partida de consideración é o consumo en xeración de aire comprimido, 3 %.

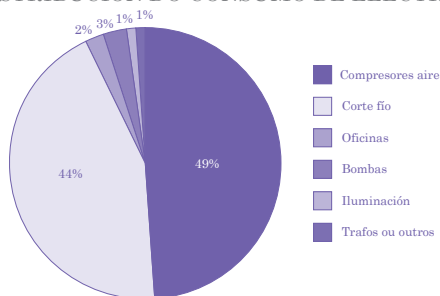
A anterior análise evidencia a importancia do estudo das fronte de avance da canteira e a súa influencia na loxística dos movementos de transporte dos bloques e medios auxiliares, dado que deles se deriva a maior parte do custo enerxético e un dos custos máis importantes da explotación.

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO DE GASÓLEO



A segunda fonte enerxética utilizada nas canteiras é a electricidade, que se utiliza principalmente en compresores eléctricos (49 %) e en máquinas de corte de fío diamantado (44 %). O principal uso dos compresores eléctricos é a súa utilización en perforación. A moita distancia os seguintes usos da electricidade son: bombeo (3 %), oficinas (2 %), perdas nos transformadores e outros (1 %) e iluminación da canteira (1 %).

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE



### 3.1.3.

#### Ratios de consumo

Neste apartado recóllese as principais ratios de consumo enerxético das canteiras de granito ornamental. Estas calculáronse ao facer as medias aritméticas das ratios individuais de cada instalación. O resultado non se ponderou en función da produción de cada empresa para evitar que as empresas de maior tamaño encubran os datos das de menor dimensión. A maior produción xeralmente se obteñen menores consumos enerxéticos unitarios pola menor incidencia dos consumos fixos, polo que esta metodoloxía supón un lixeiro nesgo á alza das ratios de consumo con respecto ás que se obterían se se ponderan os consumos en función da produción. Non obstante, o valor calculado achega unha maior información da situación das diferentes instalacións.

A enerxía media necesaria para a extracción dun metro cúbico de granito sitúase en 199 kWh cun custo económico de 13,9 € con prezos do ano 2010. Deles 78 kWh/m<sup>3</sup> utilízanse directamente para a perforación e corte do bloque de granito, 117 kWh/m<sup>3</sup> utili-



zanse nos diversos procesos de carga e transporte e os 4 kWh/m<sup>3</sup> restantes consómense en tarefas de apoio á produción, tales como iluminación, oficinas, perdas eléctricas,...

TOTAL	KWh/m <sup>3</sup>	€/m <sup>3</sup>
Carga e transporte	116,7	6,5
Perforación	42,3	2,3
Aire comprimido	21,9	2,6
Corte con fío	14,6	2,1
Outros	3,7	0,4
<b>Total</b>	<b>199,3</b>	<b>13,9</b>

Por termo medio, 166 kWh/m<sup>3</sup> consómense en forma de gasóleo, cun custo de 9,22 €/m<sup>3</sup>. Deles 117 kWh/m<sup>3</sup> (70 %) utilízanse nos proceso de carga e transporte principalmente dos bloques resultantes, dos residuos e subprodutos xerados así como dos medios auxiliares de produción. A segunda partida máis significativa é o consumo para a perforación que supón 42 kWh/m<sup>3</sup> (26 %).

COMBUSTIBLES	KWh/m <sup>3</sup>	€/m <sup>3</sup>
Carga e transporte	117	6,48
Perforación	42	2,35
Aire comprimido	5	0,30
Outros	2	0,08
<b>Total</b>	<b>166</b>	<b>9,22</b>

O consumo eléctrico nas canteiras sitúase de media en 33 kWh/m<sup>3</sup>, cun custo de 4,7 €/m<sup>3</sup> extraído. Deles, 16 kWh/m<sup>3</sup> (49 %) dedícanse ao funcionamento de compresores, 15 kWh/m<sup>3</sup> (un 44 %) ao corte con fío diamantado e os 2 kWh/m<sup>3</sup> restantes a elementos auxiliares.

ELECTRICIDADE	KWh/m <sup>3</sup>	€/m <sup>3</sup>
Compresores	16,4	2,31
Corte fío	14,6	2,05
Oficinas	0,7	0,10
Bombas	0,9	0,12
Iluminación	0,2	0,03
Trafos e outros	0,4	0,06
<b>Total</b>	<b>33,3</b>	<b>4,68</b>



## 3.2\_

### INDUSTRIA TRANSFORMADORA

#### 3.2.1\_

#### Industria transformadora media

Para a realización do presente estudo consultáronse seis auditorías enerxéticas realizadas a distintas empresas transformadoras de granito ornamental nos últimos cinco anos. Catro destas auditorías foron realizadas nos dous últimos anos, motivo polo que son a base principal do estudo, e utilizáronse puntualmente as dúas restantes para completar a información.

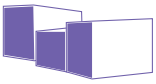
A industria transformadora media da mostra presenta unha produción anual de 291.788 m<sup>2</sup> de granito con diferentes niveis de acabado, alcanza unha facturación anual de 14,8 M€ e dá traballo a 49 empregados que traballan en dúas ou tres xornadas diarias. O subministro eléctrico recíbese en todos os casos en alta tensión, con tarifa de acceso 6.1 e cunha potencia eléctrica media de contrato de 1.123 kW.

	VALOR MEDIO
Podución granito (m <sup>2</sup> )	291.788
Facturación (M€/ano)	14,8
Nº de empregados	49
Custo enerxético (% do total)	10
Horas de funcionamento diario	2 ou 3 turnos
Potencia eléctrica contratada (Kw)	1.123
Tarifa eléctrica de acceso	6.1

*Caracterización da industria transformadora media da mostra*

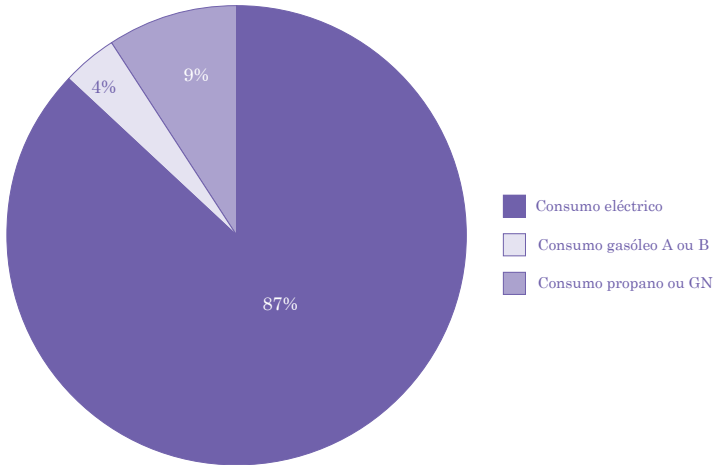
Os custos da enerxía supoñen aproximadamente un 10 % dos custos totais. O valor medio do consumo e custo enerxético das instalacións auditadas, tomando como referencia o ano 2010, detállanse na seguinte táboa:

	VALOR MEDIO	CUSTO (€)
Consumo eléctrico (MWh)	3.705	357.695
Consumo gasóleo A ou B (litros)	17.739	15.460
Consumo gasóleo A ou B (MWh)	181	-----
Consumo propano ou GN (MWh)	374	24.504
<b>CONSUMO ENERXÉTICO TOTAL (MWh)</b>	<b>4.260</b>	<b>373.155</b>



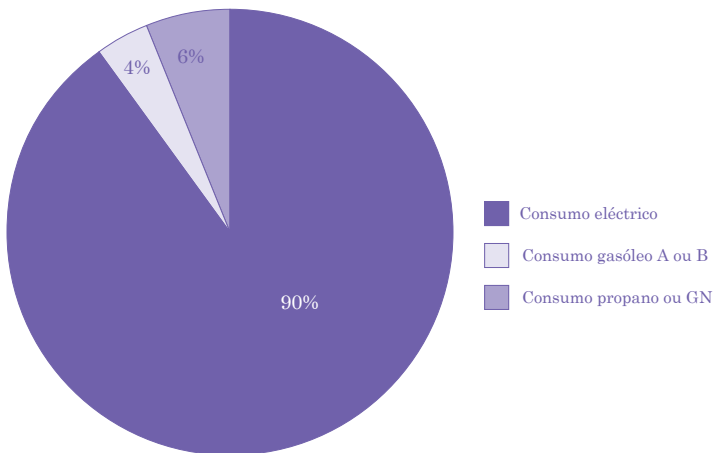
Como se pode observar, a principal demanda enerxética das empresas transformadoras dáse en forma de electricidade, o que supón o 87 % do consumo, seguido do propano ou gas natural, que supón un 9 %, e do gasóleo que representa o 4 % restante.

#### DISTRIBUCIÓN DOS CONSUMOS DE ENERXÍA



Cómpre mencionar que debido ao maior custo unitario da electricidade, a distribución de custos varía lixeiramente, alcanzando o consumo eléctrico o 90 % do custo total, o propano/GN baixa a súa porcentaxe ao 6 % mentres o gasóleo pola súa parte mantén a mesma porcentaxe 4 %.

#### DISTRIBUCIÓN DOS CUSTOS DE ENERXÍA

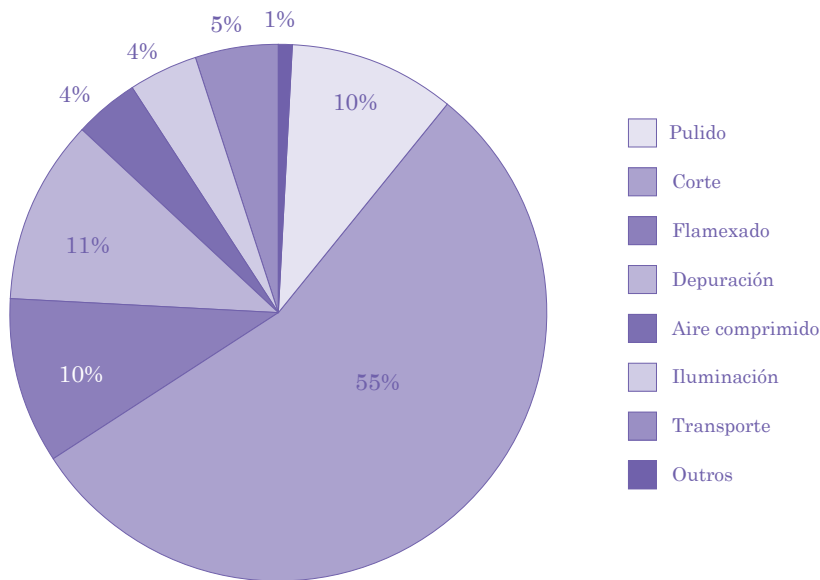


## 3.2.2\_

## Distribución por actividades do consumo enerxético

Ao analizar conxuntamente o consumo enerxético das empresas auditadas obsérvase que o 54,7 % se deriva das actividades de serrado e corte do granito, séguelle en importancia o proceso de bombeo e de depuración de lodos de apoio ao proceso que supón un 11,6 %, en terceiro lugar sitúase o proceso de pulido que no seu conxunto representa o 10 % do consumo e unha porcentaxe moi similar, o 9,8 % corresponde ás liñas de flamexado. Xa a certa distancia, un 4,6 % do consumo vaise destinar a diferentes necesidades de transporte entre as que se inclúe os desprazamentos comerciais, o 3,9 % corresponde ao aire comprimido e outro 3,9 % á iluminación. Estes valores deben de entenderse en todo caso como unha aproximación, debido ás dificultades de medir e uniformar estas clasificacións de consumo enerxético nas distintas empresas do sector.

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO ENERXÉTICO

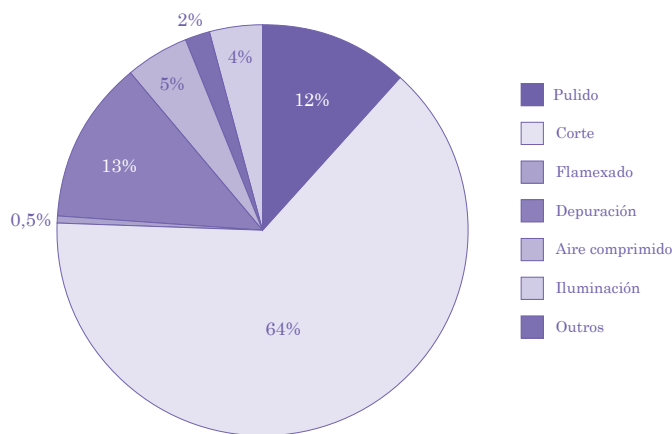


Como se indicou no apartado anterior a principal fonte enerxética das industrias de transformación do granito ornamental é a enerxía eléctrica, que supón o 87 % do consumo. O 64 % da electricidade consumida utilízase para as actividades de serrado e corte dos bloques de granito. O segundo gran consumo de electricidade corresponde ás actividades de bombeo e depuración dos lodos utilizados nos distintos procesos. Séguenlle en importancia a liña de pulido das pranchas. Os seguintes consumos en importancia son os necesarios para xerar aire comprimido, iluminación, movemento das diferentes liñas e outros.



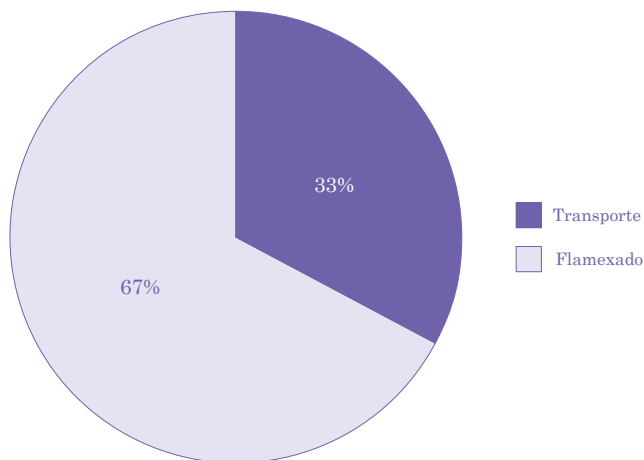
A anterior análise evidencia a importancia da eficiencia dos motores e equipos utilizados para o serrado dos bloques e no bombeo e depuración dos lodos.

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO DE ELECTRICIDADE



Ademais de electricidade, as industrias transformadoras consumen gas natural ou propano para o proceso de flamexado e gasóleo para actividades de apoio ao transporte interno dos bloques de granito e as actividades comerciais das empresas.

DISTRIBUCIÓN DO CONSUMO DE COMBUSTIBLES



### 3.2.3\_

#### Ratios de consumo

Neste apartado recóllense as principais ratios de consumo enerxético das industrias transformadoras do granito ornamental. Estas calculáronse facendo as medias aritméticas das ratios individuais de cada instalación.

A enerxía media necesaria para a obtención dun metro cadrado de granito sitúase en 17,5 kWh cun custo económico de 1,63 € con prezos do ano 2010. Este consumo é unha media dos diferentes produtos obtidos nas empresas auditadas, evidentemente hai acabados máis intensivos en consumo de enerxía que outros. A única actividade común a todos os produtos finais é o serrado e/ou o corte inicial que é ademais o de maior demanda de enerxía, alcanzando os 9,6 kWh/m<sup>2</sup> de produto, coa característica de ser un consumo totalmente de enerxía eléctrica.

O segundo proceso que máis enerxía demanda no conxunto das industrias auditadas son as actividades de bombeo e depuración

das augas utilizadas no proceso con 2,0 kWh/m<sup>2</sup>, séguelle en importancia o consumo da liña de pulido que alcanza un valor medio de 1,8 kWh/m<sup>2</sup> e a liña de flamexado con 1,7 kWh/m<sup>2</sup>.

TOTAL	KWh/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>
Pulido	1,8	0,17
Corte	9,6	0,92
Flamexado	1,7	0,11
Depuración	2,0	0,20
Aire comprimido	0,7	0,07
Iluminación	0,7	0,07
Transporte	0,8	0,07
Outros	0,3	0,03
<b>Total</b>	<b>17,5</b>	<b>1,63</b>

Se se diferencia por produtos enerxéticos, obsérvase que ao contrario do que sucedía nas canteiras a dependencia dos combustibles fósiles é pouco significativa e centráse no consumo de gas natural ou propano para o proceso de flamexado e o consumo de gasóleo como apoio a actividades de transporte. O consumo medio rateado ás empresas auditadas supón 1,6 kWh/m<sup>2</sup> no proceso de flamexado e 0,8 kWh/m<sup>2</sup> en transporte. Debe destacarse que só unha pequena parte da produción se flamexa, o consumo de combustible no proceso de flamexado sen ratear a toda a produción depende do tamaño da peza e características finais variando de 3 a 5 kWh/m<sup>2</sup>.

COMBUSTIBLES	KWh/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>
Transporte	0,8	0,07
Flamexado	1,6	0,11
<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>0,18</b>

O consumo eléctrico rateado a toda a produción recóllese no seguinte cadro no que se comproba que se obteñen valores practicamente similares aos do consumo enerxé-

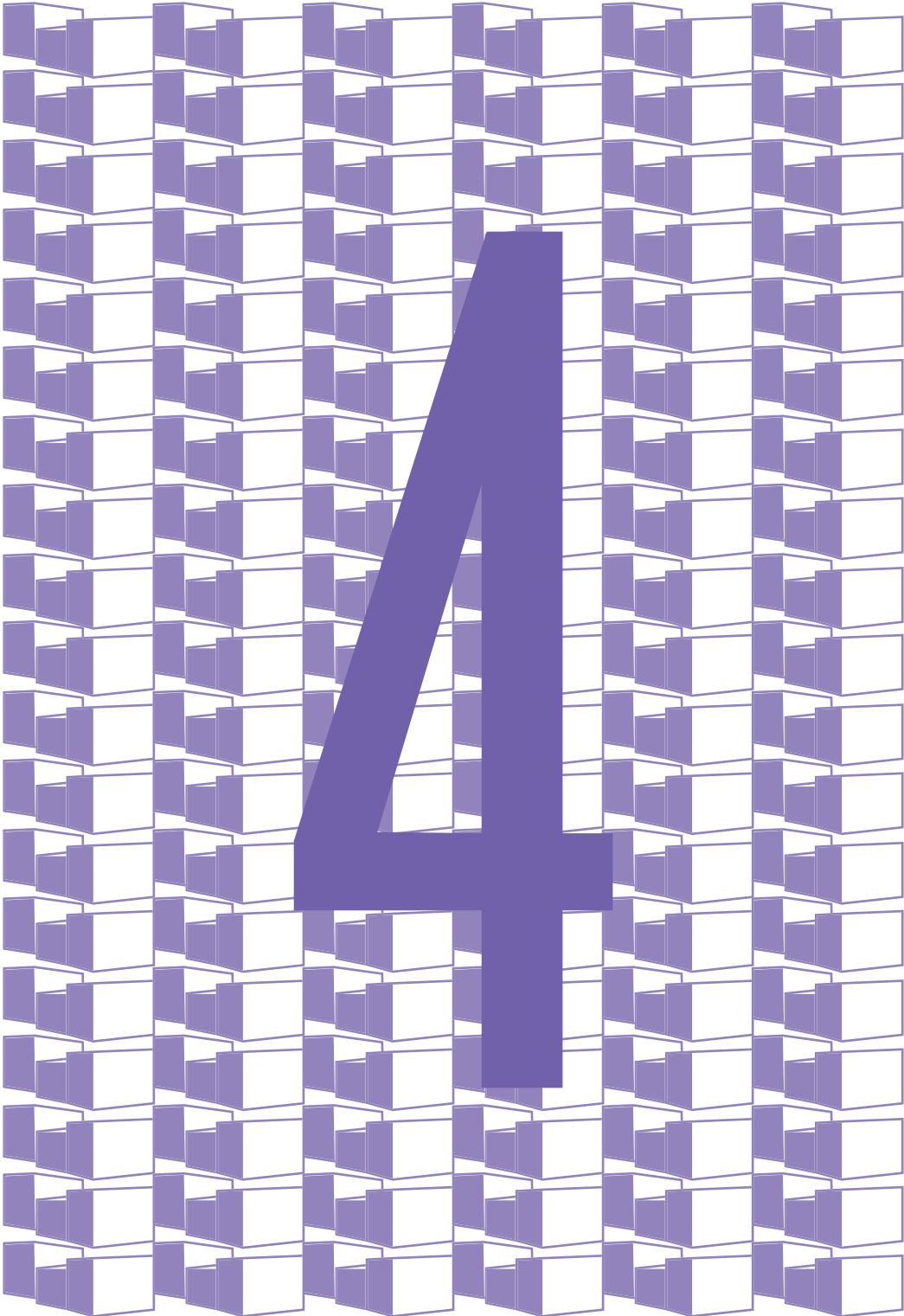
tico total, só diferenciados no apartado de transporte e flamexado.

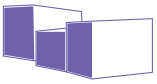
ELECTRICIDADE	KWh/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>
Pulido	1,8	0,17
Corte	9,6	0,92
Flamexado	0,1	0,01
Depuración	2,0	0,20
Aire comprimido	0,7	0,07
Iluminación	0,7	0,07
Outros	0,3	0,03
<b>Total</b>	<b>15,1</b>	<b>1,45</b>

Debe de entenderse que existen diferentes niveis de acabado, polo que quizáis máis interesante que os anteriores sexa o rango de consumo eléctrico en cada subproceso. Na táboa anterior recóllese un rango razoable de consumo para os principais procesos. Incluso dentro da mesma empresa os consumos variarán en función do grao de dureza da rocha, o nivel de acabado, a relación entre produción e consumos fixos,...

ELECTRICIDADE	KWh/m <sup>2</sup>
Serrado	7 - 12
Pulido	1 - 2
Granallado	0,5 - 0,6
Flamexado	0,20 - 0,25
Abuxardado	0,9 - 1,1
Cortado	0,8 - 0,9







## 4 MEDIDAS DE AFORRO ENERXÉTICO DO PARQUE MÓBIL

### 4.1 SELECCIÓN E COMPRA DE EQUIPOS EFICIENTES

A selección de equipos adecuados (pas, escavadoras, camiós, dumpers,...) para os traballos que se deben de realizar é o elemento clave para obter a maior eficiencia global no conxunto de actividades, especialmente no caso das canteiras. O primeiro paso é determinar o número de equipos que se necesitan, os requirimentos de potencia de cada un deles e o equipamento básico que deben de ter en función dos traballos que se realicen.

O custo horario dunha máquina resulta de sumar

os custos fixos (amortización, intereses, seguros,...) e os custos variables que se producen cando esta traballa (consumo de combustibles, aceites, rodas, mantemento e reparacións). O custo variable máis importante é o do gasóleo polo que, no momento da adquisición do novo equipo, debe de ser un dos factores prioritarios de selección.

A renovación da maquinaria cunha antigüidade de máis de 10 anos, por equipos de última tecnoloxía, permitiría reducir significativamente o consumo enerxético dos equipos que maior consumo representan. En especial a entrada en vigor das novas normativas sobre emisións Stage III B (Europa) e Tier 4 Interim (EEUU) con maiores requirimentos medioambientais está a implicar unha profunda renovación das gamas de equipos dispoñibles e o lanzamento de innumerables novidades, entre as que se poden destacar as tecnoloxías de redución catalítica selectiva (SCR), os mecanismos de recirculación refrixerada de gases de escape (CEGR), os equipos híbridos gasóleo-electricidade, os filtros con rexeneración activa,... Estimouse que este aforro ascendería a un mínimo do 10 % do consumo de gasóleo das explotacións. Este aforro, non

obstante, non xustifica de por si o cambio inmediato da maquinaria xa que o investimento que cómpre acometer é proporcionalmente moi elevado.

A estratexia que se recomenda é ter en conta criterios enerxéticos, cun peso mínimo dun 20 % do total dos aspectos que se valoran, á hora de seleccionar a nova maquinaria necesaria para substituír a que está alcanzando o termo da súa vida útil. Adicionalmente se debe valorar en que casos é conveniente adiantar a renovación de equipos por outros globalmente máis eficientes. Nesta situación o sobrecusto de mercar equipos próximos á maior eficiencia do mercado presenta prazos de amortización, e considérase o beneficio económico só do aforro enerxético, xeralmente moi curtos, da orde de 2,4 anos.

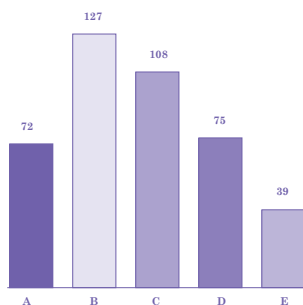
O traballo de selección dos equipos en función da eficiencia dificúltase pola escasa transparencia dos fabricantes á hora de comunicar datos de consumo específico da maquinaria. Neste sentido, tanto as asociacións de consumidores como as diferentes admi-



nistracións deben de avanzar en esixirles aos fabricantes información precisa e comparable do consumo enerxético dos diferentes equipos e marcas comerciais.

Os fabricantes deben de proporcionar curvas de consumo en unidades europeas (por exemplo litros gasóleo/kWh de enerxía entregada) especialmente fiables naquelas situacións de traballo de maior porcentaxe de uso da máquina.

Considérase fundamental que o fabricante ofrezca e os consumidores esixan información da eficiencia enerxética do equipo en comparación a outros equipos alternativos.



*Detalle da clasificación enerxética de tractores. Fonte IDAE*

Neste sentido considérase

conveniente que a Unión Europea continúe a impulsar as actuacións de etiquetado enerxético ampliando a obrigatoriedade a equipos relativamente estándar como poden ser pas, camións, dumpers,... de cara a facilitar ás empresas unha acertada selección destes equipos. Esta clasificación, ademais, podería servir de base aos estados para aplicar unha fiscalidade progresiva en función da eficiencia, cumprindo deste modo o lema “quen contamina paga”.

## 4.2\_ CONDUCCIÓN EFICIENTE

O consumo dun motor varía en función da velocidade de xiro e da carga que debe vencer. O vehículo deberá desenvolver a potencia necesaria utilizando o réxime do motor e a marcha máis axeitada, e intentar conseguir o mínimo consumo de gasóleo. Para cargas elevadas, os consumos específicos máis baixos rexístranse cando o motor traballa a un réxime de xiro próximo ao de par máximo.

É conveniente unha formación continua e constante dos operarios no manexo eficiente e seguro dos equipos que conducen,

baseándose nos manuais e indicacións dos fabricantes.

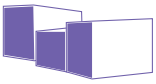
A continuación recóllense algúns dos aspectos básicos para reducir o consumo no manexo dos principais equipos do parque móbil: pas cargadoras, escavadoras hidráulicas, camións e dumpers.

### 4.2.1\_ Pa cargadora e escavadora hidráulica

*Apagar o motor en tempos de espera ou pausas prolongadas*

A pesar de que é conveniente manter o motor en mínimo cinco minutos despois do acendido e antes do apagado, manter o motor en mínimo innecesariamente consome combustible sen motivo.

Unha escavadora de 20 t pode consumir 1 l/h en espera e ata 4 l/h en mínimo en modo de autodesaceleración (redución automática de revolucións cando a panca de control está en neutro e non existe actividade).



Unha pa cargadora con cullerón de 3,4 m<sup>3</sup> en espera pode consumir uns 4 litros/hora.

*Evitar aliviar a presión hidráulica tanto como sexa posible*

Cando a carga dunha escavación é moi pesada, o equipo de traballo non se moverá a pesar de ter a panca de control enganchada debido a que a presión hidráulica está a ser aliviada.

Cando a presión hidráulica é aliviada, o cullerón non se move ou carga, é dicir, non se pode realizar ningún traballo. Porén, estase a consumir combustible.

Cando se está a aliviar a presión, pódese estar a consumir uns 30 l/hora no caso dunha escavadora hidráulica de 20 t e incluso máis de 40 l/h no caso dunha pa cargadora de 3,4 m<sup>3</sup> de cullerón en situación de calado do convertedor en torque.

*Utilizar o modo económico cando non se requira da máxima potencia*

Moitos equipos incorporan modos económicos nos que a potencia do motor se re-

duce aproximadamente ao 85% da aceleración máxima.

Con este modo a eficiencia na utilización do combustible aumenta en torno ao 15 %, así a potencia resulta suficiente para unha gran parte dos traballos que se van realizar e redúcese o nivel de ruído.

*Evitar esvaramento de pneumáticos*

Os pneumáticos dunha pa en carga frontal tenden a esvarar cando se atopa cun obstáculo e o motor se acelera para seguir a mover a máquina cara a adiante. Cando os pneumáticos esvaran, o cullerón non pode escavar nin cargar. O esvaramento prolongado dos pneumáticos fai que se consuma combustible innecesariamente.

Cando os pneumáticos amosan sinais de esvaramento, debe liberarse o pedal do acelerador lixeiramente e volver presionar gradualmente para elevar as revolucións do motor ata un nivel xusto antes do esvaramento. Se nesta situación non se xerese o agarre suficiente, por exemplo para a carga dun bloque de granito, haberá que revisar as condicións de agarre, tanto o estado do firme como o desgaste dos pneumáticos, e os posibles desniveis existentes.

*Achegar o camión e/ou reducir o ángulo de xiro*

Ao cargar camiões basculantes o feito de reducir os ángulos de xiro pode acelerar o ciclo de traballo e incrementar a produtividade horaria e a eficiencia enerxética.

Nunha escavadora hidráulica reducir o ángulo de xiro de 90 a 30° aumenta a eficiencia do combustible en aproximadamente un 3 % para a mesma produción.

Nunha pa cargadora o ideal é utilizar un ángulo de carga en “v” duns 30° e unha distancia de carga do 80 % da lonxitude da máquina. Aumentar esta distancia do 80 ao 150 % da lonxitude da máquina fai diminuír a eficiencia enerxética un 8 % para a mesma produción, ao mesmo tempo que se incrementan os tempos de carga.

*Traslado a baixas velocidades*

Tanto en escavadoras como en pas, ao reducir a velocidade de traslado en carga un 10 % respecto á que se obtería a máxima potencia vaise aumentar a eficiencia enerxética en aproximada-

mente un 8 % para a mesma produción.

## 4.2.2\_

### Camións e dumpers

*Apagar o motor en tempos de espera ou pausas prolongadas*

A pesar de que é conveniente manter o motor en mínimo 5 minutos despois do acendido e antes do apagado, manter o motor en mínimo innecesariamente consome combustible sen motivo.

Un camión de 90 t en espera pode chegar a consumir 8 litros/hora.

*Aproveitamento de inercias*

Na medida en que as circunstancias o permitan debe de procurarse conducir a unha velocidade relativamente constante e evitar continuas aceleracións e desaceleracións. Unha conducción uniforme anticipada aos obstáculos pode supoñer reducións de consumo superiores ao 10 % nos traslados internos dunha canteira.

Se tras adquirir unha velocidade inicial pode continuarse o traslado coa inercia adquirida debe de realizarse o desprazamento cunha marcha engrenada. Nesta situación se non se pisa o acelerador non se consome ningún combustible polo que en determinados percorridos se poden alcanzar aforros moi importantes, incluso do 40 % do consumo.

Nesta situación ter o interruptor do freo de escape en On aumenta a seguridade e telo en Off permite aumentar a distancia percorrida sen consumo de combustible.

*Traslado a baixas revolucións*

En xeral para reducir o consumo e os desgastes do motor debe de utilizarse a marcha máis longa posible, minimizando o número de revolucións dentro do rango de revolucións recomendadas polo fabricante e compatibles coa seguridade na marcha.

En xeral, co camión cargado maiores velocidades significan maiores revolucións do motor o que produce un maior gasto de combustible. Unha menor velocidade alonga o tempo de desprazamento, pero con frecuencia danse circunstancias nas que este se recupera se existe

espera en destino para carga ou descarga.

Para un camión de 90 t con carga, reducir a velocidade de 40 km/h a 30 km/h pode supoñer un aforro de combustible dun 16% se vai acompañado dunha redución das revolucións do motor.

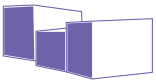
*Descarga a baixas velocidades*

Durante a descarga a velocidade de levantamento da caixa cambia en proporción ás revolucións do motor. Polo tanto canto máis rápido se eleva a caixa, máis combustible consome o motor.

Na operación de descarga, ao 80% de máximas revolucións do motor, pódese aforrar o 45% de combustible, comparado coa descarga a máximas revolucións.

*Utilizar o modo económico cando non se requira a máxima potencia*

Moitos equipos están dotados cun modo económico que permite ao operador seleccionar entre un réxime de potencia máxima e outro económico que limita a potencia ao entorno da 85% da máxima.



### • *Modo de alta potencia*

Este modo permite ao motor esixir a súa máxima potencia e así maximizar a carga de traballo. (Adecuado para lugares de traballo que requiren que o camiión suba unha costa con carga).

### • *Modo económico*

Como se acaba de comentar, este modo limita a potencia do motor a valores próximos ao 85% da súa máxima potencia e permite o aforro de combustible. Ademais, os puntos de cambios de marcha ascendente e descendente configúranse máis baixos do normal para manter o motor a menores revolucíons. (Adecuado para traballar en terreos nivelados que non requiren a máxima potencia do motor e enfocado a alcanzar a economía de combustible).

Con este modo económico pódense alcanzar aforros de combustible superiores ao 10 % incluso en percorridos con tramos en costa.

## 4.3\_ DESEÑO E MANTEMENTO DOS VIAIS E FRONTES DE TRABALLO

Unha parte importante das distancias internas que se percorren na canteira veñen determinadas polo deseño da fronte de explotación, os puntos de almacenamento dos diferentes produtos, subprodutos e estériles, así como dos espazos dispoñibles para manobra e viais.

Aínda que a relación sexa evidente convén lembrar a importancia dun deseño en planta e de proceso que permita minimizar distancias, operacións de carga e incluso manobras nos casos nos que o traslado interno dos produtos sexa vantaxoso.

No posible deben de limitarse as pendentes dos viais, dispoñer dunha anchura suficiente, evitar curvas con pequenos radios de curvatura e minimizar a resistencia á rodadura do firme. O firme debe de conservarse en bo estado, para iso debe de prestarse especial atención ao sistema de drenaxe coa disposición de gabias suficientes a ambos os lados e os pasos de auga que sexan necesarios.

As vantaxes derivadas duns bos viais son:

*-Maior seguridade e confort para os traballadores.*

*-Maires velocidades dos vehículos e, polo tanto, incremento da produtividade.*

*-Menor consumo de combustible.*

*-Menores custos de mantemento e reparación dos vehículos.*

*-Menores tempos mortos por avarías.*

No balance económico entre os custos de construción dos viais e os beneficios obtidos, de forma xeral, pode estimarse que un 5 % de aumento na resistencia de rodadura dá lugar a un aumento de custos de explotación do 35 % para manter a produción, debido ao incremento de tempo necesario nos desprazamentos e ao maior consumo de gasóleo. Evidentemente estes valores dependerán dos efectos das chuvias, xeadas e temperatura ambiente na zona.

## 4.4\_ MANTEMENTO DOS EQUIPOS

O mantemento dos equipos debe de realizarse ao longo de toda a vida útil, e non só cando están novos e en garantía. Este mantemento debe de seguir o “libro de instrucións” do fabricante onde se especifican todas as revisións que se deben de realizar.

O mantemento da maquinaria é fundamental xa que a súa falla pode facer que o consumo de gasóleo aumente facilmente un 5 % ou incluso porcentaxes maiores, ademais de aumentar o risco de accidentes e a frecuencia das avarías.

A continuación recompílanse os principios básicos do mantemento:

### *Pneumáticos*

Recoméndase un control visual diario da presión dos pneumáticos antes de comezar a xornada de traballo e a súa medición cada poucos días. Unha presión excesivamente baixa nos pneumáticos redonda nunha maior resistencia á

rodadura, un peor comportamento en curvas e un aumento da temperatura de traballo polo que, ademais de aumentar o consumo, aumentan as posibilidades dun rebentón ou desprendemento da banda de rodadura no caso de pneumático con banda de rodadura non orixinal. Unha presión excesivamente alta nos pneumáticos produce, ademais de rebotes innecesarios na suspensión, un desgaste concentrado na zona central da banda de rodadura, o que incrementa o consumo e produce un desgaste prematuro do pneumático. Un pneumático cunha sobrepresión do 20 % reduce a súa vida útil da orde do 25 %.

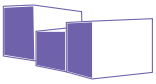
Destacan dous tipos de pneumáticos: pneumáticos diagonais (na súa construción as distintas capas de material colócanse de forma diagonal, unhas sobre as outras) e pneumáticos radiais (nesta construción as capas de material colócanse unhas sobre outras en liña recta). Os pneumáticos radiais teñen menos resistencia á rodadura e xeran un menor consumo de combustible que os pneumáticos diagonais, sendo maior a diferenza de consumos ao aumentar as velocidades dos desprazamentos.

Cando o barro está atascado nos pneumáticos aumenta a resistencia ao traslado. Isto diminúe

a eficiencia do combustible, por isto é recomendable remover o barro tan frecuentemente como sexa posible.

### *Filtro de aire*

Un dos aspectos máis importantes do mantemento é a limpeza frecuente do filtro de aire. Este é o elemento encargado de reter o po presente no ambiente para evitar que dane o motor. Debe de terse en conta que para a combustión de cada litro de gasóleo son necesarios uns 12.000 litros de aire e que o ambiente nas canteiras e industrias do granito é con frecuencia purulento. Se o filtro de aire está obstruído e ingresa un volume menor de aire, a cor dos gases de escape vólvese máis escura, a potencia do motor diminúe e o consumo de combustible aumenta (aproximadamente un 3%). Nalgúns equipos como os tractores de rego se temos o 10% do filtro sucio, algo bastante habitual, límitase a cantidade de aire entrante provocando un 5% de aumento do consumo de gasóleo. Se o filtro está cun 20% de sucidade, o consumo increméntase por riba do 22%.



Dada a súa importancia no consumo, actualmente moitos equipos incorporan sistemas de limpeza e pilotos que avisan do nivel de sucidade do filtro de aire. Co uso os microporos do filtro acaban por obstruírse polo que este cada vez se ensucia con maior rapidez, factor que alerta da necesidade da súa renovación. Polo tanto, convén levar un control da rapidez coa que se ensucia o filtro, o que serve de referencia para valorar a necesidade do seu cambio ou de aumentar en determinadas zonas e épocas do ano o rego co fin de reducir o po no ambiente. Os filtros interiores tipo cartucho non convén reutilizalos, os exteriores, para a súa limpeza, poden soprarse con aire a presión a un máximo de 7 kg /cm<sup>2</sup>.

### *Importancia do aceite e funcións do filtro de aceite*

O aceite do motor ten varias funcións: lubricación, limpeza, arrefriamento, selado e inhibición de corrosión. Conforme pasa o tempo as prestacións do aceite van deteriorándose. Se se usa máis tempo do especificado, perderá rapidamente as súas propiedades debido

á degradación térmica e ás impurezas acumuladas (óxido, carbón e lodo) e ademais redúcense os efectos dos aditivos incorporados no aceite. Todos estes efectos combinados provocarán unha vida máis curta do motor, sen mencionar un incremento no consumo de combustible.

Por iso, é fundamental unha adecuada limpeza do aceite mediante o filtro disposto para os efectos. O mal estado do filtro de aceite pode aumentar o consumo do vehículo ata un 0,5 % ademais de incrementar o risco de sufrir graves avarías no motor.

Por outra parte, a viscosidade do aceite depende da temperatura ambiente polo que este debe ser seleccionado de acordo á mesma. Cando a viscosidade do aceite é moi alta, non só ocasiona máis resistencia á fricción e maior consumo de combustible senón que tamén causa cizallado e desgaste rápido das partes co consecuente acendido defectuoso do motor. Cando a viscosidade do aceite é moi baixa, o aceite quéntase de máis e pérdese a película de aceite, o cal provoca un maior consumo de combustible.

### *Filtro de gasóleo e aprovisionamento de gasóleo*

O mesmo acontece co filtro do

gasóleo, que evita que entren restos sólidos na bomba e nos inxectores. Se o filtro está sucio pode causar aumentos no consumo de ata un 0,5 % ademais, en caso de bloqueo pararía o motor.

Unha tobeira de inxección é un dispositivo que atomiza o combustible e inxecta o combustible atomizado nun cilindro a alta temperatura e presión. Se o combustible non é ben atomizado, non se pode lograr unha boa combustión, o que causará baixa potencia de motor, gases de escape máis escuros e aumento do consumo de combustible. A causa principal dunha pobre atomización é a contaminación debido a auga e po no combustible. Polo tanto, para previr fallos no motor non se debe permitir que ingrese auga nin po durante a enchedura e será necesario drenar a auga do tanque de combustible regularmente.

Habitualmente nas canteiras se dispón dun coador no porto de enchedura de combustible. A súa función é separar partículas relativamente grandes que poderían entrar ao tanque de combustible cando se reen-

che. Por isto, non se debe de quitar o coador cando se volva encher o tanque e, ademais, debe de limparse adecuadamente cando se atopen partículas.

Cando unha máquina está estacionada co tanque de combustible case baleiro, o aire dentro do tanque arrefriase e condénsanse pingas de auga que se mesturan co combustible. Polo tanto débese encher o tanque de combustible ao final do día de traballo e drenar a auga e sedimentos do tanque de combustible ao iniciar a seguinte xornada de traballo.

*Verificación da sincronización da inxección e da folgura de válvulas*

Unha boa combustión do combustible non se leva a cabo a menos que o combustible sexa subministrado no momento correcto sincronizado coa velocidade de motor. Cando baixa a potencia do motor ou os gases de escape se tornan máis escuros, acompañado por un maior consumo de combustible, debe verificarse se a sincronización do tempo de inxección é a correcta.

Un motor está equipado con válvulas que se moven cada vez que ingresa aire á cámara de combustión ou os gases de combustión son enviados cara a fóra.

Estas válvulas son activadas por un mecanismo complexo. Convén verificar a folgura das válvulas cada 2000 horas. Se a folgura de válvulas é moi grande daquela a cámara de combustión non pecha correctamente e o combustible non se pode queimar (a potencia do motor redúcese drasticamente). Se pola contra a folgura de válvulas é moi pequena, non ingresará suficiente aire e como consecuencia o combustible non se queimará completamente (escape escuro e baixa potencia de motor)

## 4.5\_ CONTROL DO CONSUMO E RACIONALIZACIÓN DAS ACTIVIDADES

Levar un control do consumo enerxético dos distintos equipos presenta entre outras as seguintes vantaxes:

*- Coñecer os custos unitarios de cada proceso. O que facilita centrarse en optimizar aqueles de maior custo.*

*- Priorizar a utilización daquelas máquinas con menor custo para cada actividade.*

*- Obter información relevante para as futuras compras de equipos.*

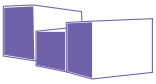
*- Prever funcionamentos anómalos dos equipos. Un incremento non xustificable do consumo dun equipo adoita delatar un risco de avaría que collido a tempo pode evitar deterioracións maiores.*

*- Aforro enerxético. O feito de que os operarios sexan conscientes de que se está a controlar o consumo dos equipos soe, xa de por si, xerar un uso máis eficiente dos mesmos.*

*- Identificar pautas de consumo ineficientes e definición de solución.*

Como se pode observar, o seguimento do control do consumo dos equipos é unha actividade imprescindible para o control dos custos e a adecuada xestión da empresa. Ademais contribúe á concienciación e formación en conducción eficiente dos operarios e facilita as tarefas do mantemento preventivo.





Recoméndase cubrir partes diarios con polo menos a seguinte información:

Equipo	Conductor	Data	Estado pneumáticos	Climatoloxía	Actividade	Horas de operación (h)	Consumo combustible (l) (*)	Observacións
--------	-----------	------	--------------------	--------------	------------	------------------------	-----------------------------	--------------

(\*) *Combustible necesario para volver encher o tanque*

Nas operacións de mantemento débense cubrir partes con polo menos a seguinte información:

Equipo	Mecánico	Data	Horas de utilización totáis do equipo	Horas de traballo de taller	Limpeza filtro de aire <i>Se cambio incluír custo (€)</i>	Limpeza filtro de aceite <i>Se cambio incluír custo (€)</i>	Consumo de aceite <i>Custo (€)</i>	Limpeza filtro de gasóleo <i>Se cambio incluír custo (€)</i>	Cambio de pneumáticos (€)	Outras operacións <i>Custo (€)</i>	Observacións
--------	----------	------	---------------------------------------	-----------------------------	--	--	---------------------------------------	---	---------------------------	---------------------------------------	--------------

Estes partes débense de dixitalizar para facilitar a súa interpretación e o cálculo de datos valiosos para a xestión da empresa, para valorar os custos de cada actividade e anomalías de consumo:

Equipo	Consumo diario (l)	Referencia de consumo diario para a mesma actividade e climatoloxía	Consumo horario (l/h)	Referencia de consumo diario para a mesma actividade e climatoloxía	Custo horario de mantemento do equipo	Custo horario de combustible	Custo variable total do equipo	Observacións
--------	--------------------	---	-----------------------	---	---------------------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------

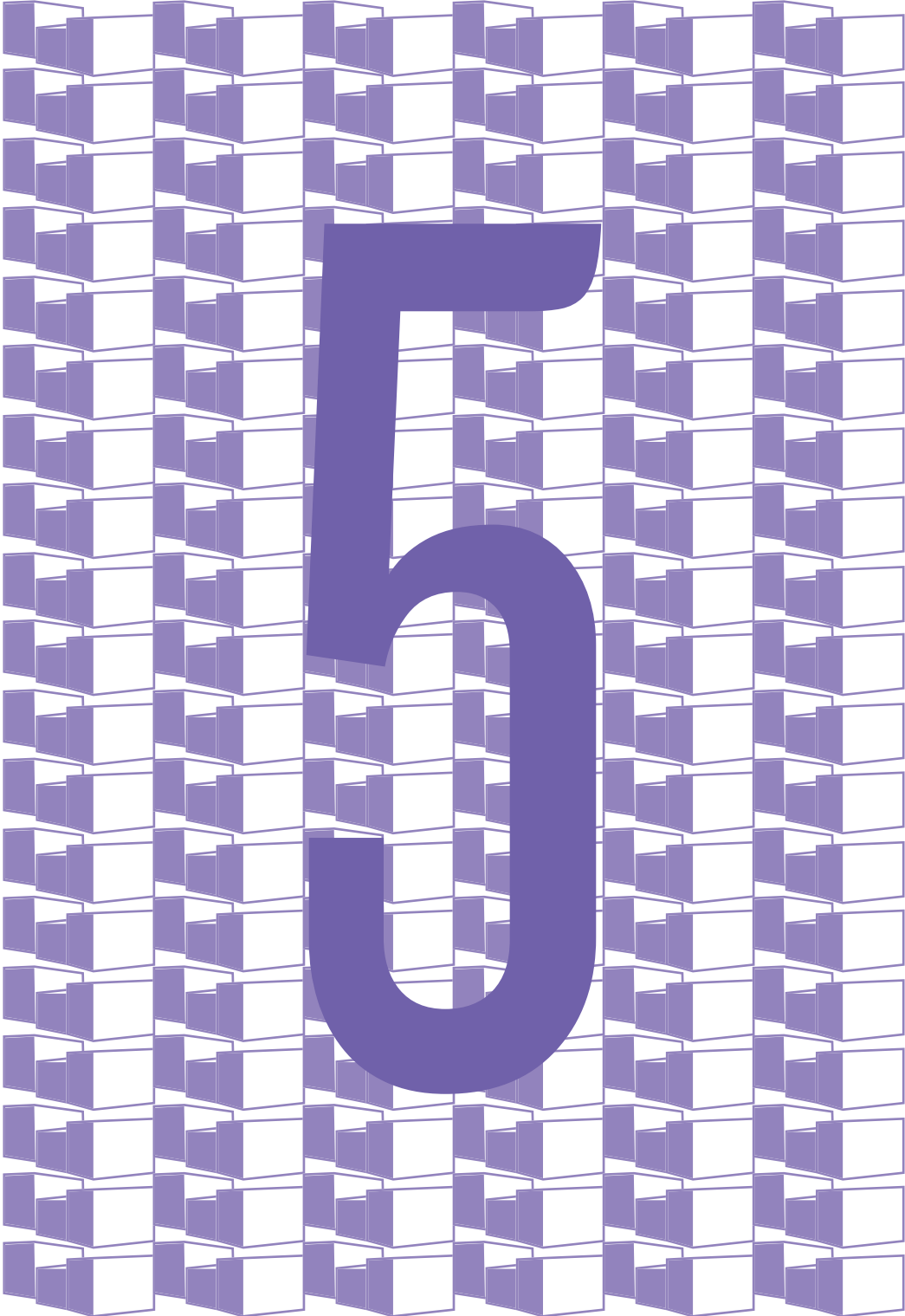
Cando sen causa xustificada o consumo horario se desvíe nunha determinada porcentaxe da referencia de consumo horario para a mesma actividade e climatoloxía, o responsable da contabilización debe pasar esta información ao operario/operarios do equipo e ao mecánico responsable para que analicen a causa desta desviación e para que se emprendan as medidas correctoras que correspondan.

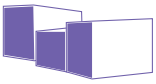
Evidentemente, esta información asociada á produtividade do equipo permite determinar que equipo é o máis eficiente para cada proceso.

Unha alta porcentaxe do consumo de gasóleo utilízase para alimentar equipos auxiliares de transporte (i.e. máquinas retroescavadoras) que realizan de forma habitual actividades relacionadas co desprazamento de cargas, desde o desprazamento dos bloques comerciais ata o traslado de entullo e outras actividades de limpeza.

A optimización e racionalización dos consumos derivados do movemento de maquinaria constitúe unha importante fonte de aforro enerxético. A través da concienciación do persoal e establecemento de pautas e criterios de traballo para racionalizar estes movementos podería mitigarse este consumo cun importante impacto económico e enerxético.



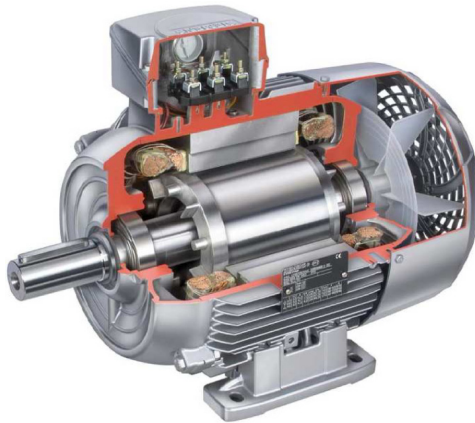




## 5

# EFICIENCIA ENERXÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS

Os motores eléctricos son máquinas rotativas que transforman a enerxía eléctrica en mecánica. Na actualidade, o motor de corrente alterna asíncrono trifásico é o que máis se utiliza en aplicacións industriais. Isto é debido a que conseguen un bo rendemento, baixo mantemento e sinxeleza na súa construción. A continuación trátanse os aspectos de maior importancia no que a eficiencia enerxética deste tipo de motores se refire.



*Vista de motor asíncrono trifásico*

A eficiencia global dun sistema de accionamento depende de varios factores:

- *Dimensionamento adecuado. Transmisión mecánica.*
- *Eficiencia ou rendemento do motor.*

- *Control de velocidade do motor.*

- *Calidade do subministro eléctrico.*

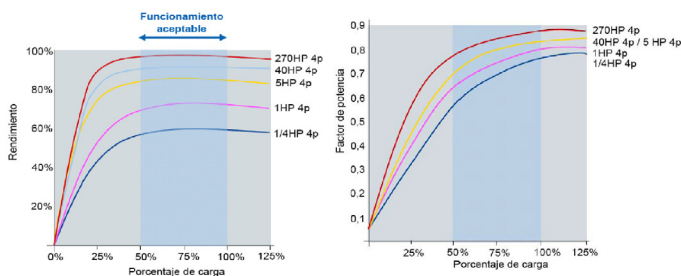
- *Mantemento.*

A continuación, nos seguintes apartados, trátanse detalladamente cada un destes aspectos.

## 5.1 DIMENSIONAMENTO ADECUADO

O primeiro paso para o aforo de enerxía en motores eléctricos é que a potencia nominal do motor sexa debidamente seleccionada. Recoméndase que a potencia nominal estea sobredimensionada entre un 5 e un 15% respecto á potencia de operación do motor, co obxectivo de que o motor opere cunha eficiencia e un factor de potencia adecuados. Se o motor seleccionado está sobredimensionado por riba do 25% da potencia de operación resultará que o factor de potencia do motor diminuíra, o que incrementará a corrente do motor e aumentará as perdas nas liñas e o consumo da potencia reactiva.

Os procedementos para o cálculo da potencia dependen do tipo de carga do motor.



*Rendemento e factor de potencia de motores eléctricos segundo a súa porcentaxe de carga. Fonte Siemens, S.A.*

Para calcular a potencia necesaria unha pregunta fundamental é se a carga que o motor move pode ser reducida ou incluso se a operación da carga aínda é necesaria dentro do proceso produtivo. Serve de moi pouco optimizar o motor e os seus controles se a carga accionada e o seu proceso son ineficientes.

Algunhas recomendacións para reducir a carga sobre o motor de bombas e ventiladores son as seguintes:

- Selecciona unha bomba eficiente e que opere moi preto da súa presión e fluxo de deseño nominal.
- Minimice o número de cúbados agudos no tubo.
- Use tubaxes de baixa

fricción e considere cambiar as vellas.

- Realice periodicamente o mantemento ás bombas, sen mantemento a eficiencia pode caer un 10% respecto ao valor de eficiencia nominal.

- Selecciona ventiladores eficientes.

- Realice un mantemento periódico dos ventiladores, por exemplo limpe regularmente as aspas e manteña os filtros limpos para reducir as caídas de presión.

- Instale un control para activar o ventilador só cando sexa necesario.

- Se é posible reduza a velocidade variando os diámetros das poleas.

Outro aspecto que se debe de analizar no deseño son os sistemas de transmisión. Os sistemas de transmisión permiten transmitir o momento do motor ás cargas ou equipos (bombas, compresores, etc.) xa sexa cambiando ou non a velocidade que entrega o motor, o que se logra mediante axustes ao eixe de engrenaxes, poleas,... É importante na selección do sistema de transmisión coñecer as características de cada sistema para realizar unha adecuada selección. Recoméndase seguir as seguintes pautas:

- **Axuste directo.** Asegurar un correcto axuste entre o motor e a carga. É recomendable usar tecnoloxía láser.

- **Correas ou bandas.** Recoméndase usar bandas en V e preferentemente bandas en V dentadas; se é posible usar bandas sincrónicas. Tamén se recomenda facer o aliñamento usando tecnoloxía láser.

- **Redutores.** É importante seleccionar adecuadamente o tipo de redutor (helicoidal, cónicos, cilíndrico e parafuso sen fin) de acordo á potencia e á relación de



velocidades. Por exemplo os redutores tipo sen fin permiten reducións elevadas pero cunha eficiencia menor que os outros tipos de redutores. É importante considerar que a eficiencia do redutor cae bruscamente cando estas transmisións traballan cunha carga menor ao 50% da carga nominal.

- **Cadeas.** Non teñen esvaramento e recoméndanse para transmitir elevadas cargas que poden chegar ata os miles de kW, a eficiencia pode alcanzar o 98%, pero o desgaste faille perder un par de puntos porcentuais.

## 5.2\_ EFICIENCIA DO MOTOR

### 5.2.1\_ Requisitos legais

A Comisión Europea estableceu uns niveis mínimos de eficiencia enerxética para a comercialización e posta en servizo de motores eléctricos a través do Regulamento CE N° 640/2009, de 22 de xullo, polo que se

aplica a Directiva 2005/32/CE no relativo aos requisitos de deseño ecolóxico para os motores eléctricos.

Estas esixencias toman como referencia as clases de eficiencia enerxética (código IE) definidas pola Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, polas súas siglas inglesas) na Norma IEC/EN 60034-30 baseadas nos métodos de proba e lectura especificados en IEC/EN 60034-2-1.

Mentres a IEC fixa as directrices que definen as clases e probas de eficiencia, o Regulamento, regula un calendario de esixencias mínimas aplicable a practicamente a totalidade de motores trifásicos de indución de 2, 4 e 6 polos de velocidade única con potencias comprendidas no intervalo de 0,75 a 375 kW. Outro aspecto relevante do Regulamento é o establecemento da información mínima que debe de achegar o fabricante, entre a que destaca a información do rendemento nominal ao 100 %, ao 75 % e ao 50 % da carga e a clasificación do nivel de rendemento en IE 2 ou IE 3.

A continuación recóllese o calendario de implementación que se recolle no Regulamento:

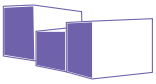
CALENDARIO	REQUISITOS
<b>Fase 1:</b> Desde o 16 de xuño de 2011	O nivel de rendemento dos motores non poderá ser inferior ao nivel de rendemento IE2
<b>Fase 2:</b> Desde o 1 de xaneiro de 2015	Os motores cunha potencia nominal de 7,5 a 375 kW non poderán ter un rendemento inferior ao nivel IE3 ou ao nivel IE2 se están equipados cun mando de regulación de velocidade
<b>Fase 3:</b> Desde o 1 de xaneiro de 2017	Todos os motores con potencias nominais de 0,75 a 375 kW non poderán ter un nivel de rendemento inferior ao nivel IE3 ou ao nivel IE2 se están equipados cun mando de regulación de velocidade.

Con anterioridade á publicación do Regulamento en Europa os principais fabricantes de motores subcribirían un acordo voluntario coñecido como CEMEP no que se clasificaba a eficiencia enerxética dos motores en tres categorías: Eff1 (motores de alto rendemento), Eff2 (motores de rendemento mellorado) e Eff3 (motores de baixo rendemento). O nivel de Eff1 superaba

lixiramente as esixencias do nivel IE 2, polo que evidentemente o Regulamento mellora os niveis de rendemento do acordo voluntario.

Nas seguintes táboas reproducécese o rendemento mínimo especificado no Anexo I do Regulamento para as categorías IE2 e IE3. Como se pode observar, o salto de rendemento entre unha categoría e outra é especialmente relevante para os motores de menor potencia.

Rendementos nominais mínimos para o nivel de rendemento IE2 (50 Hz)				Rendementos nominais mínimos para o nivel de rendemento IE3 (50 Hz)			
Potencial nominal (kW)	Número de polos			Potencial nominal (kW)	Número de polos		
	2	4	6		2	4	6
0,75	77,4	79,6	75,9	0,75	80,7	82,5	78,9
1,1	79,6	81,4	78,1	1,1	82,7	84,1	81,0
1,5	81,3	82,8	79,8	1,5	84,2	85,3	82,5
2,2	83,2	84,3	81,8	2,2	85,9	86,7	84,3
3	84,6	85,5	83,3	3	87,1	87,7	85,6
4	85,8	86,6	84,6	4	88,1	88,6	86,8
5,5	87,0	87,7	86,0	5,5	89,2	89,6	88,0
7,5	88,1	88,7	87,2	7,5	90,1	90,4	89,1
11	89,4	89,8	88,7	11	91,2	91,4	90,3
15	90,3	90,6	89,7	15	91,9	92,1	91,2
18,5	90,9	91,2	90,4	18,5	92,4	92,6	91,7
22	91,3	91,6	90,9	22	92,7	93,0	92,2
30	92,0	92,3	91,7	30	93,3	93,6	92,9
37	92,5	92,7	92,2	37	93,7	93,9	93,3
45	92,9	93,1	92,7	45	94,0	94,2	93,7
55	93,2	93,5	93,1	55	94,3	94,6	94,1
75	93,8	94,0	93,7	75	94,7	95,0	94,6
90	94,1	94,2	94,0	90	95,0	95,2	94,9
110	94,3	94,5	94,3	110	95,2	95,4	95,1
132	94,6	94,7	94,6	132	95,4	95,6	95,4
160	94,8	94,9	94,8	160	95,6	95,8	95,6
200 ata 375	95,0	95,1	95,0	200 ata 375	95,8	96,0	95,8



## 5.2.2\_

### Aspectos técnicos

Varios estudos técnicos e económicos amosan que se se analizan os custos totais dun motor durante a súa vida, con frecuencia o referido ao investimento inicial é da orde do 1%, o custo da enerxía pode alcanzar o 95 %, o custo de mantemento o 3 % e os custos de enxeñaría e loxística o 1%. A partir destes estudos debe de concluírse que o custo de compra do motor é habitualmente pouco significativo respecto ao custo total de operación, por iso ao seleccionar motores eléctricos debemos de priorizar aspectos como a eficiencia enerxética por riba do custo inicial de compra.

Os motores eléctricos teñen unhas perdas enerxéticas propias inherentes ás características físicas dos mesmos. O desenvolvemento de novos materiais e a optimización dos compoñentes internos permitiu a evolución cara a novas gamas de motores cun maior rendemento enerxético.

O rendemento dun motor mide a eficacia da conver-

sión de enerxía eléctrica en traballo mecánico útil. Pódense distinguir cinco tipoloxías de perdas de rendemento nos motores eléctricos. Dúas destas, as perdas no ferro do núcleo e as perdas por resistencia aerodinámica e fricción, clasifícanse como perdas non relacionadas coa carga xa que permanecen constantes con independencia da mesma. As perdas relacionadas coa carga, é dicir, que varían con ela, son as perdas no cobre do estator, as perdas no rotor e as perdas por correntes parasitas. En todas estas perdas poden influír diversas consideracións de deseño e construción, é dicir, a calidade dos procesos de deseño e fabricación. A continuación expórase brevemente en que consiste cada unha destas perdas que como efecto último supoñen transformar a enerxía eléctrica en calor que se disipa ao ambiente.

#### ***Perdas no ferro do núcleo do estator (18%)***

Enerxía necesaria para vencer a oposición creada polo material do núcleo á variación dos campos magnéticos. Pódese reducir utilizando aceiro de mellor calidade ou aumentando a lonxitude do núcleo para diminuír a densidade do fluxo magnético.

#### ***Perdas por resistencia aerodinámica e de fricción (10%)***

Estas perdas son debidas á resistencia do aire e ao rozamento dos rodamentos. Pódese reducir con mellores chumaceiras e peches e cun mellor deseño do fluxo de aire e do ventilador. Este debe ser suficiente para proporcionar unha correcta refrixeración pero non excesivo xa que en tal caso se reduce a eficiencia e aumenta o ruído.

#### ***Perdas no rotor (24%)***

Están causadas polas correntes que circulan polo rotor provocando un queceamento no bobinado e polas perdas no ferro. Pódese reducir aumentando o tamaño das barras condutoras e dos aneis terminais de forma que teñan menor resistencia.

#### ***Perdas no cobre do estator (34%)***

Son provocadas polo efecto Joule derivado da circulación de corrente a través da resistencia do devanado do estator.

Pódense reducir optimizando o deseño da rañura do es-

tator e utilizando aceiro de baixas perdas con laminacións uniformes e delgadas para maximizar a intensidade dos campos magnéticos. As laminacións deben de estar aliñadas coidadosamente para garantir que as canles sexan rectas.

### *Perdas por correntes parasitas (14%)*

Resultan das fugas do campo magnético inducido. Pódese mellorar cun deseño optimizado da xeometría da rañura.

Aproximadamente os materiais representan o 60 % dos custos dun motor, e é o factor máis determinante entre un motor de eficiencia media e outro de alta eficiencia. É por iso polo que os motores de alta eficiencia serán en xeral moito máis fiables, o que de feito supón unha eficiencia adicional ao diminuír os custos de mantemento e as paradas e perdas de produción por falta de fiabilidade.

A temperatura de operación no interior do motor é o parámetro máis influente na durabilidade dos chumaceiras e devanados; a deterioración destes elementos son

as dúas causas máis frecuentes de avarías de motores. Un motor eficiente pode experimentar un aumento normal de temperatura de 60-80 °C, un motor estándar de menor calidade pode sufrir aumentos normais de temperatura de 100 °C, o que supón unha redución da vida útil da graxa das chumaceiras e do devanado.

O sobreprezo dos motores eficientes ascende a un 5-10 % para potencias grandes e un 15-30 % para os motores de menor tamaño. Este custo recupérase polos seus menores gastos en mantemento e operación, maior fiabilidade e maior vida útil.

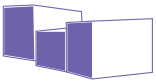
Como inconveniente dos motores de alta eficiencia pódese citar unha maior corrente de arranque e un menor momento de arranque, o que se debe ter en conta no seu deseño e fai que para algunha aplicación moi concreta poida non ser a mellor solución.

## 5.3\_ REGULACIÓN DO FUNCIONAMENTO DO MOTOR

### 5.3.1\_ Control de velocidade do motor

Na maioría de aplicacións as prestacións que se requiren dun motor varían co tempo en función das necesidades do proceso (demanda de aire comprimido, niveis de auga de bombeo, necesidades de ventilación en función de temperaturas,...). A forma en que se regula o funcionamento do motor para adaptarse ás variacións da demanda é clave na eficiencia enerxética do proceso.

Os reguladores de velocidade, tamén coñecidos como variadores de frecuencia, son controladores electrónicos para motores que controlan a velocidade e o par dos motores de corrente alterna, convertendo as magnitudes fixas de frecuencia e tensión da rede de distri-



bución eléctrica en magnitudes variables. Para iso os variadores de frecuencia transforman nun primeiro paso a corrente alterna a continua mediante un rectificador. Este proceso non é completamente lineal polo que a continuación a corrente debe de ser filtrada nun circuío intermedio, logo esta corrente continua vólvese transformar en corrente alterna a frecuencia variable nun inversor.

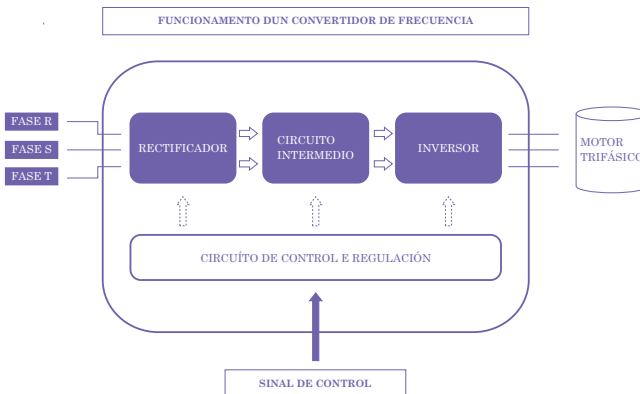
Estes tres grandes bloques que compoñen o convertedor están vixiados por un circuío de control e regulación de forma que a tensión e a frecuencia da saída se adaptan a unha coa outra. A relación entre a tensión e a frecuencia debe de manterse constante para que o motor sexa capaz de proporcionar o par nominal independentemente da velocidade. Iso significa que hai que cambiar a tensión e a frecuencia na mesma proporción. A continuación amósase un diagrama básico dos catro elementos principais dun variador de frecuencia (rectificador, circuío intermedio, inversor, circuío de control e regulación).

veitar todas as vantaxes do motor de indución. Entre estas vantaxes pódese citar a posibilidade de utilizar motores de indución en zonas de ambientes agresivos ou explosivos como as canteiras. Funcionan a baixa temperatura e, contrariamente co que ocorre cun motor provisto de colectores, non xera chispas. O motor e o variador de frecuencia pódense situar separadamente.

Controlar a velocidade dun motor dunha maneira progresiva, cun equipo de regulación, implica unha serie de vantaxes. Algunhas das máis importantes son:

### *Aforro de enerxía*

Deixar que un motor xire a máis velocidade da que é necesaria provoca a utilización dunha cantidade de enerxía superior. Por exemplo, é posible economizar enerxía en sistemas de bombeo e ventilación se se adaptan as velocidades dos motores á demanda instantánea. De feito, as economías poden ser superiores ao 50% cando se reduce a velocidade nun 25%. Dito doutra forma, o consumo de enerxía diminúe moi rapidamente



As vantaxes dos variadores de frecuencia respecto a outros métodos de control veñen dadas pola súa capacidade para controlar os motores de corrente alterna sen perdas notables de rendemento e a súa boa adaptación aos motores de indución, os máis amplamente utilizados na industria. Ademais, o variador de frecuencia non ten pezas móbiles, que adoitan ser as que acumulan maior desgaste e, polo tanto, a súa duración é polo menos igual á doutras partes do sistema, a cal permite apro-



cando se reduce a velocidade (aproximadamente unha terceira parte).

Por exemplo, en bombas, ventiladores e compresores centrífugos é válida a seguinte relación entre caudal (que á súa vez é proporcional á velocidade) e a potencia:

$$P_2 / P_1 = (Q_2 / Q_1)^3$$

Onde

P<sub>2</sub> = Potencia consumida polo equipo en situación final.

P<sub>1</sub> = Potencia consumida polo equipo en situación inicial.

Q<sub>2</sub> = Caudal na situación final.

Q<sub>1</sub> = Caudal na situación inicial.

Así, por exemplo, de forma aproximada poden obterse as seguintes reducións de potencia demandada para reducións do caudal do 75 % e do 50 %.

CAUDAL	POTENCIA
100 %	100,0 %
75 %	42,2 %
50 %	12,5 %

*Redución de custos de mantemento*

Ao reducir a esixencia de potencia o desgaste do motor será menor xa que funcionará a menores velocidades e temperaturas.

Adicionalmente, o desgaste dos elementos accionados polo motor tamén será menor. Por exemplo, nas instalacións de subministro e bombeo de auga os custos causados pola rotura de tubos ou canos pódense diminuír de forma notable porque se eliminan as sobrepresións procedentes do sistema de bombeo e os golpes de ariete.

### ***Mellora da regulación e control***

Cun control da velocidade continuo conséguese máis facilmente un mellor resultado que con outros sistemas de control non lineais. Unha desvantaxe do funcionamento intermitente é, por exemplo, a discontinuidade de regulación. Se o parámetro controlado ten calquera variación, mediante un regulador de velocidade se consegue un control exacto e lineal, sen os saltos propios dun sistema discontinuo.

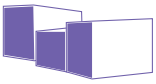
O investimento necesario para a instalación de variadores de frecuencia en motores que requiran de continuos cambios de velocidade como por exemplo as

bombas de fluído cortante, pulidoras,... se amortizan en curtos períodos de tempo, de media da orde de 2,5 anos, polos aforros enerxéticos logrados.

## **5.3.2\_** **Arrancador suave**

En motores sen grandes demandas de regulación de velocidade durante o seu funcionamento, por exemplo os das bielas dos teares, pode resultar economicamente máis vantaxoso a instalación de arrancadores suaves que os variadores de frecuencia, dado que nesta situación as súas menores prestacións se compensan cun menor custo de investimento.

Unha elevada intensidade de arranque provoca quecementos por efecto Joule que son prexudiciais para o motor xa que limita a duración dos illamentos dos devanados. Ademais orixinan unha caída de tensión na rede eléctrica e incrementos no custo enerxético da explotación. Todos os inconvenientes expostos anteriormente aconsellan limitar a corrente de arranque, para o cal exis-



ten varios métodos que ou ben actúan sobre a tensión de alimentación ao motor ou modificando a resistencia do estator ou rotor.

Estes métodos son o arranque por autotransformador e o arrancador estrela, triángulo que actúa sobre a modificación da tensión aplicada, e os arrancadores por eliminación de resistencia no estator e no rotor. Estes métodos clásicos aínda sendo eficaces traen consigo algúns inconvenientes tales como perdas de par nalgúns dos casos, transitorios, saltos de tensión a saltos, picos de corrente, aumento do custo enerxético,...

A maioría destes inconvenientes pódense mitigar coa aplicación dun arrancador estático (outros nomes que reciben son progresivo e suave). Este tipo de arrancador pódese clasificar entre os do grupo que modifican o valor da tensión de alimentación.

Consiste basicamente nun convertedor estático alterna-alterna, composto por tiristores conectados en antiparalelo e que realizan o arranque do motor con aplicación progresiva de tensión.

O funcionamento dos tiristores está gobernado por un circuíto de control que recibe información de parámetros eléctricos (tensión e intensidade) e mecánicos (par e velocidade), que incrementa, como se dixo anteriormente, a tensión de forma progresiva e limita os valores de par e intensidade durante o arranque.

Cando o circuíto de control recibe o sinal de marcha, o equipo alimenta o motor cunha tensión reducida cuxo valor é do 30% aproximadamente. Esta tensión comezará a subir ata o valor da tensión nominal. Esta suba (rampla de tensión) pode axustarse en tempo con valores que oscilan entre 0,5 e 120 segundos (segundo modelos). Simultaneamente o sistema controla a intensidade de arranque e vaina comparar co límite de corrente ao arranque que programásemos. Cando a intensidade alcanza o valor de límite programado, o arrancador interrompe a rampla de tensión e mantena durante o tempo necesario para que o valor da intensidade non supere o máximo programado. Loxicamente a intensidade baixará ao subiren as revolucións do motor e a reacción do rotor fará que diminúa a corrente absorbida. Unha vez restablecido o valor da intensidade por debaixo do lími-

te programado o arrancador continuará coa rampla ata alcanzar as revolucións nominais que corresponden ao 100% da tensión nominal.

Ao reducir a tensión conséguense dúas cousas: por un lado, a intensidade redúcese proporcionalmente á tensión, e polo outro, o par redúcese cuadráticamente e provoca unha diminución do par de aceleración do motor e consegue un arranque suave.

Da mesma forma que o aparato xera unha rampla de aceleración pode xerala de desaceleración, de forma que vai reducindo a tensión ata o momento en que o par motor sexa menor que o par resistente da máquina onde estea axustado o motor. Neste momento o aparato desconecta o motor e este párase por inercia.

No mercado existen modelos de distintos fabricantes que cobren case todas as demandas das aplicacións industriais. Abarcan unha ampla gama de potencias e ofrecen as seguintes vantaxes:

- *Limitan a intensidade de arranque.*

- *Non hai picos de intensidade e par.*

- *Arranques suaves sen brusquidades.*

- *Rampla de aceleración axustable en tempo.*

- *O circuío de control pode ser gobernado por un autómatu ou un ordenador.*

- *Mellora o rendemento do motor.*

- *Pode realizar freadas suaves (moi útil para electrobombas).*

Os arrancadores estáticos son fáciles de instalar en instalacións xa existentes ou en novas instalacións. Os fabricantes dan instrucións claras respecto da montaxe, indicando a mellor posición e tipo de envolvente que facilite un arrefriamento adecuado; respecto das conexións, indican a forma de conectar o circuío de potencia e control; e en canto aos axustes son fáciles de facer desde o panel de control.

Os arrancadores utilízanse normalmente cun contactor by-pass aínda que existen distintas formas de conectalos en función do modelo

utilizado, sendo sempre totalmente recomendado facelo a través de contactores.

Os arrancadores suaves pódense utilizar na práctica totalidade dos motores trifásicos asíncronos de rotor en cortocircuíto. Aínda que os variadores de frecuencia poden realizar arranques progresivos, sempre é máis económico realizar o arranque cun arrancador estático xa que co variador de frecuencia estaríamos a pagar funcións de control de velocidade que poden que non se necesiten.

Os arrancadores necesitan un tempo de repouso entre dous arranques consecutivos (“estrés térmico”) que pode variar entre 40 e 300 segundos, o que pode ser un inconveniente en máquinas de arranques frecuentes.

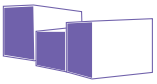
## 5.4\_ CALIDADE DO SUBMINISTRO ELÉCTRICO

Os motores eléctricos de indución están deseñados e fabricados para operar nas condicións especificadas na placa de características, chamadas condicións nominais. Así mesmo deben de ser alimentados cun siste-

ma trifásico simétrico de tensións de forma de onda sinusoidal e de magnitude similar á nominal, é dicir, o sistema debe de ter unha calidade da potencia eléctrica perfecta.

Non obstante os sistemas eléctricos industriais xeralmente non presentan as condicións ideais nin en simetría, nin en forma de onda nin en magnitude, é dicir, teñen unha calidade de potencia eléctrica diminuída. Os fenómenos de calidade da potencia eléctrica que se presentan con maior frecuencia son: tensión simétrica e de magnitude maior ou menor que a tensión de placa; tensión desequilibrada, é dicir, as tres fases presentan magnitudes diferentes; e forma de onda da tensión distorsionada, é dicir, non é unha onda sinusoidal pura.

Se a calidade da potencia eléctrica entregada pola rede é baixa o motor operará con maiores perdas e diminúe o seu tempo de vida. Polo tanto é importante que se verifique o grao de calidade da potencia eléctrica das instalacións eléctricas ou en caso contrario coñecer as consideracións



que se deben tomar en conta para a operación segura do motor.

### *Desviacións de tensión*

Cando o motor opera a potencia nominal é recomendable que a tensión do motor sexa moi próxima ao valor da tensión nominal cunha desviación máxima do 5%. A pesar de que os motores están deseñados para operar cunha desviación da orde do 10% da voltaxe nominal, as variacións de tensión afectan significativamente á eficiencia, ao factor de potencia e ao tempo de vida. Se o motor opera cunha tensión do 90% da tensión nominal, a eficiencia do motor pode diminuír entre un 2% e un 4%. As tensións deben de medirse nos terminais do motor porque a voltaxe diminúe ao aumentar a distancia desde o transformador.

### *Tensión desequilibrada*

Os factores que crean o desequilibrio de tensións son principalmete cargas monofásicas, cables de diferente calibre, fallas de circuitos,...

Os sistemas desequilibrados incrementan as perdas

no sistema eléctrico industrial e no motor, aumentan o quecemento e reducen a eficiencia do motor. Polo tanto para evitar fallas por quecemento as normas recomentan operar o motor cunha potencia menor á potencia nominal. As normas recomentan unha curva para a desclasificación da potencia do motor en función do grao de desequilibrio. O desequilibrio de tensións non debería ser maior ao 2%.

### *Onda de tensión distorsionada*

Se a onda de tensión que alimenta o motor está distorsionada, é dicir contén harmónicos de tensión, ocasionará un aumento de perdas no motor co conseguinte quecemento e diminución da eficiencia no motor.

Para evitar o quecemento excesivo do motor recoméndase diminuír a potencia nominal do motor de acordo a unha curva en función do contido de harmónicos. Considérase que o Factor Harmónico da Voltaxe (HFV) non debe de ser maior a 0,05.

É importante polo tanto realizar estudos da calidade de enerxía do sistema eléctrico da industria para detectar se a calidade da potencia eléctrica da instalación é inadecuada e adoptar accións para melloralala.

En xeral algunhas medidas para mellorar a calidade da potencia son: revisar con periodicidade o transformador de distribución, realizar unha reacomodación frecuente das cargas monofásicas no sistema e instalar filtros pasivos e/ou activos para atenuar os harmónicos de tensión.

## 5.5\_ MANTEMENTO

O mantemento dos motores debe de asegurar unha operación confiable e eficiente do motor, tal que elimine paradas imprevistas e asegure a operación eficiente do mesmo. Así mesmo cando sexa necesario realizar reparacións debe de asegurar que a eficiencia do motor se manteña ou mellore e que o equipo non falle na posta en servizo.

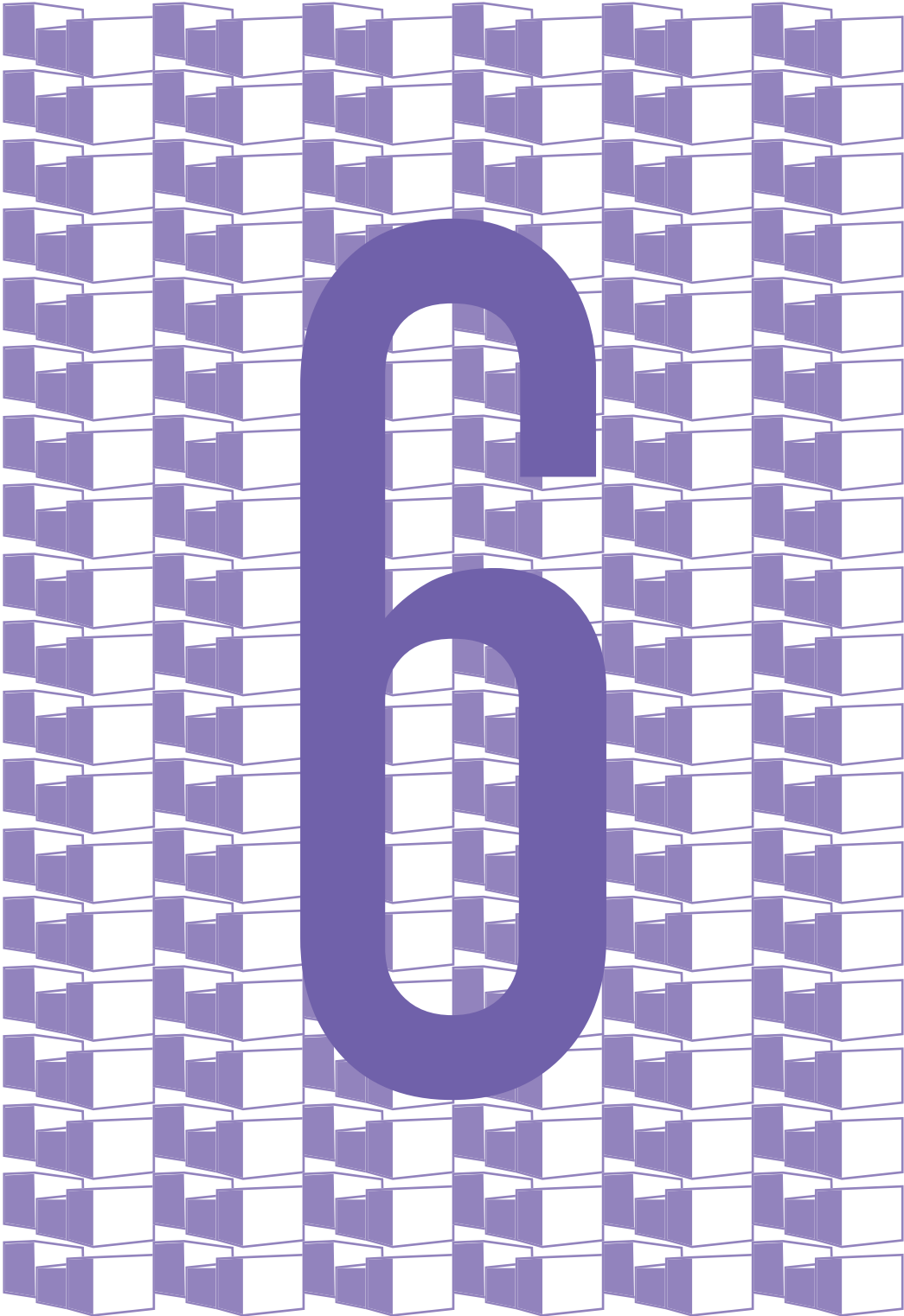
Diversos estudos amosan que o rebobinado do motor mediante técnicas inadecuadas reduce a eficiencia entre un 2 % e un 4%. É preciso esixir que os motores sexan rebobinados usando técnicas que permitan manter ou mellorar a eficiencia do motor reparado.

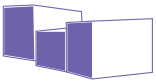
Se o motor esta a operar cunha carga menor ao 80% da súa potencia nominal terá un factor de potencia baixo polo que será preciso avaliar o cambio por un motor novo ou por outro motor de menor potencia nominal. Se a eficiencia do motor é moi baixa recoméndase avaliar economicamente a posibilidade de cambiálo por un motor de alta eficiencia.

Nun mantemento de motores eléctricos adecuado débese inspeccionar periodicamente os niveis de illamento, a elevación de temperatura (bobinas e soportes), desgastes, lubricación dos rodamentos, eventualmente o correcto fluxo de aire dos ventilador e o nivel de vibracións e ruído.

A frecuencia con que deben de realizarse as inspeccións depende do tipo do motor e das condicións locais de aplicación. A carcasa debe de manterse limpa, sen acumulación de aceite ou po na súa parte externa para facilitar o intercambio de calor co ambiente. Para limpalos débense utilizar vasoiras ou trapos limpos de algodón. Se o po non é abrasivo débese empregar un soprete de aire comprimido e soprar a sucidade da tapa deflectora e para eliminar toda a acumulación de po contido nas aletas do ventilador e nas aletas de refrixeración.







## 6\_

# OPTIMIZACIÓN DO SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

O rendemento dunha instalación de aire comprimido depende de múltiples factores: bo funcionamento dos equipos de xeración de aire, cantidade de aire perdido por fugas, perdas de cargas excesivas que afectan á potencia das ferramentas e equipos, sistema de regulación e control,...

A continuación, nos seguintes apartados, analízanse os principais factores que inflúen no rendemento.

## 6.1\_

### SALA DE COMPRESORES

#### 6.1.1\_

#### Compresores eficientes

Actualmente existen no mercado compresores de parafuso rotativo con variadores de frecuencia que actúan sobre a velocidade de funcionamento do compresor (adaptando a capacidade do equipo exactamente á demanda de aire comprimido), capaces de manter un rendemento do motor superior ao 95 % nun rango de regulación do 25 ao 100 % da carga nominal. Esta tecnoloxía de velocidade variable optimiza enerxeticamente a produción de aire comprimido mantendo a presión constante.

As principais vantaxes son:

- *Subministro de aire a presión estable grazas á capacidade de regulación continua da carga.*

- *O convertedor de frecuencia proporciona unha posta en marcha e parada suaves, feito que incide en:*

- Menor desgaste do equipo eléctrico e mecánico.

- Puntas de intensidade reducidas en arranque.

- *Elevado rendemento enerxético na xeración de aire comprimido.*

Dependendo das fluctuacións da demanda de aire, os compresores con variadores de frecuencia conseguen aforros enerxéticos de ata o 35 % do consumo. O período de retorno da incorporación dun destes compresores é de 1 a 2 anos. Se se incorpora un secador integrado conséguese un aforro enerxético adicional, as funcións deste equipo trátanse en próximos apartados deste capítulo.

Para un mellor rendemento do compresor, o aire aspirado debe de estar limpo e



frío, polo que se recomenda coller aire en orientación norte a un mínimo de 2 m sobre o chan.

A modo de referencia:

- *Cada 4 °C de aumento de temperatura no aire aspirado aumenta o consumo de enerxía un 1 % para o mesmo caudal.*

- *Cada 3 °C de diminución na temperatura do aire aspirado prodúcese un 1 % máis de aire comprimido, para o mesmo consumo de enerxía.*

Os tubos de aspiración deben de ser tan rectos e curtos como sexa posible. O diámetro do tubo non debe ser menor que o da conexión ao compresor. O efecto dunha mala instalación vese ao considerar que cada 25 mbar de perda de carga na aspiración provoca unha redución dun 2 % no rendemento.

Por este mesmo motivo é de grande importancia a limpeza periódica dos filtros de aire de admisión.

## 6.1.2\_ Regulación e control

O horario de apagado dos compresores está normalmente establecido segundo o horario de traballo, axustado a este. No caso de instalacións con depósitos pulmón e acumuladores de presión é posible apagalos con anticipación xa que estes elementos de acumulación manterían a presión. Nestes casos, adiantar 5 minutos o apagado dos compresores permitiría aforrar ao redor dun 2% do consumo do compresor.

Aquelas instalacións que permitan a programación horaria da presión poden reducir os niveis de consigna nos últimos minutos da xornada laboral. Debido ás distintas fugas, a instalación estará á xornada seguinte novamente sen unha sobrepresión significativa.

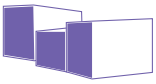
## 6.1.3\_ Secado de aire

O refrixerador posterior é un intercambiador de calor situado inmediatamente despois do compresor coa función de diminuír a temperatura do aire a fin de condensar o vapor de auga, transformándoo en auga condensada. Para dar unha idea da importancia da separación

de auga, pode mencionarse que un compresor con capacidade de 63 Nm<sup>3</sup>/min a 7 bar, aspirando aire a 30 °C cunha humidade relativa do 75 %, atrapa entre o refrixerador intermedio e o posterior uns 65 litros por hora. Porén, a instalación de refrixeradores posteriores non elimina totalmente a posibilidade de aparición de auga condensada. Isto obriga en xeral a instalar unha cantidade de elementos adicionais na rede de tubaxes, tales como purgadores, separadores de humidade, filtros especiais, tubos con pendente,... que encarecen e complican o mantemento da instalación.

A maioría de aplicacións requiren aire comprimido cun punto de orballo o suficientemente baixo como para asegurar totalmente a non aparición de condensacións. Para lograr estas condicións utilízanse os secadores.

Normalmente o aire comprimido antes de ser distribuído á rede debe de secarse ata un punto de rocío que sexa inferior á temperatura do aire ambiente onde se utiliza.



A instalación de secadores, subministrando aire exento de humidade, proporciona aos sistemas de aire comprimido as seguintes vantaxes:

- *Redución do custo de instalación da rede de aire, ata un 30 %, ao non necesitarse dispositivos de eliminación de auga.*

- *Redución de gastos de mantemento, ata un 25 %, en redes, válvulas, ferramentas,... debido ao menor risco de corrosión.*

- *Menores riscos de fugas de aire debidas a corrosión.*

- *Evítase o arrastre de lubricante nas ferramentas.*

- *Maior calidade dos produtos tratados en casos de aplicacións sensibles á auga.*

- *Minimízase o risco de conxelación dos tubos exteriores.*

- *Obtense un punto de orballo constante, independente da carga.*

## 6.1.4\_

### Recuperación de calor dos compresores de aire

Cando se comprime aire, a temperatura deste aumenta durante a operación

de compresión. Para manter dentro dos límites desexados a temperatura operacional do compresor, para mellorar o seu nivel de eficiencia ou para deshumidificar o aire comprimido, este arrefriase despois de cada etapa de compresión mediante refrixeradores intermedios ou posrefrixeradores.

En termos xerais, un 94% da enerxía eléctrica enviada a un compresor pérdese en forma de calor emitida e podería aproveitarse. Tan só un 4% da mesma se emite xunto co aire comprimido.

Nos casos nos que exista demanda térmica esta calor a unha temperatura duns 50 °C, en ocasións ata 70 °C nalgúns equipos refrixerados por auga, podería aproveitarse para climatización dos lugares de traballo entre outros usos.

## 6.2\_

### REDE DE DISTRIBUCIÓN

Tan ou máis importante que en xeración resulta a eficiencia enerxética na rede de distribución de aire comprimido que con frecuencia presenta un mantemento insuficiente, o que fai aumentar o consumo enerxético de forma desorbitada.

Algunhas medidas prácticas

para mellorar o rendemento enerxético da rede de distribución son:

- *Eliminar liñas de distribución que non sexan necesarias.*

- *Racionalizar as distancias entre os puntos de xeración e consumo.*

- *Valorar se a presión de subministro é adecuada á demanda dos elementos de consumo.*

- *Minimizar o impacto das fugas cun mantemento periódico.*

- *Evitar grandes reducións na sección da rede de distribución, pois dan lugar a perdas de presión.*

- *Posibilidade de peche de zonas da rede con distinto horario de uso.*

- *Instalar separadores de condensado e drenaxe nos extremos dos ramais coa finalidade de eliminar a necesidade de soprar as liñas para extraer a auga.*

A continuación, nos seguintes apartados, desenvólvense os aspectos de maior importancia no consumo enerxético.

## 6.2.1\_

### Limitación da perda de carga en tubaxes

A perda de presión do aire no seu percorrido a través da rede de distribución é unha causa importante de diminución de rendemento.

Así, por exemplo, se o compresor, debido ao exceso de perdas de carga, debe de traballar a 8 bar en vez de a 7 como sería correcto, o incremento no consumo de enerxía será do 10 %.

Adicionalmente, as tubaxes demasiado pequenas causan altas velocidades de circulación do aire e fan difícil a separación por métodos mecánicos das partículas de auga en suspensión.

A perda de presión débese principalmente á fricción nas tubaxes e á resistencia ao paso do aire ofrecida por accesorios, válvulas, conexións,...

As caídas de presión no sistema de aire comprimido significan que nos puntos de consumo a presión é inferior á adecuada, en consecuencia aparece

unha perda de potencia nas ferramentas e equipos pneumáticos.

Por exemplo, unha ferramenta pneumática que está axustada para unha presión de 7 bar, produce só un 60 % da súa potencia nominal cando a presión dispoñible no lugar de traballo é de só 5 bar. Unha simple diminución de presión de 0,5 bar dá lugar a unha redución de potencia de aproximadamente o 12 %.

A rede de distribución debe de dimensionarse con folgura suficiente para absorber futuros incrementos no consumo de aire, sen necesidade de realizar modificacións importantes nela. O custo de instalar redes de tubos nun principio é moi pequeno comparado co custo correspondente a modificacións ou substitucións importantes na rede de aire.

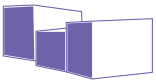
Os sistemas de aire comprimido permanentes deben de dimensionarse de tal forma que a caída de presión entre a planta de compresión e o punto de consumo máis afastado non sexa superior a 0,3 bar. No caso das canteiras, que cobren áreas moi grandes, pódese aceptar unha caída de presión maior no sistema de distribución, aínda que nunca superior a 0,5 bar.

Normalmente, velocidades de aire en liñas entre 6 e 10 m/s son adecuadas para non crear excesivas perdas de carga e non dificultar a separación da auga. Para interconexións entre elementos pneumáticos pódese considerar razoables velocidades entre 20 e 30 m/s para presións entre 5 e 7 bar.

## 6.2.2\_

### Racionalización da distancia entre a xeración e o punto de consumo

Unha das principais causas de perdas de carga excesivas é o crecemento descontrolado da distancia a percorrer polo aire comprimido como consecuencia do crecemento e transformación das empresas. Con frecuencia obsérvase que á liña principal de distribución de aire comprimido se lle van engadindo prolongacións e acontece, ás veces, que se obriga ao aire a dar rodeos innecesarios por lugares nos que no seu momento era necesaria a distribución de aire pero non na situación actual para chegar ao punto de consumo.



A liña principal de distribución de aire comprimido dalgunha canteira chega a superar un quilómetro de lonxitude, e o percorrido do aire os dous quilómetros se se ten en conta o percorrido por ramificacións secundarias.

É por iso polo que unha gran parte do consumo enerxético dos compresores se converte en perdas de carga por purgadores, condensados e diferenza de cotas, principalmente.

Simplemente co feito de reducir as distancias do punto de consumo ao punto de xeración principal, ou por reducir os puntos de ramificación intermedios, se reducirían as perdas de carga e polo tanto o consumo necesario para cubrir a demanda da instalación.

Proponse que periodicamente se leve a cabo unha reorganización da distribución do circuíto de aire comprimido ou ben que se valore a posibilidade de aumentar determinados puntos moi afastados con sistemas autónomos. Para iso, como se indicaba no apartado anterior, pódese utilizar como referencia de partida

aqueles puntos nos que a perda de presión desde a planta de compresión supere os 0,5 bar.

Cando as condicións de uso impoñan grandes distancias a puntos de consumo de aire comprimido móbiles, a rede de distribución débese adecuar de maneira áxil e eficaz ás necesidades de cada momento e en ocasións é recomendable o uso de equipos autónomos de gasóleo.

Nunha canteira en concreto estimouse que coa adquisición de 6 compresores diésel, cun custo total duns 270.000 €, se lograría un aforro enerxético del 10,7 % ao reducirse o consumo de 36,3 tep eléctricos a 32,4 tep de gasóleo e co resultado dun aforro económico de 42.000 € ao ano. Isto supón un período de retorno do investimento de 6 anos, sen ter en conta o custo aforrado en cada reforma do sistema de aire.

### 6.2.3\_ Depósitos de acumulación de aire

As funcións dun depósito de aire comprimido son:

- *Almacenar aire para cubrir as puntas de demanda.*

- *Aumentar a refrixeración do aire para recoller posibles residuos de condensado e aceite.*

- *Amortecer as variacións de presión na rede de distribución, especialmente cando os equipos xeradores non dispoñan de variadores de frecuencia.*

- *Evitar períodos de funcionamento e parada dos compresores demasiado curtos.*

Un volume do depósito de acumulación calculado adecuadamente permite obter menores consumos de enerxía mediante a instalación de compresores de menor capacidade e potencia. O seu deseño debe de ter en conta as características de consumo da instalación e a capacidade de regulación do compresor, polo que convén seguir as recomendacións dos fabricantes dos equipos.

### 6.2.4\_ Instalación de chave de corte lento tras pulmóns principais

Nos períodos de parada con

frecuencia as instalacións pasan a punto morto, se ben as perdas do circuíto de aire comprimido provocan que os pulmóns reduzan a presión interna do circuíto de maneira considerable. Nunha instalación en concreto, durante a media hora de duración do período do xantar, observouse como a presión se reducía desde 8 bares ata 3 bares no pulmón de aire comprimido.

Aínda que a principal perda se dá no propio circuíto de distribución de aire, que é onde máis acumulación existe, se se mantén a presión dos pulmóns principais conservarase parte da enerxía almacenada. Por iso recoméndase a instalación dunha chave de corte lento nos pulmóns para evitar golpes de ariete.

Se nesta instalación ademais se empregasen as chaves existentes na rede de distribución, pechando as chaves de paso das conexións intermedias cando a parada sexa prolongada e dos acumuladores de presión finais cando non estean en uso, existe un potencial de aforro próximo ao 8% do consumo de aire comprimido.

En estudos completos realizados sobre circuítos de aire comprimido en instalacións de similares características obtivéronse porcentaxes de aforros incluso superiores.

Este aforro conséguese grazas á redución das perdas de carga da instalación de aire comprimido ao actuar tanto na propia instalación como no tempo no que o pulmón está a alimentala.

Esta mellora depende de maneira considerable da eficacia da actuación do persoal das instalacións e polo tanto é necesaria unha concienciación a nivel global.

## 6.2.5

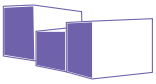
### Diminución das perdas enerxéticas por fugas de aire comprimido

En liñas de aire comprimido en mal estado de conservación chéganse a producir perdas de aire por fugas do 50 % da capacidade instalada. Mediante un mantemento adecuado, as perdas poden chegar a reducirse ata porcentaxes aceptables do 5-10 %. O custo de mantemento para evitar as fugas é moi baixo en comparación ao aforro enerxético, e polo tanto económico, que se consegue.

Na seguinte táboa preséntase o caudal perdido por un orificio en función do seu diámetro para unha presión típica de 6 kg/cm<sup>2</sup>, así como a enerxía asociada á súa xeración. Como se pode observar, as perdas de aire son proporcionales ao cadrado do diámetro do buraco.

Diámetro orificio (mm)	Caudal fugado a 6Kg/cm <sup>2</sup> (l/s)	Potencia de compresión perdida (kW)	Energía anual perdida para funcionar 4000 h/ano (kWh)
1	1	0,3	1.200
3	11	3,1	12.400
5	31	8,3	33.200
10	124	33,0	132.000

Para evitar fugas importantes é necesario levar a cabo unha vixilancia rigorosa e un mantemento planificado. Recómén-



dase medir periodicamente as fugas con algún dos métodos que se describen a continuación. Se a instalación é extensa e as perdas importantes recoméndase realizar medicións por seccións para localizar con máis precisión as zonas problemáticas. Se nunha determinada zona da instalación despois da súa reparación se reiteran as fugas, haberá que analizar a causa, que pode vir derivada de deficiencias de deseño e requirir actuacións de maior calado para a súa corrección.

#### *a) Medidas do nivel de fugas da instalación*

##### **Método 1**

Se pechan as válvulas de alimentación de aire aos equipos e ferramentas aumentase a presión ata que un ou varios manómetros colocados ao final da distribución marquen a presión de traballo. Daquela, péchanse as válvulas de paso ao depósito e párase o compresor. Anótase o tempo que transcorre ata que a presión descenda a unha cifra determinada. Segundo o descenso se efectúe en forma rápida ou lenta, as

fugas serán excesivas ou máis ben sen importancia.

Ao realizar esta clase de ensaios en seccións de tubaxes pódese saber comparativamente se hai ou non fugas de consideración. Este método non valora cuantitativamente as perdas pero, utilizado de forma periódica, si que serve para comprobar se aparecen novos puntos de fuga na instalación.

##### **Método 2**

Para a aplicación deste método é necesario coñecer o volume total das conducións.

O primeiro paso é aumentar a presión ata a de traballo e neste momento péchanse as válvulas e párase o compresor. Anótase a presión inicial, a temperatura e mais o tempo. A fuga total determínase a partir do cambio da presión nos condutos desde o principio ata o final da proba. Ao final do tempo establecido, anótase a presión e mais a temperatura. Recoméndase un mínimo de 10 minutos.

Supoñendo que se opera durante 10 minutos, o caudal de aire das fugas (Nm<sup>3</sup>/minuto) será igual a unha décima parte da diferenza de volume de aire libre correspondente ao contido na rede á presión de descarga, e o volume de aire libre que co-

rresponda ao existente nas tubaxes á presión rexistrada ao final da proba.

O cálculo pódese realizar coa seguinte fórmula:

$$q_f = \frac{V \times 293}{t \times T} \quad (P_1 - P_2)$$

Onde:

$q_f$  = caudal de fugas (Nm<sup>3</sup>/min).

$V$  = volume das conducións (m<sup>3</sup>).

$T$  = temperatura media do aire (K).

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$T_1$  = temperatura inicial (K).

$T_2$  = temperatura final (K).

$t$  = tempo de duración da proba (minutos).

$P_1$  = presión inicial (bar absolutos).

$P_2$  = presión final (bar absolutos).

##### **Método 3**

Elévese a presión ata a normal de traballo e péchanse as válvulas de acceso aos aparatos pneumáticos. A continuación faise xirar o compresor á velocidade necesaria para manter a presión. A descarga volumé-

trica do compresor á nova marcha medirá as perdas debidas ás fugas. Recoméndase un tempo de proba de 10 minutos.

O volume de aire introducido na rede pódese ler directamente mediante un elemento indicador do caudal (caudalímetro, rotómetro,...) ou ben mediante un manómetro que indique a presión diferencial orixinada nun diafragma.

O caudal fugado obtense no primeiro caso (lectura directa por caudalímetro) dividindo o volume de aire introducido (Nm<sup>3</sup>) polo tempo de duración da proba (min).

#### *b) Localización de puntos de fuga*

No caso de que os resultados das probas indiquen perdas excesivas cómpre proceder a localizar os puntos de fuga. En xeral, descóbrense as fugas polo asubío que produce a saída do aire, pero existen algunhas tan pequenas que non se aprecian. Neste caso, os métodos máis correntes son a utilización de detectores de fugas por ultrasóns ou proceder a

mollar as xuntas con auga xabonosa, delatándose facilmente as fugas polas burbullas que se forman.

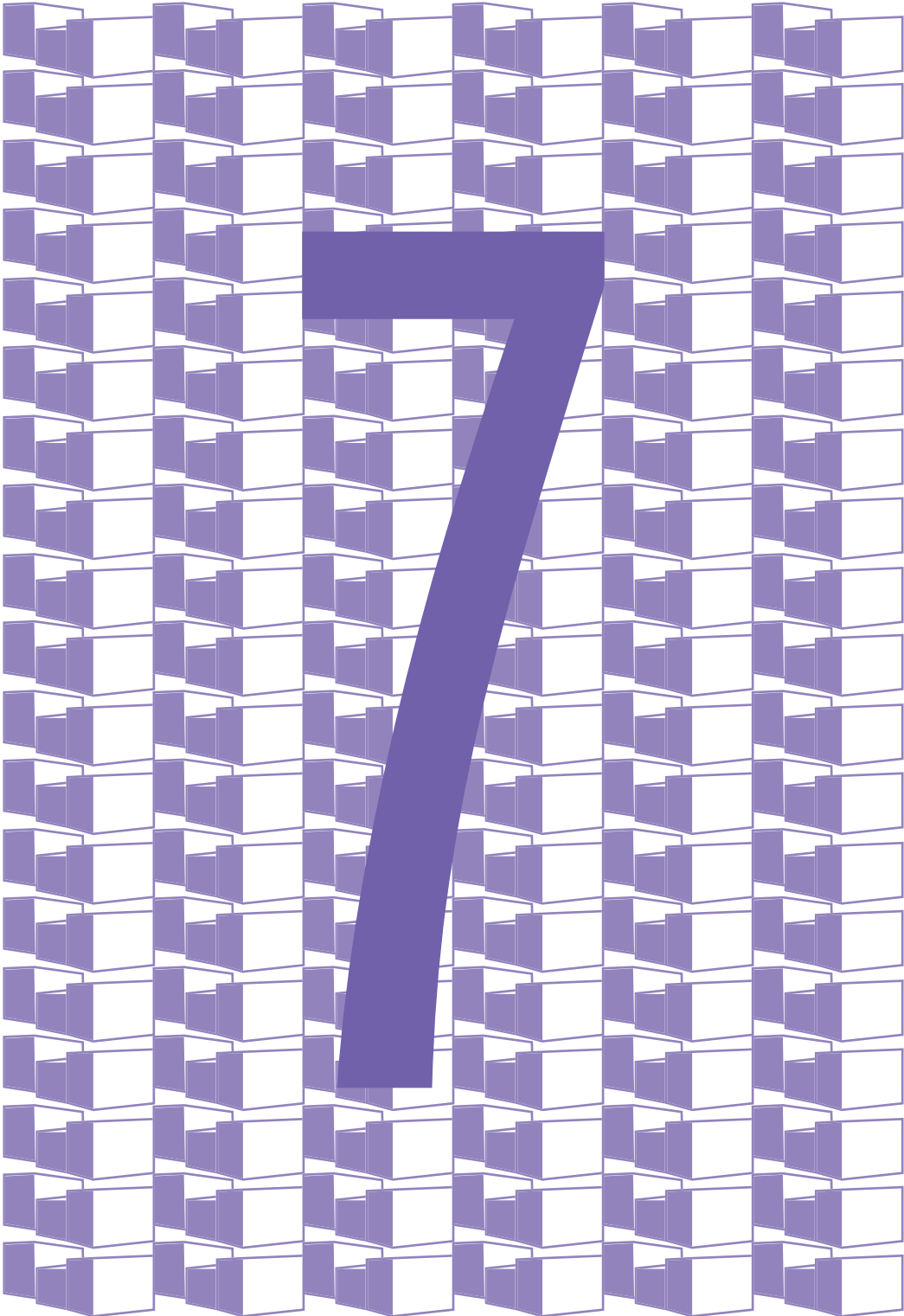
Despois das posibles reparacións é conveniente efectuar novamente as probas.

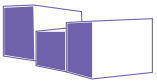
Os puntos de fuga máis frecuentes son:

- *Válvulas de seguridade dos depósitos acumuladores.*
- *Xuntas de tubos e mangueriras.*
- *Válvulas de corte que pechen mal.*
- *Enchufes rápidos.*
- *Ferramentas pneumáticas.*









## 7. COMPRA DE ENERXÍA ELÉCTRICA

En 1997, coa aprobación da Lei do sector eléctrico, Lei 54/1997, empezou o proceso de liberalización do mercado eléctrico.

As principais características do mercado liberalizado son:

- Separación dos subsectores eléctricos tradicionais: xeración, transporte, distribución e comercialización.

- Liberalización das actividades de xeración e comercialización. Actualmente calquera axente investidor coas pertinentes autorizacións administrativas pode xerar enerxía eléctrica sen necesidade de estar incluído nun plan nacional. Por outra banda, calquera consumidor de enerxía eléctrica pode escoller a empresa comercializadora que lle subministra a enerxía e negociar as condicións do subministro.



- Regulación nas actividades de transporte e distribución, nas que se regula o acceso de terceiros a un prezo fixado polo Goberno do Estado.

Resulta dunha grande importancia no actual marco lexislativo diferenciar as funcións da empresa distribuidora e da empresa comercializadora. A primeira é a propiedade das redes de distribución que transportan a enerxía eléctrica ata o lugar de consumo e, como tal, é responsable do mantemento da liña e da lectura dos contadores. A empresa comercializadora é a que vende a enerxía ao usuario e que é distribuída a través da liña da empresa distribuidora. A retribución que corresponde á empresa distribuidora polos seus servizos (tarifas de acceso) é fixada trimestralmente polo Goberno, a empresa comercializadora escóllea libremente o consumidor se opta por esta opción de compra de electricidade (a máis frecuente) e as condicións do contrato negócianse libremente entre as partes.

### 7.1. OPCIÓN DE CONTRATACIÓN

Para mercar enerxía eléctrica, un consumidor industrial de tamaño medio ten as seguintes opcións:

• Contratar o subministro de electricidade ao prezo pactado coa **empresa comercializadora**. As tarifas de acceso (pagamento polo uso das redes de transporte e distribución) poden estar incluídas no prezo pactado ou satisfacerse por separado á empresa distribuidora da zona.

Este tipo de contrato é o máis habitual polo que se tratará detalladamente nos seguintes apartados.

• Asinar un **contrato bilateral** con empresas de xeración para o subministro de enerxía eléctrica. Se o subministro se realiza a partir dunha liña directa propiedade do consumidor ou do produtor daquela non terán que pagar ningún dos conceptos da tarifa de acceso.

Este tipo de contrato é pouco habitual pero pode ser de interese no caso particular de que a empresa se sitúe nas proximidades dunha central eléctrica de xeración. Especialmente no caso de que se dispoña ou sexa económica a construción dunha liña directa que permita evitar o pagamento da tarifa de acceso, que ademais dos custos propios do transporte e distribución inclúe outros conceptos

que elevan a súa coantía, tales como: compensación de custos extrapeninsulares, moratoria nuclear, pagamentos por garantía de subministro a centrais de carbón nacional, primas ao réxime especial,...

• Mercar a enerxía directamente no **mercado eléctrico POOL** ao prezo de mercado, o que normalmente se fai a través dun axente do mercado. A maiores deberán abonarse as tarifas de acceso como pagamento polo uso das redes de transporte e distribución.

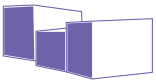
Existen empresas especializadas na xestión de compras directas no mercado eléctrico que indican que o potencial de aforro desta tipoloxía de compra é moi importante, da orde do 20 % do custo do subministro e ofertan os seus servizos a un custo que é unha porcentaxe do aforro alcanzado. A gran vantaxe deste tipo de contratación é un importante potencial de aforro económico.

O principal inconveniente fronte a contratar cunha comercializadora é que é o consumidor quen asume o risco do prezo final da electricidade e que este non será coñecido con suficiente antelación. Cunha comercializadora páctase un prezo anual e é esta empresa a que asume o risco de que o prezo da electricidade estea ou non por riba dese valor, o consumidor dispón polo

tanto dun prezo anual coñecido e garantido salvo no referente a cambios lexislativos que normalmente sempre debe de asumir o consumidor. Coa opción de mercado o consumidor non coñece a priori o custo da enerxía polo que ten unha menor acotación dos seus custos, se ben, como se comentou, se o xestor de compras é eficiente existe un potencial de aforro importante debido a que o xestor non asume o risco que asume o comercializador e polo que loxicamente ten que incrementar o custo dos seus servizos.

Un aspecto relevante desta metodoloxía é calcular o aforro económico obtido, sobre todo se a empresa xestora cobra en función deste aforro. Neste cálculo a empresa xestora non é neutral, polo que para previr dificultades é conveniente definir unha metodoloxía de cálculo o máis obxectiva posible para determinar este aforro, no que se teña en conta tanto posibles cambios no nivel e discriminación horaria dos consumos como aqueles cambios lexislativos que poidan afectar ao prezo final de compra.

Para iso, pode servir de referencia pedir anualmente a varias empresas comer-



cializadoras oferta de subministro da electricidade sen incluír o termo de acceso e negociar uns prezos anuais de referencia por período horario coa empresa xestora de compras sen incluír os citados termos de acceso. Se o prezo medio de compra (prezo por período ponderado por consumo en cada período horario) durante o ano é superior ao de referencia, a empresa xestora non cobraría polos seus servizos mentres a empresa consumidora asumiría o sobrecusto. Se o prezo medio anual é inferior ao de referencia a empresa xestora cobraría unha porcentaxe do beneficio e a empresa consumidora se beneficiaría do desconto logrado. É importante facer a comparación con prezos medios anuais, aínda que se poida pactar algún tipo de pagamento mensual a conta xa que é frecuente que o custo da electricidade no mercado varíe coas estacións do ano en función da climatoloxía.

É posible acordar coa empresa xestora algún outro tipo de retribución, a vantaxe da aquí exposta é un adecuado equilibrio entre os beneficios e riscos das partes.

- Se a empresa dispón dalgún pequeno subministro en baixa tensión con potencia

de contrato inferior a 10 kW, se así o desexa, ten a opción de acollerse ás **tarifas de último recurso (TUR)**. Estas son unhas tarifas fixadas polo Goberno trimestralmente coas que se pretende amparar a aqueles consumidores que, polo seu baixo nivel de consumo, teñen un reducido poder de negociación.

## 7.2\_

### ESTRUTURA DA FACTURA DE ELECTRICIDADE

A facturación no mercado liberalizado, explicitada ou non na factura, consta dos seguintes compoñentes:

1.- *Custo do uso das redes eléctricas (tarifas de acceso) agás nas escasas situacións de liñas directas.*

2.- *Custo da enerxía.*

3.- *Impostos, alugueiros e outros.*

Nos seguintes apartados profundízase en cada un dos custos.

#### 7.2.1\_

### Prezo do uso das redes eléctricas (tarifas de acceso)

As tarifas de acceso constitúen o cargo polo uso das redes de transporte e distribución, polo

que inclúen a peaxe e as cotas con destinos específicos. Estas tarifas deben de pagarse ao distribuidor a quen fisicamente se está conectado, ou formarán parte do prezo pactado co comercializador polo que poden estar incluídas dentro do prezo global pactado. Neste último caso será a empresa comercializadora a que transfira a posteriori o pagamento correspondente á empresa distribuidora.

Para todos os subministros de alta e baixa tensión, as tarifas de acceso veñen reguladas no Real decreto 1164/2001, de 26 de decembro. Como xa se comentou con anterioridade, a facturación das tarifas de acceso está regulada polo que a súa estrutura e prezos están fixados polo Goberno do Estado. A continuación recóllese a estrutura da facturación:

- **Termo de potencia (Tp):** para cada un dos períodos tarifarios contrata-rase unha potencia. A potencia a facturar dependerá da potencia contratada e da potencia demandada. O termo de potencia corresponderá ao sumatorio que resulte do produto da potencia a facturar polo prezo unitario da potencia de cada período.

- **Termo de enerxía activa (Te):** corresponde ao sumatorio de multiplicar a enerxía activa consumida en cada período polo termo de enerxía correspondente.

- **Penalizacións por consumo de enerxía reactiva:** cando o consumo de enerxía reactiva supera o 33 % do consumo de enerxía activa (factor de potencia inferior a 0,95) facturaránse penalizacións por exceso de consumo de enerxía reactiva. Para estes efectos non se terá en conta o consumo no período 3 para as tarifas 3.0 A e 3.1 A nin o consumo no período 6 para as tarifas 6.

### Tarifas de acceso existentes

A tarifa de acceso aplicable depende da tensión de subministro e da potencia contratada. As distintas modalidades de tarifa de acceso recóllense no seguinte cadro:

Nome tarifa	Rango potencia	Número períodos horarios	Nivel de tensión
<b>Tarifas de BAIXA tensión</b>			
Tarifas 2.0	≤ 10 kW	1, 2 ou 3	≤ 1 kV
Tarifas 2.1	Entre 10 e 15 kW	1, 2 ou 3	≤ 1 kV
Tarifas 3.0 A	> 15 kW	3	≤ 1 kV
<b>Tarifas de ALTA tensión</b>			
Tarifas 3.1 A	≤ 450 kW	3	≥ 1 kV e < 36 kV
Tarifas 6.1	> 450 kW	6	≥ 1 kV e < 36 kV
Tarifas 6.2	-----	6	≥ 36 kV e < 72,5 kV
Tarifas 6.3	-----	6	≥ 72,5 kV e < 145 kV
Tarifas 6.4	-----	6	≥ 145 kV
Tarifas 6.5	-----	6	Conexións internacionais

As tarifas de acceso son actualizadas trimestralmente polo Goberno, a modo de referencia inclúense os prezos actuais fixados pola Orde IET/843/2012, de 25 de abril, das dúas tarifas máis frecuentes nas empresas estudadas. Debe de terse en conta que estes prezos se actualizan periodicamente.

### TARIFA 3.1 A

TARIFA 3.1	Período 1	Período 2	Período 3
Tp: €/kW por ano	25,588674	15,779848	3,618499
Te: €/kW	0,043392	0,038608	0,023627

### TARIFA 6.1

TARIFA 6.1	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
Tp: €/kW por ano	17,683102	8,849205	6,476148	6,476148	6,476148	2,954837
Te: €/kW	0,075697	0,056532	0,030124	0,014992	0,009682	0,006062



## 7.2.2\_

### Períodos horarios de cada tarifa de acceso

Os períodos horarios de cada tarifa de acceso foron actualizados pola Orde ITC/2794/2007, pola que se revisan as tarifas eléctricas e polo RD 647/2011, que regula a actividade de xestor de cargas para recarga enerxética dos vehículos eléctricos e son os seguintes.

#### Tarifas 2.0 DHA e 2.1 DHA

Consta de dous períodos que comprenden distintos horarios en función de que sexa inverno ou verán:

INVERNO		VERÁN	
Punta	Val	Punta	Val
12-22 h	0-12 e 22-24 h	13-23 h	0-13 e 23-24 h

Os cambios de horario de inverno a verán ou viceversa coincidirán coa data de cambio oficial de hora.

#### Tarifas 2.0 DHS e 2.1 DHS

Con discriminación horaria en tres períodos denominados P1, P2 e P3. Na seguinte táboa detállase o horario de cada un dos períodos.

Período tarifario	Duración do período	Inverno - Verán		
		P1	P2	P3
P1 (punta)	10 horas/día	13 - 23	0 - 1	1 - 7
P2 (val)	8 horas/día		7 - 13	
P3 (Superval)	6 horas/día		23 - 24	

### Tarifa 3.0 A e 3.1.A

Constan de tres períodos horarios, iguais en ambas as dúas tarifas. No seguinte cadro recóllese para cada mes do ano que horarios pertencen a cada período (1, 2 ou 3). O período P1 é o de prezos máis elevados e o P3 o de prezos máis económicos.

Mes/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	
2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	
3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	
4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
12	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2

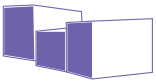
### Tarifas 6

Constan de seis períodos horarios, iguais en todas as tarifas 6. No seguinte cadro recóllese para cada mes do ano que horarios pertencen a cada período (1, 2, 3, 4, 5 ou 6). O período P1 é o de prezos máis elevados e o P6 o de prezos máis económicos.

Mes/Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	6	6	6	6	6	6	6	6	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	
2	6	6	6	6	6	6	6	6	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2		
3	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	
4	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
6a*	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
6b*	6	6	6	6	6	6	6	6	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
7	6	6	6	6	6	6	6	6	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
9	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
10	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
11	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	
12	6	6	6	6	6	6	6	6	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2

(\*) O “6a” refírese á primeira quincena de xuño e o “6b” á segunda.

Ademais das indicadas no seguinte cadro son horas tipo 6 todas as dos sábados, domingos e festivos nacionais.



## 7.2.3\_

### Cálculo do termo de potencia da tarifa de

#### acceso

Segundo o artigo 9 do RD 1164/2001 o control e medición da potencia contratada vaise facer da seguinte forma:

-Tarifa 2.0A: instalación do Interruptor de Control de Potencia (ICP) tarado á amperaxe correspondente á potencia contratada.

-Tarifas 3.0A e 3.1.A: o control da potencia demandada realizarase mediante a instalación dos correspondentes aparatos de medida (maxímetros) que rexistrarán a potencia cuarto horaria máxima demandada en cada período tarifario de facturación. As potencias contratadas nos diferentes períodos serán tales que a potencia contratada nun período tarifario ( $P_{n+1}$ ) sexa sempre maior ou igual que a potencia contratada no período tarifario anterior ( $P_n$ ).

-Tarifas 6: nestas tarifas o control da potencia demandada realizarase por medio das medicións cuarto horarias dos equipos de medida.

O termo de facturación de potencia será o sumatorio resultante de multiplicar a potencia a facturar en cada período tarifario, que se define máis adiante, polo termo de potencia correspondente, segundo a seguinte fórmula:

$$FP = \sum_{i=1}^{i=n} t_{pi} P_{fi}$$

Onde:

$P_{fi}$  = potencia que se facture no período tarifario  $i$ , expresada en kW.

$t_{pi}$  = prezo anual do termo de potencia do período tarifario  $i$ .

Facturarase mensualmente a doceava parte do resultado de aplicar a fórmula anterior.

A determinación da potencia que se facture en cada período tarifario ( $P_{fi}$ ) para cada tarifa realizarase da seguinte forma:

-Tarifa 2.0 A: a potencia que se facture será a potencia contratada.

-Tarifas 3.0 A e 3.1 A: a potencia que se facture en cada período de facturación e cada período tarifario calcularase da forma que se establece a continuación:

a) Se a potencia máxima demandada, rexistrada no período de facturación, estivese dentro do 85 ao 105 por 100 respecto á contratada, esta potencia rexistrada será a potencia que se facture ( $P_{fi}$ ).

b) Se a potencia máxima demandada, rexistrada no período de facturación, fose superior ao 105 por 100 da potencia contratada, a potencia que se facture no período considerado ( $P_{fi}$ ), será igual ao valor rexistrado máis o dobre da diferenza entre o valor rexistrado e o valor correspondente ao 105 por 100 da potencia contratada.

c) Se a potencia máxima demandada no período que se facture fose inferior ao 85 % da potencia contratada, a potencia facturada ( $P_{fi}$ ) será igual ao 85 % da citada potencia contratada.

- Tarifas 6: a potencia que se facture en cada período tarifario será a potencia contratada. No caso de que a potencia demandada sobrepase en calquera período horario a potencia contratada no mesmo procederese, ademais, á facturación mensual de todos e cada un dos excesos rexistrados en cada período.



do, de acordo coa seguinte fórmula:

$$F_{EP} = \sum_{i=1}^{i=6} K_i \cdot xl_{406368} \cdot A_{ei}$$

Onde:

$F_{EP}$  = facturación por exceso de potencia (€).

$K_i$  = coeficiente que tomará os seguintes valores dependendo do período tarifario  $i$ :

Mes/Hora	1	2	3	4	5	6
$K_i$	1	0,5	0,37	0,37	0,37	0,17

$A_{ei}$  = calcularase de acordo coa seguinte fórmula:

$$\sqrt{\sum_{j=1}^{j=n} (P_{dj} - P_{ci})^2}$$

Onde:

$P_{dj}$  = potencia demandada en cada un dos cuartos de hora do período  $i$  en que se sobrepasase a potencia contratada no período. Expresada en kW.

$P_{ci}$  = potencia contratada no período  $i$  no período considerado. Expresada en kW.

## 7.2.4\_

### Cálculo do termo de enerxía da tarifa de acceso

O termo de facturación de enerxía activa será o sumatorio resultante de multiplicar a enerxía consumida e medida polo contador en cada período tarifario polo prezo do termo de enerxía correspondente, segundo a seguinte fórmula:

$$FE = \sum_{i=1}^{i=n} E_i t_{ei}$$

Onde:

$E_i$  = enerxía consumida no período tarifario  $i$ , expresada en kWh.

$t_{ei}$  = prezo do termo de enerxía do período tarifario  $i$ .

O termo de facturación de enerxía activa facturarase mensualmente, incluíndo a enerxía consumida no mes correspondente a cada período tarifario  $i$ . Na tarifa simple de baixa tensión a facturación poderá ser bimestral.

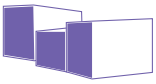
## 7.2.5\_

### Cálculo da penalización por consumo de enerxía reactiva

Este término aplicarase sobre todos os períodos tarifarios, excepto o período 3, para as tarifas 3.0 A e 3.1 A, e no período 6, para as tarifas 6, sempre que o consumo de reactiva exceda o 33 por 100 do consumo de activa durante o período de facturación considerado ( $\cos \varphi < 0,95$ ) e unicamente afectará a estes excesos.

A modo de referencia inclúense os prezos actuais fixados pola Orde IET/3586/2011, de 30 de decembro, segundo a estrutura fixada no artigo 9.3 do RD 1164/2001, de 26 de outubro, non obstante, debe de terse en conta que estes se actualizan periodicamente:

$\cos \varphi$	€/kVArh
$\cos \varphi < 0,95$ e ata $\cos \varphi = 0,80$	0,041554
$\cos \varphi < 0,80$	0,062332



Cando un consumidor teña un consumo de enerxía reactiva superior a 1,5 veces o de enerxía activa en tres ou máis medicións, a empresa distribuidora que lle subministra deberá de comunicalo ao organismo competente da comunidade autónoma, quen lle poderá establecer ao consumidor un prazo para a mellora do seu factor de potencia e, se non se cumprixe o prazo establecido, poderá chegar a ordenar a suspensión do dereito ao acceso ás redes en tanto non se mellore a instalación na medida precisa.

## 7.2.6\_

### Prezo da enerxía

Se se lle merca a enerxía a un comercializador debe-rase pactar con el o prezo, para o que é conveniente pedir previamente ofertas a distintos comercializadores. As modalidades de contratación que ofertan as comercializadoras de forma máis habitual son as seguintes:

**Modalidade a prezo fixo:** aplícase un prezo fixo ao kWh consumido independentemente do horario de consumo, e engádense habitualmente complementos de bonificación/recargo en función do volume e distri-

bución do consumo. Non debe de esquecerse que ese prezo fixo vai depender da distribución de consumo da empresa, polo que esta sempre debe de intentar desprazar o máximo consumo a horas val para reducir o prezo medio da electricidade no seguinte ano.

**Modalidade prezo por períodos:** aplícase ao termo de enerxía un prezo fixo por cada período horario, normalmente respectando os períodos que define a tarifa de acceso que se detallan no apartado anterior. Non obstante os períodos horarios e prezos pódense pactar libremente entre consumidor e empresa comercializadora.

**Modalidade desconto sobre tarifa de último recurso:** esta modalidade dirixida principalmente a pequenos consumidores calcúlase e factúrase tomando como referencia a tarifa de último recurso e establecendo unha porcentaxe de desconto respecto dela.

Se se opta por acceder directamente ao mercado organizado (POOL) deberanse efectuar ofertas horarias de adquisición e pagar o prezo resultante de tres compoñentes (prezo marxinal da enerxía casada, servizos complementarios e garantía de potencia). O volume de enerxía adquirida, ademais, deberá incluír as perdas na rede imputables ao subministro.

## 7.2.7\_

### Outros conceptos

A empresa comercializadora pode ofrecer outros servizos como o alugueiro de contadores, asesoramento en eficiencia enerxética, xestión de ampliacións de potencia,... que facturará adicionalmente aos dous termos anteriores.

A facturación da enerxía está gravada secuencialmente cos seguintes impostos:

- O imposto especial sobre o consumo de electricidade, co tipo do 5'113% (1,05113 x 4,864%) aplicable unicamente ao termo de acceso e ao termo de enerxía. Non será aplicable ao alugueiro dos contadores e demais servizos ofrecidos pola empresa.

- O imposto xeral sobre o valor engadido: IVE, co tipo do 21 %, unha vez repercutido o imposto especial sobre o consumo de electricidade.

## 7.3\_

### A CALIDADE DO SERVIZO

O Real decreto 1955/2000, de 1 de decembro, establece tres apartados para a medi-

da da calidade: continuidade do subministro (medida do número e duración das interrupcións), calidade da onda (segundo UNE-EN 50160) e atención ao cliente.

De acordo co Real decreto 1634/2006, de 29 de decembro, polo que se modifican os límites de calidade establecidos nos artigos 104.2 e 106.3 do Real decreto 1955/2000, a continuidade do subministro (medida do número e duración das interrupcións) clasifícase en individual e zonal.

### a) Calidade individual

En canto á calidade individual do subministro, o distribuidor estará obrigado a que o tempo e número de interrupcións previstas maiores de tres minutos de cada ano natural non supere os seguintes valores:

Zona	Media tensión (de 1 a 36 kV)		Baixa tensión (menor ou igual a 1 kV)	
	Nº de horas	Nº de interrupcións	Nº de horas	Nº de interrupcións
Urbana	3,5	7	5	10
Semiurbana	7	11	9	13
Rural concentrada	11	14	14	16
Rural dispersa	15	19	19	22

- **Urbana:** conxunto de municipios dunha provincia con máis de 20.000 subministros, incluíndo capitais de provincia, aínda que cheguen á cifra anterior.

- **Semiurbana:** conxunto de municipios dunha provincia cun número de subministros comprendidos entre 2.000 e 20.000, excluindo capitais de provincia.

- **Rural concentrada:** conxunto de municipios dunha provincia cun número de subministros comprendidas entre 200 e 2.000.

- **Rural dispersa:** conxunto de municipios dunha provincia con menos de 200 subministros.

Ademais, os límites máximos de variación da tensión de alimentación aos consumidores finais serán + 7% da tensión de alimentación declarada.

Para a medida destes parámetros, o distribuidor deberá de dispoñer dun sistema de rexistro de incidencias que lle permita

determinar a calidade do subministro das súas redes con cada un dos consumidores conectados a elas.

As empresas distribuidoras poderán pactar cos consumidores ou cos comercializadores que lles representen o establecemento dunha calidade especial, superior á fixada no R.D. 1955/2000.

### b) Calidade zonal

Cada distribuidor estará obrigado a manter os niveis de calidade asignados a aquelas zonas onde desenvolva a súa actividade. Non obstante, pode declarar á Administración a existencia de zonas onde teña dificultade temporal para o mantemento da calidade esixible e presentar á súa vez un programa de actuación temporal que permita a corrección das causas que o orixinen.

Durante a execución destes plans (plazo máximo de dous anos) non se aplicarán as consecuencias do incumprimento da calidade ás zonas incluídas no ámbito territorial destes plans.

A medida da calidade zonal efectuarase sobre a base do TIEPI (Tempo de Interrupción Equivalente da Poten-



cia Instalada), o percentil 80 do TIEPI e do NIEPI (Número de interrupcións equivalente da potencia instalada). Se se teñen en conta unicamente as interrupcións imprevistas, os límites dos valores do TIEPI, o percentil 80 do TIEPI e o NIEPI, durante cada ano natural son os seguintes (RD 1634/2006, de 29 de decembro):

Zona	TIEPI (horas)	Percentil 80 do TIEPI (horas)	NIEPI (número)
Urbana	1,5	2,5	3
Semiurbana	3,5	5	5
Rural concentrada	6	10	8
Rural dispersa	9	15	12

Ningún municipio deberá de superar o valor do percentil 80 do TIEPI durante máis de dous anos consecutivos.

## 7.3.1\_

### Variará a calidade do

### servizo se se cambia de comercializadora?

Se un consumidor opta por cambiar de empresa comercializadora a calidade do subministro (nos seus aspectos técnicos como continuidade ou calidade da onda de tensión) non ten que verse afectada sexa cal sexa a comercializadora coa que contrate xa que o distribuidor físico da enerxía seguirá a ser o mesmo.

Se un consumidor contrata o seu subministro a través dun comercializador ou ben mediante un contrato bilateral cun produtor, estes suxeitos serán os interlocutores para o asunto da calidade do subministro.

No caso de que o consumidor acuda directamente a mercar a súa enerxía no mercado, o seu interlocutor para calquera asunto ou reclamación relacionado coa calidade do subministro será a empresa distribuidora á que está conectado.

Independentemente do anterior, un consumidor pode pactar a contratación dunha calidade de subministro superior aos mínimos legais establecidos sempre e cando algún comercializador lle ofrezca este servizo.

Desde o 1 de xaneiro de 2003 o incumprimento dos valores in-

dicados anteriormente obriga o distribuidor a aplicar descontos na facturación aos consumidores.

## 7.4\_ OPTIMIZACIÓN DA FACTURACIÓN DO SUBMINISTRO ELÉCTRICO

### 7.4.1\_

### Control do consumo e comparación de ofertas

Antes de solicitar oferta a un comercializador débense coñecer as características actuais do subministro, nivel de consumo anual, necesidades de potencia e tensión do subministro e a distribución temporal do consumo. Neste aspecto canto máis se poida desagregar o consumo (canto máis se poida prever a demanda ao longo do día e do ano), máis axustada será a determinación do prezo que poida ofrecer o comercializador.

A continuación, débense de solicitar ofertas coas características do subministro a

distintos comercializadores e comparar o prezo resultante. En moitas ocasións oférense descontos promocionais para o primeiro ano de contrato, polo que convén verificar se o prezo do segundo ano é competitivo antes de que se produza a renovación automática do mesmo.

Evidentemente existen outros factores distintos do prezo que se deben de considerar no servizo eléctrico proporcionado por un subministrador como a atención comercial, o asesoramento, as formas de pagamento e outros servizos, pero en ningún caso entra en xogo a calidade do subministro que debe de ser garantida polo distribuidor habitual.

As empresas comercializadoras de enerxía deben de estar autorizadas e inscritas no Rexistro Administrativo de Distribuidores, Comercializadores e Consumidores Cualificados e Axentes Externos “sección 2ª Comercializadores” do Ministerio de Industria, Enerxía e Turismo. Para coñecer a listaxe de empresas coas que se pode contratar o subministro de enerxía eléctrica pódense dirixir á páxina web do citado Ministerio.

## 7.4.2\_ Axuste do termo de potencia e instalación de xestores de consumo

Observouse recorrentemente que a potencia contratada en empresas do sector do granito é moi superior á potencia real demandada pola mesma en todos os periodos, o que implica unha penalización económica.

Ao axustar a potencia contratada á potencia óptima poderíanse alcanzar aforros que nalgún caso concreto alcanzan os 12.000 € anuais. Antes de levar a cabo esta medida, é preciso coñecer cal será a estimación de produción nun futuro xa que un aumento de produción pode implicar un aumento da potencia demandada pola instalación. Isto suporía coa nova potencia unha penalización económica por exceso de potencia, xa que unha vez que se realiza un cambio da potencia contratada non é posible realizar un novo cambio ata que transcorra un ano.

De cara a valorar cando convén reducir a potencia contratada a continuación descríbese cando recuperar esta potencia ten un custo de investimento significativo, ao mesmo tempo trátase o caso daquelas empresas que consideren necesario ampliar a súa potencia contratada.

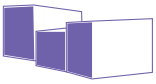
Os dereitos de acometida régulanse no artigo 44 do RD 1955/2000. Segundo este Real decreto terá a consideración de dereitos de acometida a contraprestación económica que debe de ser abonada á empresa distribuidora pola realización do conxunto de actuacións necesarias para atender un novo subministro ou para a ampliación dun xa existente.

Os dereitos de acometida poderán incluír os seguintes conceptos:

- Dereitos de extensión: contraprestación económica que debe de pagar cada solicitante dun novo subministro ou da ampliación de potencia dun xa existente á empresa distribuidora polas infraestruturas eléctricas necesarias entre a rede de distribución existente e o primeiro elemento propiedade do solicitante.

- Dereitos de acceso: contraprestación económica que debe de pagar cada contratante dun novo subministro ou da ampliación de potencia dun xa existente, cuxo abono procederá, en todo caso, pola súa incorporación á rede.

*Segundo o artigo 49 do RD 1955/2000 modificado polo RD 1454/2005:*



- Os aumentos de potencia consideraranse como unha alta adicional e orixinarán os dereitos de extensión e acceso que, no seu caso, correspondan ao incremento de potencia solicitado. Se fose precisa a execución de novas obras de extensión, o seu tratamento será o previsto para un novo subministro.

**- No caso de diminución de potencia os dereitos de acometida, tanto de extensión como de acceso, manterán a súa vixencia por un período de tres anos para baixa tensión e de cinco anos para alta tensión.**

A empresa distribuidora que teña que atender un novo subministro ou a ampliación dun xa existente estará obrigada á realización das infraestruturas eléctricas necesarias cando este subministro se localice en solo urbano que teña a condición de terreo edificable, sempre que se cumpran as seguintes condicións:

-Cando se trate de subministros en baixa tensión a instalación de extensión cubrirá unha potencia máxima solicitada de 50 kW.

-Cando se trate de subministros en alta tensión a

instalación de extensión cubrirá unha potencia máxima solicitada de 250 kW.

Cando a instalación de extensión supere os límites de potencia anteriormente sinalados, situación habitual nas empresas estudadas, o solicitante realizará pola súa conta a instalación de extensión necesaria, de acordo tanto coas condicións técnicas e de seguridade regulamentarias como coas establecidas pola empresa distribuidora e aprobadas pola Administración competente.

Unha opción moi interesante que debe de estudarse antes de formalizar un incremento de potencia é a instalación dun sistema automático de desconexión de cargas non prioritarias co obxectivo de reducir a demanda punta de potencia e con iso abaratar a factura eléctrica ao aplanar a curva de demanda. Se con este sistema se consegue desprazar consumos de períodos punta a períodos val, conseguírase un aforro adicional polo menor custo da electricidade nestes períodos.

De forma xeral recoméndase contratar:

- Nas tarifas 2.0 se a empresa demanda máis potencia eléctrica da contratada o ICP cortará o subministro, por iso recoméndase contratar a potencia máxima imprescindible para o funcionamento da empresa.

- No resto de tarifas se a empresa consumidora demanda máis potencia eléctrica da contratada, a empresa distribuidora vai proporcionarlla ata a capacidade máxima que admitan as instalacións pero logo cobraralle un recargo. Como neste caso a empresa pode gozar de máis potencia da contratada, de cara a optimizar os custos da factura eléctrica, recoméndase contratar unha potencia en cada período lixeiramente superior á media de potencia demandada nese período ao longo do ano. En todo caso, haberá que corrixir este valor se así o aconsella o estudo dos históricos de puntas de potencia facturadas (non obstante, non soe ser recomendable contratar a máxima potencia rexistrada se esta sucede esporadicamente).

### 7.4.3\_

## Revisión das baterías de condensadores

A análise da factura eléctrica revelou nalgúns dos casos penalizacións económicas debidas ao termo de enerxía reactiva.

Para compensar a enerxía reactiva que xera a insta-

lación (en xeral moi elevada pola gran cantidade de motores eléctricos), adoita dispoñerse dunha ou varias baterías de condensadores aplicadas sobre distintos puntos da instalación. Porén, obsérvase nalgunhas instalacións como a batería de condensadores non é capaz de elevar os valores de factor de potencia aos valores adecuados, probablemente por unha diminución das prestacións pola deterioración dalgún dos condensadores.

A vida útil dos condensadores é limitada e é preciso realizar unha substitución dos mesmos cada vez que un destes elementos chega á fin da vida útil, non obstante hai algúns feitos que poden reducir a vida útil dos mesmos. A presenza de harmónicos pode ser unha das causas do descenso da vida útil polo que é recomendable que aquelas empresas con avarías frecuentes en condensadores midan os niveis de harmónicos, e no seu caso que se instalen filtros protectores.

Ao eliminar a penalización de enerxía reactiva nalgunha instalación concreta do sector poderíase lograr un aforro de 9.000 € anuais.

A instalación de baterías de condensadores amortízase economicamente nun prazo de tempo normalmente inferior a tres anos naquelas empresas nas que as penalizacións por exceso de consumo de enerxía reactiva sexan repetitivas. Ademais, se a compensación se fai próxima aos equipos consumidores no interior da empresa pódense evitar problemas de sobrecargas de condutores, disparos de proteccións e perdas enerxéticas por efecto Joule que poden provocar quecementos perigosos.

## 7.4.4\_ Termografías

Recoméndase realizar periodicamente estudos termográficos dos diferentes cadros de proteccións e liñas eléctricas con maior demanda para avaliar o seu estado de carga.

Con esta acción pódense detectar puntos de alta temperatura que provoquen unha erosión na instalación eléctrica así como un maior consumo. Con esta actuación preventiva e, eventualmente, co reforzamento ou a redistribución das cargas pódense reducir substancialmente os riscos de incendio e as perdas de enerxía eléctrica en forma de calor dos condutores por efecto Joule.

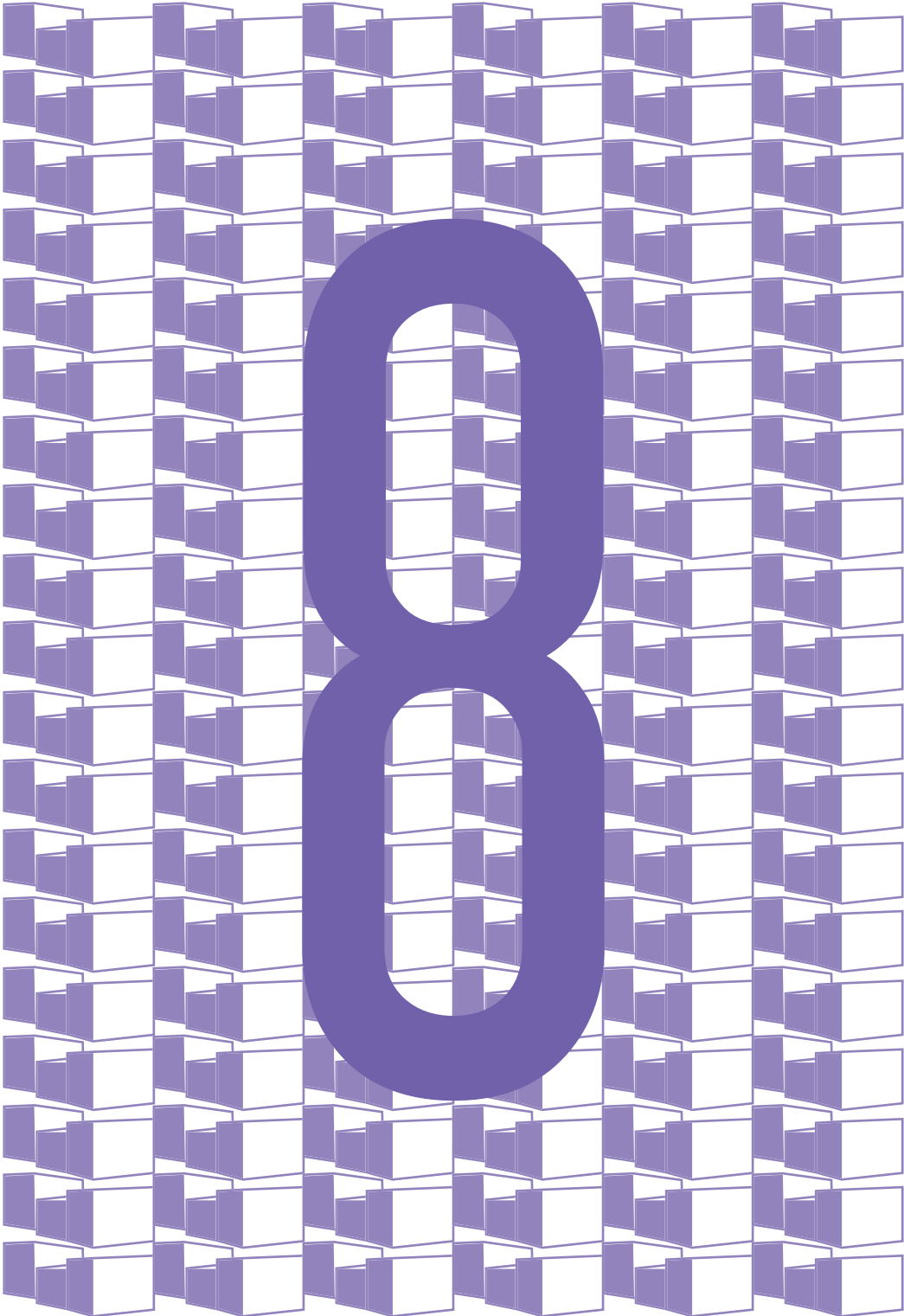


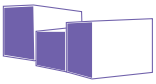
*Detección de punto quente en cadro eléctrico mediante cámara termográfica*

No mercado existe unha ampla gama de cámaras termográficas con prezos a partir de 2.500 €.









## 8

# MELLORA DOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Os diferentes compoñentes dos sistemas de iluminación artificial experimentaron unha evolución tecnolóxica moi importante ao longo das últimas décadas. A oferta de novos tipos de lámpadas ampliouse e o fluxo luminoso producido por un mesmo tipo de lámpada e por unha mesma potencia consumida aumentou.

Cos avances tecnolóxicos actuais é posible reducir o custo enerxético dedicado á iluminación. De maneira resumida convén revisar os seguintes aspectos:

- Sistemas de control do acendido. Cómpre valorar se os interruptores existentes son adecuados para acender por separado as distintas zonas de traballo e en cales destas pode ser conveniente o uso de sistemas de control automáticos.

- Utilización de lámpadas eficientes, principalmente fluorescentes de última xeración con balastos electrónicos e lámpadas de vapor de sodio.

- Utilización de cores claras nas paredes que favorezan a iluminación por reflexión da luz.

- Estado de limpeza das lámpadas e ventás.

- Medición periódica dos niveis de iluminación.



Segundo o programa Gateway do U.S. DOE Technology Demonstration referente aos custos dos sistemas de iluminación pódese indicar que:

- As lámpadas representan tan só o 4% do custo total do seu ciclo de vida.

- Os custos de mantemento e man de obra (instalación) representan tan só o 8% do total do ciclo de vida de custos asociados.

- Os custos de enerxía durante a vida útil dunha lámpada poden representar ata un 88% do custo total.

A continuación desenvolveranse con maior detalle as medidas recomendadas para un funcionamento eficiente dos sistemas de iluminación e trataranse por separado os seguintes aspectos:

- Niveis de iluminación.
- Eficiencia das lámpadas.
- Equipos auxiliares.
- Mantemento e cores das paredes.
- Regulación e control.

## 8.1\_ NIVEIS DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS

O nivel de iluminación necesario para cada unha das actividades realizadas determinará as necesidades de achega de luz artificial e os seus requisitos de calidade. Os niveis de iluminación non deberán de ser inferiores a uns valores mínimos por evidentes razóns de seguridade no traballo. Aínda cumprindo estes valores mínimos, unha iluminación insuficiente pode xerar malestar e perda de produtividade polo que o aforro e a eficiencia enerxética en iluminación en ningún caso se debe lograr mediante a redución dos niveis de iluminación por debaixo dos recomendados a cada actividade. Non obstante, uns niveis de iluminación excesivos tampouco son recomendables e incluso poden ser contraproducentes se non se garante unha certa uniformidade nas zonas adxacentes.

Nas seguintes táboas recóllense valores de referencia de niveis de iluminancia recomendados para distintas dependencias.

Tipo de dependencia	Iluminancia media (lux)	Clase de cegamento*	Índice de reprodución cromática (Ra, IRC)
Oficina	500	B	70 - 85
Recepción	300	C	70 - 85
Talleres	500	B	70 - 85
Arquivo	200	C	70
Cociña	300	C	70 - 85
Comedor	200	C	70 - 85
Vestibulos	200	C	70 - 85
Corredores	150	C	70 - 85
Aseos	150	D	70 - 85
Almacéns	100	D	70
Debuxo técnico ou tarefas visualmente esixentes	700	B	80 - 90

Niveis xerais de iluminancia recomendados (Fonte: Comité de Iluminación Español)

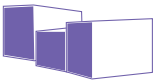
A nivel normativo, a única referencia á iluminación de canteiras pódese atopar no RD 1389/1997, que no seu Anexo A punto 13 recolle textualmente:

*“Todos os lugares de traballo deberán de estar equipados na súa totalidade cun alumeadado capaz de ofrecer a iluminación adecuada ás tarefas que se realicen neles.*

*Os lugares de traballo deberán de ter, na medida do posible, luz natural suficiente e, habida conta das condicións climáticas, estar equipados con dispositivos que permitan unha iluminación artificial adecuada para asegurar a seguridade e a saúde dos traballadores.*

*As instalacións de iluminación dos locais de traballo e das vías de comunicación deberán de estar colocadas de maneira que o tipo de iluminación previsto non presente risco de accidente para os traballadores.*

*Os lugares de traballo nos que os traballadores estean expostos a riscos no caso de avaría da iluminación artificial deberán de posuír unha iluminación de seguridade de intensidade suficiente.*



*Cando isto sexa imposible, dotarase aos traballadores de alumeado individual.*

*Na revisión establecida na disposición final primeira deste Real Decreto determinaranse os parámetros mínimos de iluminación suficiente.”*

Resulta recomendable a compra dun luxómetro, aparato que permite medir o nivel de iluminancia, e a súa utilización periódica para verificar se o nivel de iluminación é acorde ao recomendable. Se este é superior existen posibilidades de aforro enerxético e se é inferior pode elevar a fatiga visual dos traballadores e incluso ser causa de accidentes ou diminucións da produción. Poden mercarse equipos por 100 €, a súa utilización resulta relativamente sinxela se se ten presente medir á altura de traballo e evitar proxectar sombras sobre o equipo de medida.

## 8.2\_ EFICIENCIA DAS LÁMPADAS

Á hora de seleccionar dentro da amplísima oferta do mercado o tipo adecuado de iluminaria, 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.

Para reducir custos (instalación, funcionamento e mantemento) a elección das lámpadas debe de facerse considerando as seguintes características:

- **Índice de reprodución cromática (IRC):** a maior índice de reprodución cromática máis capacidade para reproducir as cores “verdadeiras” dos obxectos.

Entre as lámpadas que cumpran o rendemento de cor mínima recomendada para a actividade que se desenvolva debe de elixirse aquela que teña maior eficiencia (lum/W) e maior vida útil.

Para moitas actividades do sector do granito como o transporte dentro da canteira ou iluminaciones de seguridade en exteriores non se require unha reprodución cromática elevada, o que permite priorizar a eficiencia enerxética na elección das lámpadas que se utilicen nestas aplicacións.

- **Eficacia luminosa (lum/W):** deben de empregarse lámpadas dunha eficacia luminosa igual ou superior a 90 lum/W. A maior eficacia luminosa maior eficiencia e para o mesmo nivel de iluminación menor número de lámpadas e iluminarias o que supón un menor investimento inicial e menores custos de funcionamento.

- **Vida útil:** a maior vida útil menores custos de mantemento. Convén instalar lámpadas cunha vida útil superior ás 12.000 horas.

- **Custos de investimento:** aínda que como se comentou no apartado anterior os custos de investimento e instalación supoñen apenas o 12 % do custo total en tecnoloxías maduras, este pode aumentar significativamente en tecnoloxías novidasas e deseños exclusivos.

A continuación inclúese unha táboa comparativa dos diferentes tipos de lámpadas:

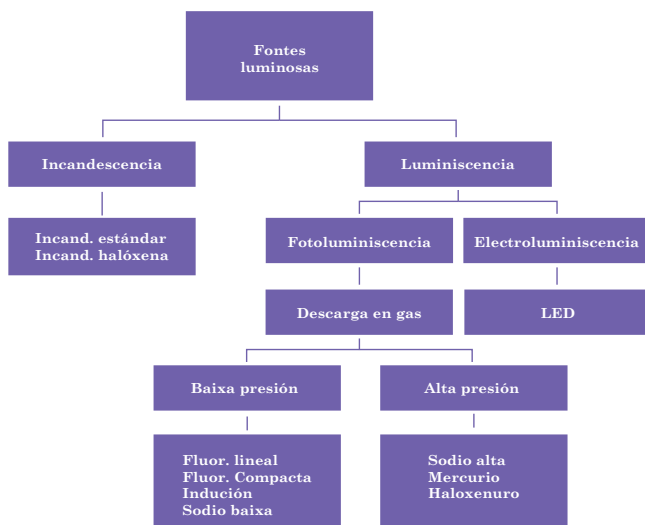
Tipo lámpada	Eficiencia (lumen/W)	Vida útil (horas)	IRC(*)	Reacendido en quente
Incandescente **	6 a 17	1.000	100	Instantáneo
Halóxenas**	10 a 22	2.000	100	Instantáneo
Fluorescentes tubulares	65 a 104	7.500	60 - 98	Instantáneo
Fluorescentes compactas	33 a 74	6.000	80 - 90	Instantáneo
Indución	64 a 71	60.000	82	Instantáneo
Vapor de mercurio	30 a 60	12.000	50 - 60	10 minutos
Haloxenuros metálicos	68 a 120	10.000	60 - 95	15 minutos
Vapor de Sodio de alta presión	70 a 150	15.000	20 - 65	1 a 15 minutos
Vapor de Sodio de baixa presión	100 a 173	12.000	Nulo	0,2 minutos
LED	50 a 90	20.000 - 50.000	>80	Instantáneo

\*IRC: índice de reproducción cromática.

\*\*Debido ao seu baixo rendemento este tipo de lámpada só convén utilizala para iluminacións de curta duración nas que sexa necesario unha moi boa calidade de iluminación.

Táboa características dos principais tipos de lámpadas

As fontes luminosas artificiais clasifícanse de acordo aos fenómenos involucrados na xeración da luz. Na seguinte figura amósase esta clasificación.



En función da clasificación anterior, descríbense a continuación cada unha das tipoloxías de lámpada que se utilizan habitualmente.



**Lámpada incandescente normal.** A lámpada incandescente produce luz por medio do quecemento eléctrico dun arame (o filamento) a unha temperatura tan alta que a radiación se emite no campo visible do espectro. Son as fontes de luz coñecidas desde máis antigo e coas que se obtén a mellor reprodución das cores, cunha luz moi próxima á luz natural do Sol. A súa desvantaxe é a curta vida de funcionamento, baixa eficacia luminosa (xa que o 90% da enerxía se perde en forma de calor) e depreciación luminosa con respecto ao tempo. A vantaxe é que teñen un custo de adquisición baixo e a súa instalación resulta simple, ao non necesitar de equipos auxiliares. A súa comercialización na UE está restrinxida pola súa baixa eficiencia.



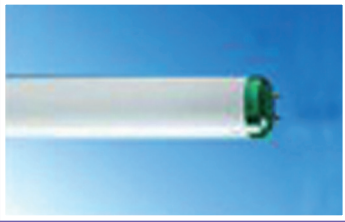
**Lámpada incandescente halóxena de tungsteno.** As lámpadas incandescentes halóxenas de tungsteno teñen un funcionamento similar ao das lámpadas incandescentes normais, coa particularidade de que o halóxeno incorporado na ampola axuda a conservar o filamento. Aumenta así a vida útil da lámpada, mellora a súa eficiencia luminosa, reduce tamaño, presenta maior temperatura de cor e pouca ou ningunha depreciación luminosa no tempo e mantén unha reprodución da cor excelente.



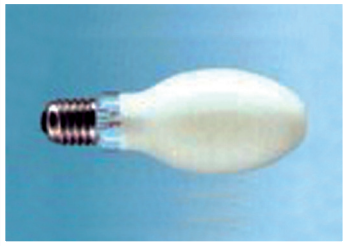
**Lámpada de sodio de baixa presión.** Existe unha gran similitude entre o traballo dunha lámpada de sodio de baixa presión e unha lámpada de mercurio de baixa presión. Porén mentres na última a luz se produce ao converter a radiación ultravioleta da descarga do mercurio en radiación visible, utilizando un po fluorescente na superficie interna, a radiación visible da lámpada de sodio de baixa presión prodúcese pola descarga de sodio. A lámpada producirá unha luz de cor amarelo xa que en case a totalidade do seu espectro predominan as frecuencias próximas ao amarelo. A reprodución de cor será a menos valorada de todos os tipos de luminaria. Pero a pesar disto é a lámpada de maior eficiencia luminosa e presenta unha longa vida.



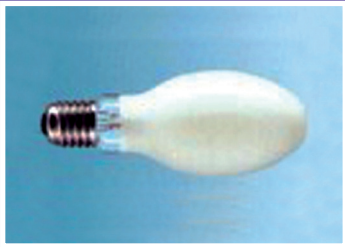
**Lámpada de sodio de alta presión.** A diferenza de presións do sodio no tubo de descarga é a principal e máis substancial variación con respecto ás lámpadas anteriores. O exceso de sodio no tubo de descarga, para dar condicións de vapor saturado ademais dun exceso de mercurio e xenon, fai que tanto a temperatura de cor como a reprodución da mesma melloren notablemente respecto ás anteriores, aínda que se manteñen vantaxes das lámpadas de sodio de baixa presión como son a eficacia enerxética elevada e a súa longa vida.



**Lámpada de mercurio de baixa presión.** A luz prodúcese predominantemente mediante pos fluorescentes activados pola enerxía ultravioleta da descarga. Teñen maior eficacia luminosa que as lámpadas incandescentes normais. Son lámpadas máis custosas de adquisición e de instalación, pero isto compénsase pola súa longa vida de funcionamento. A reprodución da cor é o seu punto débil, aínda que nos últimos anos se están a conseguir niveis aceptables. Caracterízanse tamén por unha tonalidade fría na cor da luz emitida.



**Lámpadas de mercurio de alta presión.** Nestas lámpadas a descarga prodúcese nun tubo de descarga que contén unha pequena cantidade de mercurio e una enchedura de gas inerte para asistir ao acendido. Unha parte da radiación da descarga ocorre na rexión visible do espectro como luz, pero unha parte tamén se emite na rexión ultravioleta. Ao cubrir a superficie interior da ampola exterior, cun po fluorescente que converte esta radiación ultravioleta en radiación visible, a lámpada ofrecerá unha maior iluminación que unha versión similar sen esta capa. Así aumenta a eficacia lumínica e mellora a calidade de cor da fonte e a reprodución da cor.



**Lámpadas mestura.** A lámpada mesturadora deriva da lámpada convencional de mercurio de alta presión. A diferenza principal entre estas dúas é que a última depende dun balastro externo para estabilizar a corrente da lámpada, e a lámpada mesturadora posúe un balastro incorporado en forma de filamento de tungsteno conectado en serie co tubo de descarga. A luz de descarga do mercurio e aquela do filamento caldeado combínanse, ou se mesturan, para lograr unha lámpada con características operativas totalmente diferentes a aquelas que posúen tanto unha lámpada de mercurio puro como unha incandescente. A principal vantaxe é que concentra os beneficios de ambos os dous tipos.



**Lámpada de haloxenuros metálicos.** As lámpadas de mercurio haloxenado son de construción similar ás de mercurio de alta presión. A diferenza principal entre estes dous tipos, é que o tubo de descarga da primeira contén unha cantidade de haluros metálicos ademais do mercurio. O vapor de haluros díscíase logo dentro da zona central quente do arco en halóxeno e en metal, co metal vaporizado irradia o seu espectro apropiado. Ata hai pouco estas lámpadas tiveron unha mala reputación ao ter unha cor inestable, prezos elevados e pouca vida. Hoxe melloraron ao aumentar a súa eficacia lumínica e tamén melloraron o índice de reprodución da cor, punto débil no resto de lámpadas de descarga.



**LED.** Os diodos emisores de luz (LED: Lighting Emitting Diode) están baseados en semicondutores que transforman directamente a corrente eléctrica en luz. Non posúen filamento, polo que teñen unha elevada vida (ata 50.000 horas) e son moi resistentes aos golpes. Ademais, son un 80 % máis eficientes que as lámpadas incandescentes. Por estas razóns están a empezar a substituír ás lámpadas incandescentes e ás lámpadas de baixo consumo nun gran número de aplicacións.



A táboa que se amosa a continuación recolle, de forma aproximada, os aforros que se conseguen coa substitución de determinadas lámpadas por outras máis eficientes:

Lámpada	Substitución	% Aforro enerxético
Vapor de mercurio	Vapor Sodio alta presión	45
Halóxena convencional	Vapor Sodio alta presión	78
Halóxena convencional	Haloxenuros metálicos	70
Halóxena convencional	Fluorescentes compactas	70
Incandescencia	Fluorescentes compactas	80

*Aforro enerxético co cambio de lámpadas*

## 8.3\_ EQUIPOS AUXILIARES

As lámpadas incandescentes, halóxenas (excepto as de baixa tensión) e de luz de mestura non precisan ningún equipo auxiliar para conectarse á rede eléctrica, pero as lámpadas de descarga requiren balastos e algunhas tamén arrancadores. A continuación resúmense brevemente os diferentes equipos auxiliares das lámpadas de descarga.

### - Lámpadas fluorescentes

Requiren un balastro electromagnético, un arrancador e un condensador ou ben un balastro electrónico que fai a función deses tres elementos.

### - Lámpadas de vapor de mercurio de alta presión

Requiren un balastro indutivo e un condensador para compensar o factor de potencia ou ben un balastro electrónico.

### - Lámpada de haloxenuros metálicos

Requiren un balastro electromagnético, un arrancador e un condensador ou ben un balastro electrónico.



### - Lámpadas de sodio de alta presión

Requiren un balastro electromagnético, un arrancador e un condensador ou ben un balastro electrónico.

A eficiencia enerxética dos balastros 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 balastros, sobre a potencia da lámpada, en función destes factores:

SELECCIÓN DE BALASTRO			
Tipo de lámpada	Tipo de balastro		
	Electromagnético estándar	Electromagnético 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%

*Comparación eficiencia distintos tipos de balastros*

A frecuencia á cal traballan normalmente as reactancias ou balastros electromagnéticos das lámpadas fluorescentes é igual á da rede eléctrica, é dicir, 50 Hz. Ao operar con este valor de frecuencia, o rendemento luminoso (fluxo luminoso/enerxía eléctrica consumida) é inferior ao que se obtería ao traballar cunha frecuencia máis elevada. Por outra parte, o balastro convencional consome unha determinada cantidade de enerxía e require un condensador de compensación para mellorar o factor de potencia do conxunto do sistema.

Se se alimenta unha lámpada fluorescente a frecuencias superiores a 10 kHz, obtense un incremento significativo na eficacia luminosa. Así mesmo, é conveniente traballar a un valor de frecuencia superior ao límite da audición humana, uns 20 kHz, e inferior aos 50 kHz, a partir do cal se incrementan apreciablemente as perdas no balastro, como tamén as posibilidades de provocar interferencias electromagnéticas.

Na práctica, os balastros electrónicos dispoñibles no mercado traballan a unha frecuencia da orde de 30 kHz.

Na seguinte táboa inclúense os custos (man de obra e IVE incluído) e o período de retorno do sobreinvestimento de diferente balastros respecto a un balastro electromagnético de baixas perdas para un funcionamento de 4000 horas/ano.



Equipo	Investimento adicional	Retorno
Balastro electrónico de baixas perdas (A2) para lámpada fluorescente	18 euros	2 anos
Balastro electrónico regulable (A1) para lámpada fluorescente	60 euros	4 anos
Balastro electrónico para lámpada de haloxenuros metálicos	100 euros	6 anos
Balastro electrónico para lámpada de vapor de sodio a alta presión	100 euros	6 anos

*Sobrecusto dos balastros electrónicos respecto a un electromagnético de baixas perdas*

A Directiva 2000/55/CE regula os requisitos de eficiencia enerxética dos balastros das lámpadas fluorescentes e clasifícaa nos sete niveis de eficiencia que se indican a continuación (de mellor a peor):

- A1, electrónicos regulables.
- A2, electrónicos de baixas perdas.
- A3, electrónicos estándar.
- B1, electromagnéticos de moi baixas perdas.
- B2, electromagnéticos de baixas perdas.
- C, electromagnéticos de perdas moderadas.
- D, electromagnéticos de altas perdas.

En xeral, recoméndase a utilización de balastros electrónicos de baixas perdas ou electrónicos regulables debido a que ofrecen as seguintes vantaxes en comparación cos electromagnéticos:

- Redución de consumo superior ao 25% respecto a un electromagnético de baixas perdas.
- Incremento da eficacia da lámpada (hai que instalar menos lámpadas para obter o mesmo nivel de iluminación).
- Incremento da vida da lámpada ata un 50%. Redución de custos de mantemento.

- Non se necesita cebador para o arranque da lámpada, o que implica outra redución de custos de mantemento.

- Non se necesita condensador para a corrección do factor de potencia, posto que a demanda de enerxía reactiva dos balastros electrónicos é desprezable respecto aos electromagnéticos.

- Eliminación do efecto estroboscópico (intermitencia da luz). Auméntase a calidade da luz da lámpada (redución de dores de cabeza e cansazo na vista debidos ao pestanexo producido polos balastros electromagnéticos).

- Aumento do confort xeral ao eliminar os rúidos producidos polos equipos.

- Nivel de iluminación constante, non afectado polas variacións de tensión ao longo do día.

- Incorporan protección contra sobretensións.

- Redución da carga térmica do edificio debido ao seu menor consumo.

- Desconexión automática de lámpadas defectuosas ou esgotadas.

- Posibilidade de conexión

a corrente continúa para iluminación de emerxencia.

Os balastros electrónicos con regulación ofrecen a maiores as seguintes vantaxes:

- Maior confort, ao permitir axustar o nivel de iluminación ás necesidades.

- Posibilidade de conectarse con sensores de luz e axustar automaticamente a intensidade da luz da lámpada en función da achega de luz natural, mantendo un nivel de luz constante.

- Redución do consumo de ata un 70% respecto a un sistema con balastros electromagnéticos.

- Nas lámpadas fluorescentes convén utilizar balastros electrónicos con precaldeamento (estes son imprescindibles naquelas que teñen tres ou máis acendidos ao día se non se quere reducir drasticamente a vida útil da lámpada).

### ***Factores externos que inflúen no funcionamento***

Os factores externos que máis inflúen no funcionamento da lámpada son a temperatura ambiente e a influencia do número de acendidos.

- As lámpadas de descarga son, en xeral, sensibles ás temperaturas exteriores. Dependendo das súas características de construción (tubo espido, ampola exterior...) vanse ver máis ou menos afectadas en diferente medida. As lámpadas a alta presión, por exemplo, son sensibles ás baixas temperaturas nas que teñen problemas de arranque. Pola contra, a temperatura de traballo estará limitada polas características térmicas dos compoñentes (200°C para o casco e entre 350° e 520°C para a ampola segundo o material e tipo de lámpada).

- A influencia do número de acendidos é moi importante para establecer a duración dunha lámpada de descarga xa que a deterioración da substancia emisora dos electrodos depende en gran medida deste factor.

## **8.4\_ MANTEMENTO**

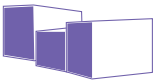
A perda máis importante do nivel de iluminación está causada pola sucidade da iluminaria no seu conxunto (lámpada + sistema óptico). É fundamental a limpeza dos compoñentes ópticos como reflectantes ou difusores; estes últimos, se son de plástico e están deteriorados, deberían de substituírse.

Segundo o CTE (Código Téc-

nico de Edificación) debe de procederse á limpeza xeral de iluminarias, como mínimo, dúas veces ao ano. Con esta periodicidade de limpeza recupérase un 20% da iluminaria das iluminarias. É importante ter en conta que a depreciación da iluminación despois de seis meses da limpeza da iluminaria é da orde do 30%, e ao cabo dun ano case do 40%.

O grao de iluminación dunha estancia depende tamén da cor elixida para pintar as paredes. En función da cor elixida reflectirase máis ou menos luz, o que fará que a cantidade de iluminancia varíe. Resulta conveniente pintar de cores claras as paredes interiores e teitos das distintas estancias co que se reducirá substancialmente o consumo de electricidade para conseguir os mesmos niveis de iluminación que se se pintan de cor escura ou se están sen pintar. Na elección da cor do chan e paredes onde incida directamente o Sol deberá de terse en conta o perigo de cegamento, escollendo consecuentemente unha cor cun factor de reflexión moderado.

A continuación expone



unha táboa comparativa dunha serie de cores e o seu índice de reflexión:

Porcentaxe de reflexión da luz en función da cor

Cor	Factor de reflexión
Branco	0,70 - 0,85
Gris claro	0,40 - 0,50
Gris escuro	0,10 - 0,20
Negro	0,03 - 0,07
Crema, amarelo claro	0,50 - 0,75
Marrón claro	0,30 - 0,40
Marrón escuro	0,10 - 0,20
Rosa	0,45 - 0,55
Vermello claro	0,30 - 0,50
Vermello escuro	0,10 - 0,20
Verde claro	0,45 - 0,65
Verde escuro	0,10 - 0,20
Azul claro	0,40 - 0,55
Azul escuro	0,05 - 0,15

Factores de reflexión recomendados

	Reflexión
Paredes	0,5 - 0,7
Teitos	0,7 - 0,8
Chans	0,15 - 0,20
Mobiliario e equipos	0,20 - 0,40
Cortinas	0,50 - 0,70

## 8.5 REGULACIÓN E CONTROL

Os sistemas de regulación e control apagan, acenden e regulan a luz segundo interruptores, detectores de movemento e presenza, células fotosensibles ou calendarios e horarios preestablecidos. Os sistemas automáticos con frecuencia permiten un mellor aproveitamento da enerxía consumida, reducindo os custos enerxéticos e de mantemento, ademais de dotar de flexibilidade ao sistema de iluminación. O aforro enerxético conseguido ao instalar este tipo de sistemas pode ser de ata un 70%.

O sistema de control máis sinxelo é o interruptor manual. O seu uso correcto, apagando a iluminación en períodos de ausencia de persoas, permite aforros significativos, máis aínda cando nunha mesma sala hai varias zonas controladas por interruptores distintos de forma que unha poida estar apagada aínda que outras estean acendidas. Non obstante, na maioría dos casos as persoas non son rigorosas cos criterios de acendido e apagado, sobre todo en zonas de uso común.

Existen interruptores temporizados que apagan a iluminación tras un tempo programa-

do e que son convenientes en lugares onde as persoas permanecen un tempo limitado.

Os detectores fotosensibles permiten acender, apagar ou regular o nivel de iluminación artificial en función da iluminación natural que exista en cada momento. Como non todas as zonas requiren o mesmo tratamento, é importante controlar as iluminarias de cada zona mediante circuitos independentes. Por exemplo, é interesante que as iluminarias que estean próximas ás ventás se poidan regular en función da luz natural de distinta forma que o resto das iluminarias dunha sala.

Os detectores de presenza ou movemento acenden a iluminación cando detectan movemento e mantéñeno durante un tempo programado. Son moi útiles para zonas de paso ou permanencia de persoas durante pouco tempo. Estes detectores pódense utilizar de maneira combinada con detectores fotosensibles, dando prioridade de funcionamento a un ou a outro segundo o interese en cada zona.

Se se quere acender a ilu-

minación nun horario definido é posible acender e apagar a iluminación automaticamente por control horario e facelo de maneira combinada cunha célula fotosensible para regular o nivel de iluminación artificial en función da iluminación natural.

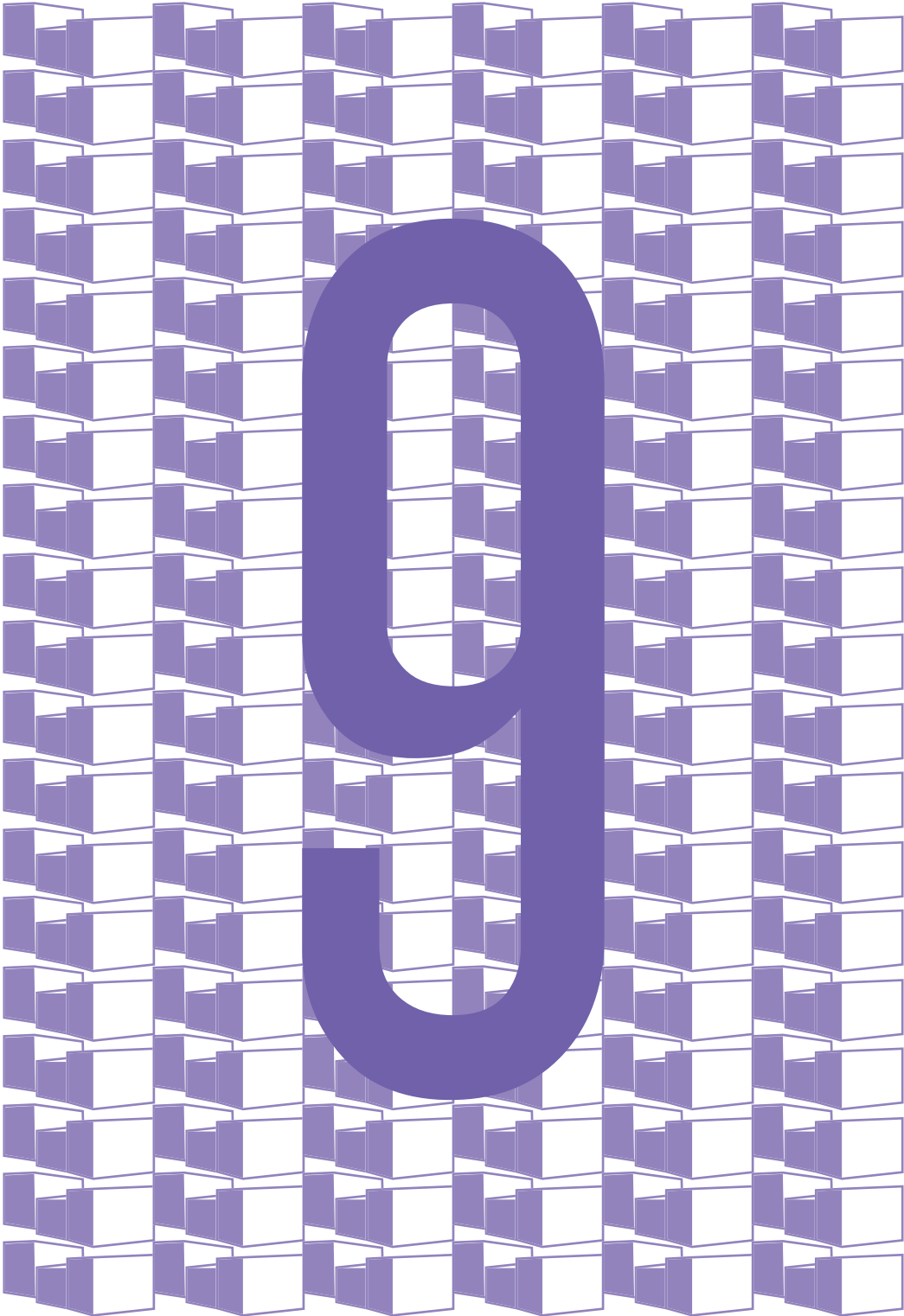
Na seguinte táboa inclúense, a modo de referencia, os custos de instalación e o período de retorno do investimento en sistemas de regulación e control da iluminación (*man de obra e IVE incluído*):

Equipo	Investimento adicional	Retorno*
Detector de presenza	30 euros	2 anos
Balastro electrónico regulable (A1) + fotocélula ( <i>regulación en función da intensidade de luz natural</i> )	65 euros	4 anos
Temporizador	20 euros	1 ano
Interruptor horario	90 euros	2 anos

\*Valores medios para un funcionamento de 4.000 horas/ano

*Investimento de distintos tipos de controles do acendido de iluminación*







# 9 SISTEMAS DE XESTIÓN ENERXÉTICA

## 9.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DUN SISTEMA DE XESTIÓN ENERXÉTICA

A maioría dos industriais poden coñecer o consumo global de enerxía das súas instalacións, para iso só é necesario que a contabilidade da empresa lles facilite as sumas totais dos principais puntos de consumo. Non obstante, este coñecemento global non é suficiente para saber se a enerxía está a ser ben administrada. É necesario coñecer os consumos de equipamentos similares e en situacións análogas para saber discernir se unha elevación do consumo se debe a variacións climatolóxicas propias da estación do ano ou a un mal funcionamento dalgún equipamento.

O obxectivo dun Sistema de Xestión Enerxética (SXE) é o control exhaustivo da enerxía na empresa a un custo razoable e, como consecuencia, a formulación de estratexias globais de redución de consumo.

Unha xestión eficaz dos recursos é un aspecto clave para incrementar a competitividade das empresas. Para conseguir este fin, débese adoptar unha sistemática de xestión que estableza unha estratexia para orientar os recursos técnicos e

humanos cara á consecución duns obxectivos determinados.

Para iso debe de definirse unha metodoloxía específica, un método de xestión que considera a enerxía como un recurso controlable e que, en consecuencia, pode contabilizarse, analizar as variacións que experimenta e reducir o consumo ata uns valores predeterminados. Trátase, en definitiva, dun proceso sistemático de control das variables que inflúen na adquisición, transformación e consumo de enerxía e que debe de estar integrado dentro da estrutura de xestión da empresa.

Un exame detallado da utilización da enerxía pode servir tamén de estímulo para aumentar a eficiencia xeral da instalación. O feito de que o consumo estea a ser controlado produce un efecto beneficioso na empresa e a miúdo motiva claras reducións deste.

Aínda que non se pode falar dun único modelo de SXE, xa que se deberá de adaptar á realidade de cada planta, si que se poden definir uns principios básicos de funcionamento, uns criterios de implantación comúns e unhas vantaxes.



En primeiro lugar, debe de terse en conta que o concepto de SXE se integra necesariamente dentro do proceso de xestión enerxética dunha empresa, o cal se estrutura en tres etapas básicas. A planificación, durante a cal se fixan uns obxectivos enerxéticos; o diagnóstico e control, que consiste en implantar unha sistemática permanente de recollida de datos; e a estratexia, da cal se deriva un programa de accións específico. É precisamente na etapa de diagnose e control onde un SXE é máis eficaz: ao dar soporte á recollida e análise dos datos que proveñen dos centros consumidores e transformadores de enerxía da empresa (información interior) e da conxuntura externa (información exterior). Coa análise destes datos, comparados cos obxectivos fixados previamente, elabóranse diagnósticos do funcionamento enerxético da planta que, trasladados á fase de planificación, permiten revisar os obxectivos e definir a estratexia máis conveniente para alcanzalos. Isto vaise traducir nun programa de accións, que poden incluír diferentes tipos de actuacións como campañas de sensibilización e formación, melloras operativas, melloras tecnolóxicas, etc.

En principio, a implantación dun SXE non require a realización de investimentos importantes senón unha reorganización dos servizos da planta e un compromiso dos técnicos e dos directivos. En calquera caso, só se deberá instalar, se é necesario, unha serie de contadores de enerxía e un sistema de transmisión e tratamento de datos.

Cómpre destacar que un SXE debe de combinar, ineludiblemente, a tecnoloxía e as técnicas de xestión. Así, os elementos tecnolóxicos que proporcionan a información non poderán substituír en ningún caso o labor de análise destes datos, que deberá de ser realizado por persoal cualificado. Aínda que a tecnoloxía pode chegar a un alto nivel de sofisticación, un SXE depende sempre da actividade humana e só esta interacción entre a tecnoloxía e a xestión pode garantir uns resultados efectivos de optimización enerxética.

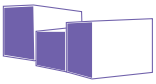
Nos seguintes apartados analizaranse os pasos necesarios para unha exitosa implantación do SXE, o que permitirá profundizar nos seus principios de funcionamento e as múltiples vantaxes asociadas á implantación do sistema.

## 9.2\_ CUSTO E VALOR ENGADIDO DUN SISTEMA DE XESTIÓN DA ENERXÍA

### Custo dun sistema de xestión enerxética

Aínda que debe de analizarse cada caso particular, o equipamento básico para implantar un SXE non require investimentos importantes. Como regra xeral pode afirmarse que, para realizar unha instalación que se poida recuperar facilmente cos aforros enerxéticos conseguidos, os custos do equipamento dun Centro de Consumo de Enerxía non deben de superar o 5% dos seus gastos enerxéticos anuais.

Existen, porén, outros factores que inciden no custo dun SXE como o tipo de fonte enerxética consumida ou a dispersión dos equipos consumidores. Así, por exemplo, os contadores de auga, vapor e aire comprimido son máis caros que os de enerxía eléctrica e, xeralmente, o período de retorno do investimento é máis longo.



Por outra parte, a existencia previa de contadores con condicións aceptables de fiabilidade tamén permite aforrar unha parte dos custos de instalación. Ademais, os datos enerxéticos proporcionados por estes contadores reducen considerablemente o tempo de implantación do sistema. En cambio, para rexistrar o consumo dos puntos que non dispoñan de contadores haberá que mercar ou alugar equipos portátiles. Finalmente, tamén se pode necesitar nalgunha das fases de implantación do sistema (auditoría, selección de contadores, deseño do software, etc.) a colaboración dunha empresa externa de asesoramento técnico.

O presuposto asignado ao mantemento do SXE debe de ser acorde aos beneficios alcanzados tanto no campo enerxético como na mellora da produtividade da empresa asociada a un maior coñecemento e control do proceso que se citan a continuación.

### Beneficios dun SXE

A aplicación correcta dun SXE permite obter unha serie de beneficios, derivados, principalmente, dun mellor coñecemento do uso

da enerxía nos procesos e por extensión do propio proceso. A continuación cítanse os principais:

- En primeiro lugar, proporciona unha redución de custos enerxéticos comprendidos entre un 2% e un 5%, mediante a aplicación de melloras na operación dos equipos que non requiren ningún tipo de investimento.

- En segundo lugar, permite identificar máis cuidadosamente as necesidades de mantemento e decidir as accións que se poden levar a cabo para mellorar o uso da enerxía, detectando os investimentos que poden ser máis rendibles e reducindo as paradas por indisponibilidade dos equipos.

- A mellora na instrumentación, comunicacións e tratamento de datos pode constituír un primeiro paso para a automatización de procesos.

- Canto máis frecuente sexa o control dos datos máis cantidade de información vai acumularse. A frecuencia de toma de datos non debería superar a súa capacidade de procesamento. Esta información pode ser moi útil no caso de reformas ou modificación dalgunha parte do proceso produtivo.

- Se a fábrica traballa continuamente por quendas, a lectura de contadores por quendas pode provocar unha certa com-

petición entre os traballadores que, en definitiva, favorecerá a redución destes datos. A incentivación económica aos traballadores, como unha promoción da empresa, pode implicar resultados sorprendentes.

- Permite unha maior uniformidade no método de traballo e facilita a formación a novos traballadores.

### Mellora de imaxe da empresa

Adicionalmente aos beneficios indicados, un Sistema de Xestión Enerxética pode mellorar a imaxe da empresa, tanto a nivel interno, ao percibir os empregados un tratamento racional dos recursos como sobre todo a nivel externo. En ocasións para acceder a certos mercados convén non só implantar un Sistema de Xestión Enerxética senón que este sexa auditado e verificado por organismos externos.

Neste sentido, desde febreiro de 2010 está dispoñible a versión oficial en español da norma europea EN 16001:2009 denominada UNE-EN 16001 "Sistemas de xestión enerxética" editada por AENOR. Esta norma baséase na metodoloxía coñecida como Planificar-Facer-Verificar-Actuar

(PHVA) cuxa finalidade última se pode englobar dentro do concepto de mellora continua.

Pola súa parte, a Norma ISO 50001 é unha normativa estándar internacional desenvolvida por ISO (Organización Internacional para a Estandarización), onde se establecen os requisitos para o establecemento dun sistema de xestión de enerxía. Esta normativa é de aplicación en todo tipo de empresas e organizacións, grandes ou pequenas tanto do ámbito público como privado, ben se dediquen á provisión de servizos ou á elaboración de produtos e equipos.

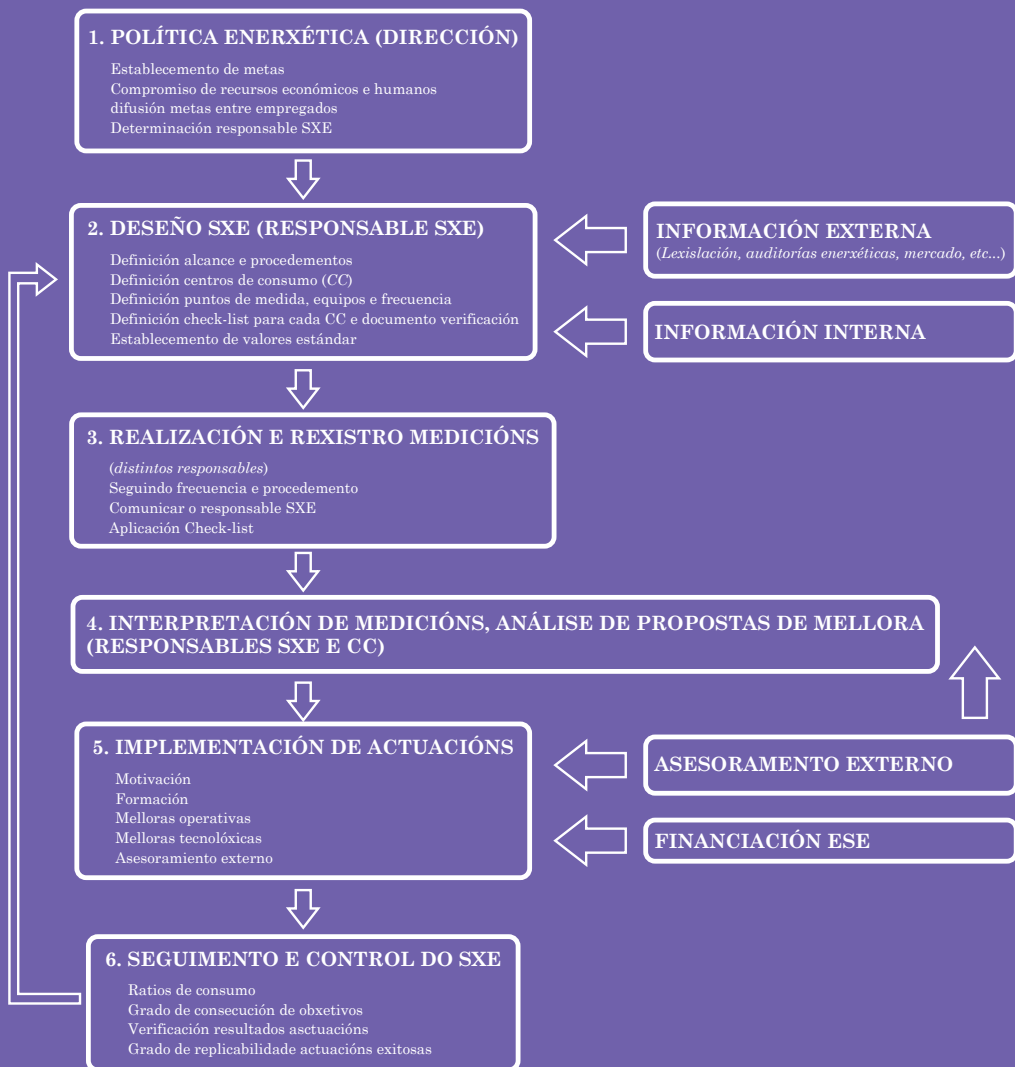
Dadas as sinerxías nos procedementos e en determinadas metodoloxías de toma e documentación de datos, con frecuencia unifícase nunha mesma persoa ou departamento a xestión da enerxía coa verificación da calidade dos produtos e a xestión medio ambiental (por exemplo cumprindo normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 50001).

## 9.3\_

### IMPLANTACIÓN DUN SISTEMA DE XESTIÓN DA ENERXÍA

Para implantar un SXE a planta divídese en Centros de Consumo de Enerxía, que corresponden aos principais puntos de consumo enerxético. Segundo as súas características ou a magnitude do consumo, estes centros poden ser desde un equipo específico ata unha sección ou departamento. En principio, os mellores resultados obtéñense seleccionando os centros que presentan o maior potencial de aforro enerxético. Polo que respecta ao alcance dun SXE, pódese formular unha implantación por etapas que, inicialmente, comprenda só unha parte da empresa e amplialo progresivamente ata cubrir a totalidade.

En cada un dos centros, o consumo enerxético e os datos de produción monitorízanse regularmente. Isto permite coñecer os consumos enerxéticos e comparalos cos consumos “estándar”, previamente definidos, que corresponden aos valores usuais de funcionamento. A comparación de ambos os dous valores permite identificar os períodos nos que os consumos son excesivos. Ante esta circunstancia, os responsables técnicos poden detectar cal é a área do proceso onde se produciu a desviación e introducir as oportunas correccións.



Así mesmo, periodicamente se elaboran informes sobre o seguimento dos consumos que facilitan a toma de decisións, a posta en marcha de actuacións e a definición duns valores de consumo “obxectivo” (establecidos en función dos consumos enerxéticos que se prevé alcanzar unha vez se implanten as melloras convidas). Por outra parte, a evolución do consumo real, comparada cos valores “obxectivo”, permite valorar os resultados das actuacións realizadas.

Tal e como sinalamos, a implantación dun SXE require unha actuación a dous niveis: o técnico, que ten como obxectivo o establecemento do sistema de información, e o de xestión, encargado de establecer a estrutura organizativa que analiza a información e propón as actuacións máis apropiadas. Estes dous niveis están estreitamente relacionados e deben de avanzar paralelamente durante todo o proceso de implantación.

## 9.3.1\_ Política enerxética e fixación de obxectivos

O primeiro paso para a implantación dun SXE é

o establecemento e fixación de obxectivos coherentes á política enerxética da empresa coa finalidade de canalizar e xuntar forzas en pro do aforro.

Nesta fase inicial é importante que a dirección transmita de forma inequívoca ao cadro de persoal a súa intención de “Mellorar a utilización da enerxía na empresa” e que se comprometa a dedicar recursos humanos e económicos a este fin.

Os obxectivos fixaranse tendo en conta a evolución dos consumos enerxéticos históricos e deberán de ser:

- Claros.
- Específicos.
- Medibles (cuantificables en custo e tempo).
- Razoables (establecendo prioridades para levalos a cabo).

Unha vez consolidado o SXE poderanse fixar metas de consumo cada vez máis esixentes, pero nesta primeira fase resulta conveniente establecer uns obxectivos realistas e alcanzables que motiven aos traballadores á súa consecución.

Nesta fase débese nomear o responsable do SXE.

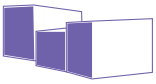
## 9.3.2\_ Deseño do sistema de xestión enerxética

Nesta etapa o responsable do SXE debe de coordinar o deseño do sistema de xestión enerxética, encamiñado a alcanzar os obxectivos fundamentais fixados na etapa anterior pola dirección. Neste deseño débese definir polo menos os seguintes puntos:

- Definición dos centros de consumo (CC).
- Definición das medicións que se van realizar, determinando a metodoloxía, a frecuencia, o seu rexistro e a forma de comunicación dos valores medidos.
- Definición de check-list para cada CC, establecendo a frecuencia de cada revisión e a metodoloxía para documentar e comunicar os resultados.

- Establecemento de valores estándar de referencia para parámetros relevantes.

O SXE debe de concibirse como algo dinámico que permita mellorar de forma continua aqueles aspectos que co uso se presenten de menor utilidade, así como adaptarse aos cambios



constantes que se producen na empresa e no seu contorno. Por iso, a definición dos puntos anteriores pódese completar de forma paralela á posta en marcha das seguintes etapas do SXE e ir mellorando a medida que se vai recompilando a información necesaria.

O punto de partida para o deseño é realizar unha análise enerxética exhaustiva da instalación, na que se identificarán:

- Áreas de consumo.
- Fontes de enerxía.
- Consumos anuais.
- Diagrama de distribución de enerxía na instalación.
- Balance de materia e enerxía das operacións e equipamentos principais.

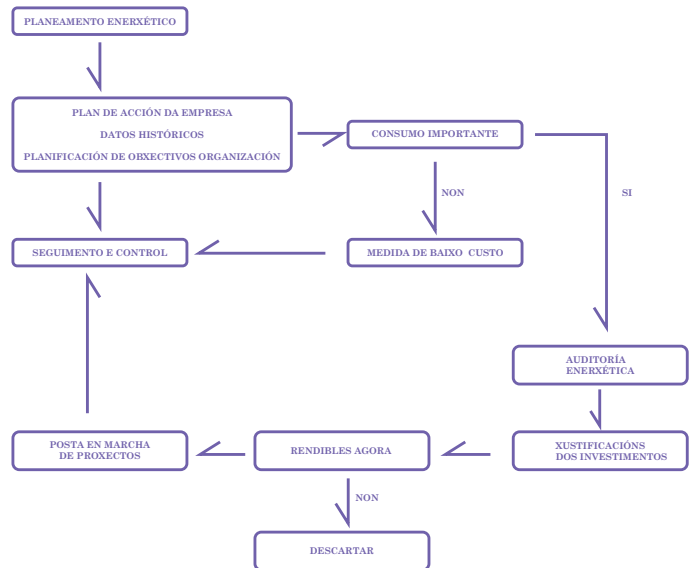
As actuacións nesta fase consisten en avaliar os consumos das diferentes áreas e os sistemas de medición existentes, e analizar a sistemática actual de xestión enerxética.

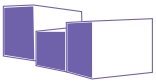
Partindo destes datos, identifícanse os Centros de Consumo de Enerxía e os novos equipos de medida a implantar e defínese un SXE que se adapte á estrutura de xestión actual.

A elaboración do plan, será o resultado do traballo e coordinación entre os diferentes departamentos de fabricación implicados. Polo tanto, deberá de facerse por departamentos cunha participación activa do persoal que despois terá que intervir nisto. Non obstante, os traballos serán coordinados polo responsable do SXE.

Convén indicar que non é recomendable empezar cun sistema de recollida de información moi sofisticado. En ocasións, a maior parte da demanda de enerxía concéntrase nuns poucos puntos de consumo e pódese empezar instalando un SXE que alcance só estes puntos. Isto permitirá obter aforros cun investimento máis reducido e crear confianza nos beneficios do sistema.

Nesta fase de posta en marcha pode ser conveniente a realización dunha auditoría enerxética que proporcione a información básica para a posta en marcha do sistema de xestión.





A norma UNE 216501:2009-Auditorías Energéticas, define as auditorías enerxéticas como:

*“ Proceso sistemático, independente e documentado para a obtención de evidencias e a súa avaliación obxectiva nunha organización ou parte dela, co obxectivo de:*

- *Obter un coñecemento fiable do consumo enerxético e o seu custo asociado.*
- *Identificar e caracterizar os factores que afectan ao consumo de enerxía.*
- *Detectar e avaliar as distintas oportunidades de aforro, mellora da eficiencia e diversificación da enerxía e a súa repercusión no custo enerxético e de mantemento, así como outros beneficios e custos asociados”.*

Polo tanto, as auditorías enerxéticas son ferramentas que lles permiten ás organizacións coñecer a súa situación respecto ao seu uso da enerxía e requiren dun método sistemático e normalizado para realizarlas, que permita facer comparables os resultados obtidos nas diferentes empresas analizadas, con independencia do sector ou do país no que estea situada.

As auditorías enerxéticas tamén serven para detectar as operacións, dentro dos procesos, que poden contribuír ao aforro e eficiencia da enerxía primaria consumida, así como para optimizar a demanda enerxética da instalación incluíndo, se é o caso, a decisión de cambiar o combustible empregado nas diferentes operacións e/ou procesos.

### 9.3.3\_

## Realización de medicións e check-list

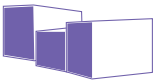
Unha vez determinado o plan de medicións e instalados os equipos de medida, comeza a recollida dos datos necesarios para calcular os valores estándar e os valores obxectivos. Paralelamente se establece o procedemento rexistro e circulación da información xerada polo SXE no interior da empresa, definindo os datos necesarios para a toma de decisións, a frecuencia en que hai que elaborar os informes e os criterios para presentar toda a información.

Ao mesmo tempo, a medida que se van xerando listaxes de revisión (check-list) específicas para cada Centro de Consumo comezarán a aplicarse coa frecuencia previamente establecida. Na maioría das empresas xa existen estes tipos de listaxe polo que o responsable do SXE se limitará á súa recopilación e a indagar se requiren ser actualizados, ao mesmo tempo valorarase se a información contida na actas de revisión presenta sinerxías con outras actuacións da empresa. Un programa continuado de mantemento preventivo é esencial para un efectivo esforzo de aforro enerxético e require uns procedementos sistemáticos e un equipamento humano dotado do instrumental apropiado.

Cos datos obtidos no estudo anterior deseñarase un criterio de repartición de consumos enerxéticos directos e indirectos por liñas de produción, coa finalidade de sentar unha base razoable de partida que sirva posteriormente de comparación e referencia para avaliar as futuras accións que se tomen. Defínense ratios comparativas de fácil cálculo.

Neste apartado convén resaltar a importancia de contar cun certo número de instrumentos, portátiles ou fixos, que permitan medir os consumos enerxéticos. A continuación indícanse algúns dos máis recomendables para as empresas do sector do granito:





### Fixos:

- Contadores eléctricos: existe unha ampla gama de equipos desde os máis sinxelos e económicos que só permiten medir o consumo na zona de medición, a aqueles que poden medir unha gran variedade de parámetros eléctricos.

- Contadores de gasóleo: permiten levar un control efectivo do consumo de gasóleo dos distintos equipos.

- Termómetros: entre outros usos utilízanse para programar alarmas de seguridade cando a temperatura nun determinado equipo alcanza valores anómalos.

- Manómetros: necesarios para medir a presión en determinados puntos do circuíto de aire comprimido e noutros equipos.

- Opacímetro ou analizador de gases para motores de combustión: miden a proporción de non queimados nos gases de combustión, o que permite detectar con anticipación un funcionamento inadecuado do equipo e polo tanto previr danos maiores.

to permiten medir a potencia eléctrica demanda no lugar de medición.

- Analizador de redes eléctricas: permiten medir unha gran cantidade de parámetros eléctricos no punto de medición.

- Detector ultrasónico de fugas: este equipo facilita a detección de fugas nas instalacións de aire comprimido.

- Cámara termográfica: funcionan igual que unha cámara fotográfica e obtense como resultado un mapa de temperaturas da imaxe focalizada. Resulta de grande interese para detectar puntos quentes nos circuitos eléctricos e na maquinaria.

- Luxómetros: un luxómetro permite valorar se os niveis de iluminación nun determinado lugar son acordes aos recomendados para a tarefa que se deba de realizar. O seu custo é moi reducido e a súa utilización sinxela.



*Luxómetro para a medición do nivel de iluminación*



*Detector de fugas por ultrasóns*



*Cámara termográfica*



*Analizador de redes eléctricas coas correspondentes pinzas*



*Analizador de gases de combustión*

### Portátiles:

- Vatímetros: estes equipos de reducido cus-



### 9.3.4\_

## Interpretación de medicións e análise das posibles melloras

A partir de todos os datos recollidos elabórase unha listaxe de posibilidades de aforro ordenado segundo o seu interese relativo. Para iso, o responsable do SXE poderá acudir a asesoramento externo naqueles aspectos nos que a empresa non dispoña de medios humanos con coñecementos específicos ou incluso para pedir unha segunda opinión.

Debe de sinalarse que, aínda que se realízase unha correcta implantación do SXE, existe toda unha serie de factores críticos que poden comprometer os seus resultados. Un dos máis importantes é o apoio de todo o equipo directivo da planta, tanto técnico como administrativo e, sobre todo, ter un responsable do SXE convencido dos beneficios que supón o sistema e con capacidade para motivar ao resto do persoal. Tamén é fundamental que tanto os labores de recollida de información como os de elaboración de informes teñan asignado un técni-

co responsable en cada Centro de Consumo de Enerxía e, por outra parte, que se establezan con claridade os procedementos e a periodicidade de lectura dos contadores.

### 9.3.5\_

## Implementación de actuacións

Unha vez identificadas, a dirección encargárase de dar a prioridade correspondente a cada unha das diferentes posibilidades de aforro. É recomendable dar difusión das medidas que se implemen para fomentar a consolidación do SXE. Aínda que a responsabilidade de execución de certos traballos esta confiada a outras persoas, o responsable enerxético debe de estar informado dos avances conseguidos.

Á hora de acometer aquelas medidas de aforro que supoñan un importante investimento pode resultar unha opción interesante para a empresa colaborar cunha Empresa de Servizos Enerxéticos (ESE) que asuma unha parte do risco do investimento. En próximos apartados tratarase con maior detalle en que consiste unha ESE e cales son os esquemas de contratación máis habituais.

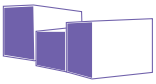
### 9.3.6\_

## Seguimento e control do Sistema de Xestión Enerxética

Os resultados obtidos deben de ser confrontados coas previsións. Os desvíos existentes deberán de ser analizados e facer as revisións oportunas. É conveniente a realización periódica de auditorías internas coa participación de todos os departamentos vinculados, o que permitirá localizar e valorar as perdas, o consumo específico das operacións e as enerxías residuais.

Non se debe de esquecer que un programa de aforro de enerxía só será positivo se mantén o interese participativo do persoal da empresa. Se os empregados participan e colaboran na xestión e seguimento do sistema este será máis realista. Para manter o interese de todo o persoal poden incluírse os seguintes puntos entre as actividades que desenvolva o responsable do SXE:

- Organizar regularmente charlas a persoal seleccionado.
- Convidar a membros de todos os departamentos pa-



ra facilitar a comunicación entre o responsable e o persoal de planta.

- Solicitar suxestións de aforro.

- Calcular o consumo enerxético por unidade de produción e, unha vez determinados os niveis que se queren conseguir, recomendar periodicamente niveis de consumo menores.

- Participar en seminarios de aforro fóra da compañía.

- Valorar a posibilidade de contratación de asesoramento externo en situacións específicas.

- Facilitar a cada empregado unha listaxe de medidas de aforro en función das características do seu traballo.

- Publicar información relativa ao aforro enerxético e informar periodicamente o persoal dos resultados obtidos.

A continuación preséntase un modelo de “listaxe” para divulgar entre os empregados:

*1. Apagar os equipos durante as paradas prolongadas.*

*2. Apagar as luces innecesarias*

*3. Sinalar as fugas de aire comprimido que detecte*

*4. Manter as portas e ventás pechadas cando funcione a calefacción ou climatización.*

*5. Anote diariamente as incidencias na utilización dos equipos ao tempo que descansa do traballo rutineiro.*

*6. Avise o servizo técnico se detecta anomalías no funcionamento dos equipos.*

*7. Conduza con anticipación, procurando minimizar as revolucións e tratando de aproveitar as inercias.*

*8. Revise con frecuencia o estado dos pneumáticos.*

*9. Encha o tanque de combustible ao final do día para evitar condensacións durante a noite.*

*10. Procure evitar a entrada de po mentres reposta combustible.*

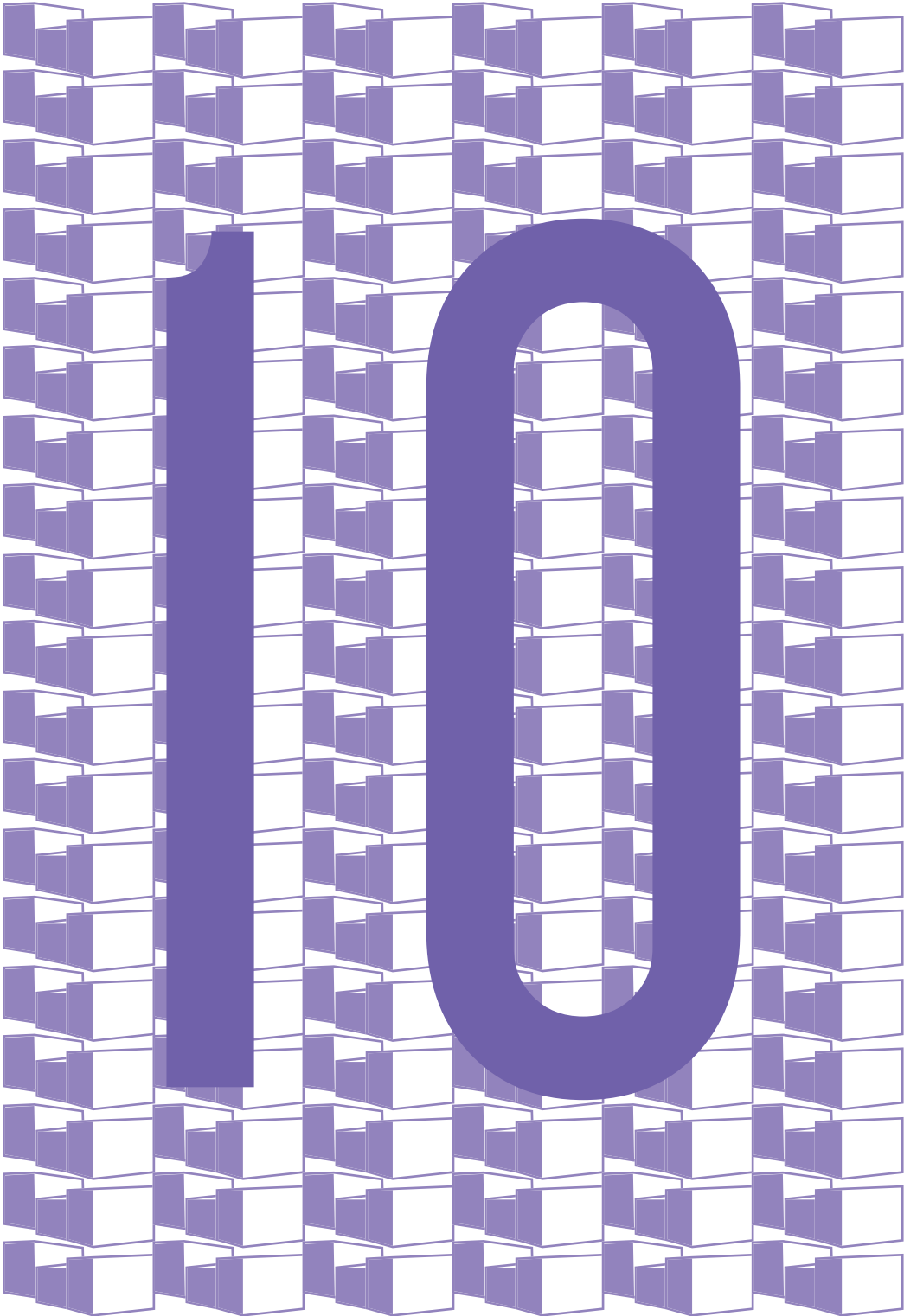
*11. Evite no posible o traballo en ambientes con po excesivo.*

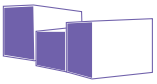
*12. No caso de que o ambiente sexa excepcionalmente purulento revise ou faga revisar os filtros con maior frecuencia da habitual.*

*13. Suxira a mellora dos viais naqueles puntos cuxa deterioración dificulte a conducción.*

*14. Comunique ao responsable do SXE calquera suxestión para*

*o aforro enerxético que considere oportuna.*





## 10\_ OUTRAS POSIBILIDADES DE AFORRO ENERXÉTICO

### 10.1\_ CONTRATACIÓN DE EMPRESAS DE SERVICIOS ENERXÉTICOS

A Directiva 2006/32/CE, sobre a eficiencia do uso final da enerxía e os servizos enerxéticos, establece no artigo dedicado ás definicións o seguinte:

• **Empresa de Servizos Enerxéticos (ESE):** unha persoa física ou xurídica que proporciona servizos enerxéticos ou de mellora da eficiencia enerxética nas instalacións ou locais dun usuario e afronta certo grao de risco económico ao facelo. O pagamento dos servizos prestados basearase (en parte ou totalmente) na obtención de melloras da eficiencia enerxética e no cumprimento dos demais requisitos de rendemento convidados.

• **Contrato de rendemento enerxético:** o acordo contractual entre o beneficiario e o proveedor (normalmente unha ESE) dunha medida de mellora da eficiencia enerxética, cando os investimentos nesta medida se abonen respecto dun nivel de mellora da eficiencia enerxética convidado por contrato.

Nestas dúas definicións a Directiva 2006/32/CE establece, por un lado, uns novos axentes para participar no mercado, que son as ESE, e polo outro, unha nova modalidade de contratación, que é o contrato de rendemento enerxético.

Aínda que existen outros modelos de contrato cómpre destacar a modalidade “Contrato de rendemento enerxético” (EPC, Energy Performance Contract), mediante o cal a ESE e o cliente realizan un acordo contractual para a implantación de medidas de mellora da eficiencia enerxética, cando os investimentos nestas medidas se recuperan mediante os aforros esperados polo nivel de mellora da eficiencia enerxética convidado por contrato. O pagamento dos servizos prestados basearase (en parte ou totalmente) na obtención de melloras da eficiencia enerxética e no cumprimento dos demais requisitos de rendemento convidados.

En definitiva, baixo un EPC, a ESE examina a instalación, avalía o nivel de aforros enerxéticos que poderían ser conseguidos e ofrece a implementación do proxecto garantindo eses aforros durante o prazo convido.

Predominan dúas tipoloxías de contrato: o contrato de aforros compartidos e o contrato de aforros garantidos.

## 10.1.1\_

### Aforros compartidos

- A ESE garante un aforro enerxético. O cliente e ESE reparten unha porcentaxe predeterminada dos aforros do custo da enerxía.

- Xeralmente hai un pagamento fixo que se corresponde coa amortización do investimento e un pagamento variable en función dos aforros obtidos (aforros compartidos).

- A ESE asume o risco de rendemento e o risco de crédito.

- O financiamento do proxecto queda fóra do balance do cliente.

- O equipo é “propiedade” da ESE durante a duración do contrato (a propiedade

é transferida normalmente ao propietario ao final do contrato), aínda que ás veces se recorre a outras figuras (leasing, renting).

- Os maiores riscos para o banco (desvinculación do cliente, incerteza acerca dos prezos de enerxía, etc.) provocan que o custo dos cartos sexa maior.

- A menos que se establezan garantías especiais, os clientes están máis expostos aos sobrecostos se os prezos da enerxía aumentan ou os aforros diminúen.

## 10.1.2\_

### Aforros garantidos

- A ESE garante a cantidade de enerxía aforrada, en tanto a operación se mantéña de forma similar ao período precedente á implantación do proxecto.

- Garántese un valor mínimo de enerxía aforrada para cumprir coas obrigacións de devolución do servizo da débeda.

- No caso de confirmarse que os aforros reais están por debaixo dos garantidos, a ESE débelle de pagar ao cliente a diferenza.

- O cliente asume o risco de crédito.

- O cliente soporta o risco global da financiación e transmite á ESE, mediante o EPC, o risco

de obtención dos aforros esperados.

- Modelo dominante en Norteamérica (90% dos EPC).

## 10.1.3\_

### Aspectos clave do EPC

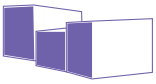
Cómpre destacar dous aspectos clave do contrato EPC ambos relacionados co cálculo do nivel de aforro:

- **Garantía de aforros:** é o centro ou obxecto do contrato, que cumpre un dobre propósito:

É un medio de garantir unha redución no consumo de enerxía nun sitio dado, subministrando aforros de custos ao cliente.

Dado que os aforros de enerxía se garanten, é unha forma de financiar unha reforma das instalacións co cash-flow extra xerado.

O contrato deberá de establecer a metodoloxía para medir os aforros garantidos polo contratista e, no seu caso, o sistema de penalizacións por incumprimento da garantía do aforro establecida no contrato, así como a repartición de resultados adicionais no caso de conseguir aforros superiores aos garantidos.



- **Axuste da liña base:** a liña de base de consumo debe de ser axustada e actualizada para reflectir os cambios producidos no contorno con influencia nos consumos enerxéticos. Hai que calcular a liña de base para o período a partir da implantación da medida, é dicir, o consumo de enerxía que sería medido no período de rendemento se a medida de eficiencia enerxética non fose implantada.

**AFORRO DE ENERXÍA** = enerxía de referencia (*liña base*) - Enerxía período de rendemento (*período demostrativo de aforro*) ± axustes

## 10.1.4\_

### Medida e verificación (M&V)

Dado que o pagamento dos servizos se basea nos aforros de enerxía conseguidos, resulta fundamental a medida e verificación dos aforros como proba da eficiencia conseguida. A M&V é un proceso que consiste en utilizar a medida para establecer de forma fiable o aforro real xerado nunha instalación dentro dun programa de xestión da enerxía. O aforro non se pode medir de forma directa posto que representa a ausencia do consumo de enerxía ten que determinarse comparando o consumo antes e despois da implantación dun proxecto de eficiencia enerxética, á vez que se

realizan os axustes oportunos segundo a variación das condicións iniciais.

## 10.2\_

### AUTOMATISMOS DE CONTROL DA SUPERFICIE TRATADA

Na auditoría enerxética realizada a unha industria transformadora de granito observouse que no proceso de flamexado levado a cabo as bandas son cargadas na liña de proceso e entran na flamexadora segundo saíron dos cortabloques.

Os extremos das bandas segundo saen dos cortabloques presentan irregularidades de tal maneira que hai unha parte da superficie das bandas que non é aproveitable, porén a banda enteira flaméxase e con posterioridade córtase e nese momento

desbótanse estas zonas con irregularidades.

Mediante un automatismo podería lograrse que, en función das dimensións da banda e do tamaño do produto final desexado, se regule a área que recibirá o tratamento térmico de tal maneira que se lograría reducir o consumo de propano neste proceso ao evitar aplicar o tratamento superficial ás mermas de material.

Nun proceso de produción de baldosas, no que a partir dunha banda se obtiñan seis baldosas de 60 cm, mediuse que aproximadamente uns 25 cm da lonxitude total da banda se flamexaban pero non eran aproveitados, o que supón un 8% da superficie total.

Coa instalación do automatismo citado lograríase un

aforro del 6% do propano que se consome na flamexadora.

O aumento da automatización nas operacións de acabado permite a consecución de importantes aforros enerxéticos.

## 10.3\_ EFICIENCIA ENERXÉTICA NOS TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS

Os transformadores teñen principalmente dous tipos de perdas. As perdas en baleiro (debidias ás perdas no ferro) e as perdas en carga (consecuencia do bobinado de cobre).

As perdas en baleiro son fixas mentres as perdas en carga son proporcionais ao cadrado da intensidade da corrente que se consome.

Para unha selección adecuada dos transformadores desde o punto de vista enerxético deben de terse en conta os seguintes factores:

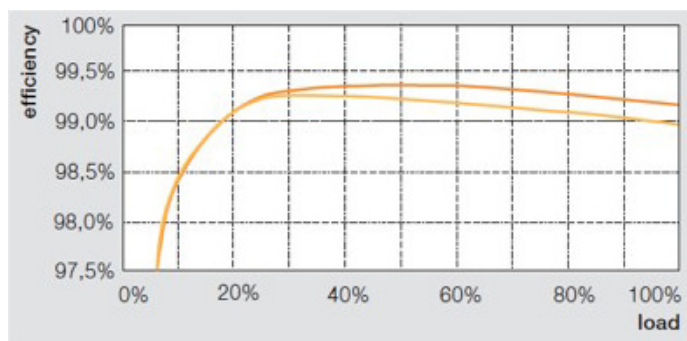
- Clasificación enerxética do transformador. No seguinte apartado descríbese o sistema de clasificación.

- Dimensionado adecuado:

- O rendemento enerxético óptimo sitúase entre o 25 e 60 % da carga. No seguinte gráfico represéntase unha curva típica de rendemento enerxético dun transformador.

- Os transformadores de maior tamaño presentan maior eficiencia. Desde o punto de vista da eficiencia enerxética é mellor instalar un transformador grande que dous pequenos na mesma central de transformación. Por exemplo un trafo de 800 KVA terá unhas perdas da orde dun 20 % inferiores que dous de 400, a mesma porcentaxe de mellora presenta un de 1.250 KVA fronte a dous de 630.

- Debe de evitarse na medida do posible un factor de carga inferior ao 20 % xa que nesta situación as perdas fixas supoñen unha porcentaxe moi elevada do consumo, deste xeito dispárase o porcentaxe de perdas no transformador por riba do 3 % do consumo.

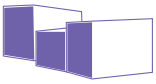


Curvas típicas de rendemento de transformadores en función do nivel de carga

Actualmente se comezan a prodigar os chamados transformadores secos, polo que a continuación se comparan brevemente cos convencionais de baño de aceite e expóñense as vantaxes de cada un deles. Como se pode observar, a conveniencia da elección dependerá da localización concreta e das dificultades de acceso.

### Vantaxes dos transformadores en baño de aceite

- Menor custo unitario.



- Menor nivel de ruído.
- Menores perdas en baleiro. En carga presentan mellores rendementos ata potencias de 800 kVA e peores rendementos para potencias maiores.
- Mellor control de funcionamento.
- Bo funcionamento en atmosferas contaminadas.
- Maior resistencia a sobretensións e sobrecargas prolongadas.

**Vantaxes dos transformadores secos**

- Menor custo da instalación auxiliar ao non necesitar depósito colector na obra civil.
- Moito menor risco de incendio. Os materiais utilizados na súa construción son autoextinguibles e non producen gases tóxicos ou venenosos.
- Menor mantemento, xa que non requiren controles periódicos do aceite para medir a súa rixidez dieléctrica e grao de acidez. Co conseguinte aforro de enerxía nos desprazamentos asociados.

## 10.3.1. Clasificación eficiencia enerxética transformadores

Actualmente a norma UNE EN 50464 clasifica os transformadores mediante dúas letras:

- A primeira fai referencia ás súas perdas en carga e cualifícaos desde o  $D_k$  ao  $A_k$ , sendo os máis eficientes as  $A_k$ .
- A segunda refírese ás perdas en baleiro e clasifica os transformadores desde o  $E_0$  ao  $A_0$ , sendo os máis eficientes os  $A_0$ .

Cada vez máis as compañías eléctricas esixen transformadores con menores perdas para mellorar a eficiencia enerxética das instalacións de media tensión.

Con anterioridade a esta clasificación a norma UNE 21428 facía unha clasificación equivalente con letras do A ao D para as perdas de carga e do A' ao C' para as perdas en baleiro. No seguinte cadro amósase a equivalencia da clasificación antiga fronte á nova e o nivel de perdas de cada clasificación para as potencias máis habituais de transformadores trifásicos de 24 kV. Deste modo, os transformadores que ata agora se viñan utilizando, os tipos AB' e os de baixas perdas CC', pasarán a definirse como  $C_kD_0$  e  $B_kC_0$  respectivamente.

**SERIE 24 kV**

**UNE EN 50464**

P O T E N C I A	Pérdidas en carga			
	$D_k$	$C_k$	$B_k$	$A_k$
	B	A	C	D
	(kVA)	(W)	(W)	(W)
50	1.350	1.100	875	750
100	2.150	1.750	1.475	1.250
160	3.100	2.350	2.000	1.700
250	4.200	3.250	2.750	2.350
400	6.000	4.600	3.850	3.250
630	8.400	6.500	5.400	4.600
630	8.700	6.750	5.600	4.800
800	10.500	8.400	7.000	6.000
1.000	13.000	10.500	9.500	7.600

+ Pérdidas -

Pérdidas en vacío									
$E_0$		$D_0$		$C_0$		$B_0$		$A_0$	
A'		B'		C'		Aprox. C' 10%		Aprox. C' 20%	
(W)	ΔC%	(W)	ΔC%	(W)	ΔC%	(W)	ΔC%	(W)	ΔC%
190	55	145	50	125	47	110	42	90	39
320	59	260	54	210	49	180	44	145	41
460	62	375	57	300	52	260	47	210	44
650	65	530	60	425	55	360	50	300	47
930	68	750	63	610	58	520	53	430	50
1.300	70	1.030	65	860	60	730	55	600	52
1.200	70	940	65	800	60	680	55	560	52
1.400	71	1.150	66	930	61	800	56	650	53
1.700	73	1.400	68	1.100	63	940	58	770	55

+ Pérdidas -



**EXEMPLO:**

A modo de exemplo, a continuación expónse o aforro económico que supón a instalación dun transformador de 1.000 kVA clasificado AkA0 fronte a un EoDk:

1.000 kVA	E <sub>o</sub> D <sub>k</sub>	1.000 kVA	A <sub>k</sub> A <sub>o</sub>
P <sub>o</sub> (W)	1.700	P <sub>o</sub> (W)	770
P <sub>k</sub> (W)	13.000	P <sub>k</sub> (W)	7.600
kWh (anuais)	43.492		23.465
Prezo kWh	0,141		0,141
Custo perdas (€)	6.132		3.308

Para un uso normal o transformador A<sub>k</sub>A<sub>o</sub> consumirá uns 20.000 kWh menos ao ano, o que supón un aforro económico duns 2.800 €/ano.

## 10.3.2\_

### Importancia da corrección do factor de potencia

Para mellorar o rendemento dun centro de transformador é de vital importancia unha correcta compensación do consumo de enerxía reactiva xa que esta aumenta as cargas e provoca maiores perdas e nalgúns dos casos sobrecargas.

O impacto da enerxía reactiva explicarase a partir do seguinte exemplo ilustrativo.

**EXEMPLO::**

Supoñamos un centro de transformación trifásico de 1.000 KVAs ao que se lle demanda unha potencia activa de 800 kW cun Cos φ de 0,8 (situación 1) e compararemos os resultados cos que se daría se se compensa o Cos φ a 0,98 (situación 2).

**a) Cálculo do nivel de carga**

En primeiro lugar, procedemos a calcular o valor real da potencia aparente requirida do transformador mediante a seguinte fórmula:

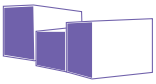
$$S = P / \text{Cos } \varphi$$

Onde:

S = potencia aparente.

P = potencia activa.

Daquela



$$S1 = 1.000 \text{ KVA.}$$

$$S2 = 816 \text{ KVA.}$$

Como se pode observar na Situación 1 o transformador está ao 100 % da súa carga, próximo á sobrecarga, o que implica ademais dun desgaste e acurtamento da vida útil do transformador, unha maior intensidade que circula pola instalación, co correspondente incremento na facturación eléctrica e deterioración dos condutores eléctricos por efecto Joule. Na Situación 2 o transformador traballaría ao 81,6 % da súa capacidade, unha situación máis eficiente e con marxe para aumentar a demanda en momentos puntuais.

### **b) Cálculo do tamaño da batería de condensadores**

A continuación calcúlase o tamaño da batería de condensadores necesaria para pasar da Situación 1 á Situación 2. Para iso utilízase a seguinte fórmula:

$$Qc = P \times (\tan \varphi 1 - \tan \varphi 2)$$

Onde:

$Qc$  = potencia da batería de condensadores.

$P$  = potencia activa.

$\tan \varphi$  = tanxente de  $\varphi$ , onde  $\varphi$  se calcula aplicando o arcocoseno de  $\cos \varphi$ , para este caso resulta ( $\varphi 1 = 36,87^\circ$  e  $\varphi 2 = 11,48^\circ$ ).

Daquela

$$Qc = 438 \text{ KVAR.}$$

### **c) Cálculo da redución de perdas por efecto Joule**

A intensidade que circula polo transformador pódese calcular coa seguinte fórmula:

$$I = P / (1,73 \times U \times \cos \varphi)$$

Onde:

$I$  = intensidade eléctrica.

$P$  = potencia activa.

$U$  = Voltaxe trifásica.

Deste modo, obtemos:

$$I1 = 1.443 \text{ A.}$$

$$I2 = 1.178 \text{ A.}$$

Polo que a corrente en circulación se reduce un 18 % e como as perdas por Efecto Joule son proporcionais ao cadrado da intensidade as perdas vanse reducir un 33 % tal e como se pode calcular coa seguinte fórmula:

$$\text{Porcentaxe de redución de perdas} = (I2^2 / I1^2 - 1) \times 100 = 33 \%$$

## 10.4\_ AUMENTO DO NÚMERO DE BLOQUES TRANSPORTADOS POR CAMIÓN

A actividade de transporte dos bloques de tamaño comercial desde a canteira ao punto solicitado polo cliente está habitualmente subcontratada, e é un provedor de transporte externo quen realiza esta actividade. Esta operación lévase a cabo transportando un só bloque por camión, debido á lexislación vixente na actualidade (punto 2 do artigo 14 do Regulamento Xeral de Vehículos, concepto de carga indivisible).

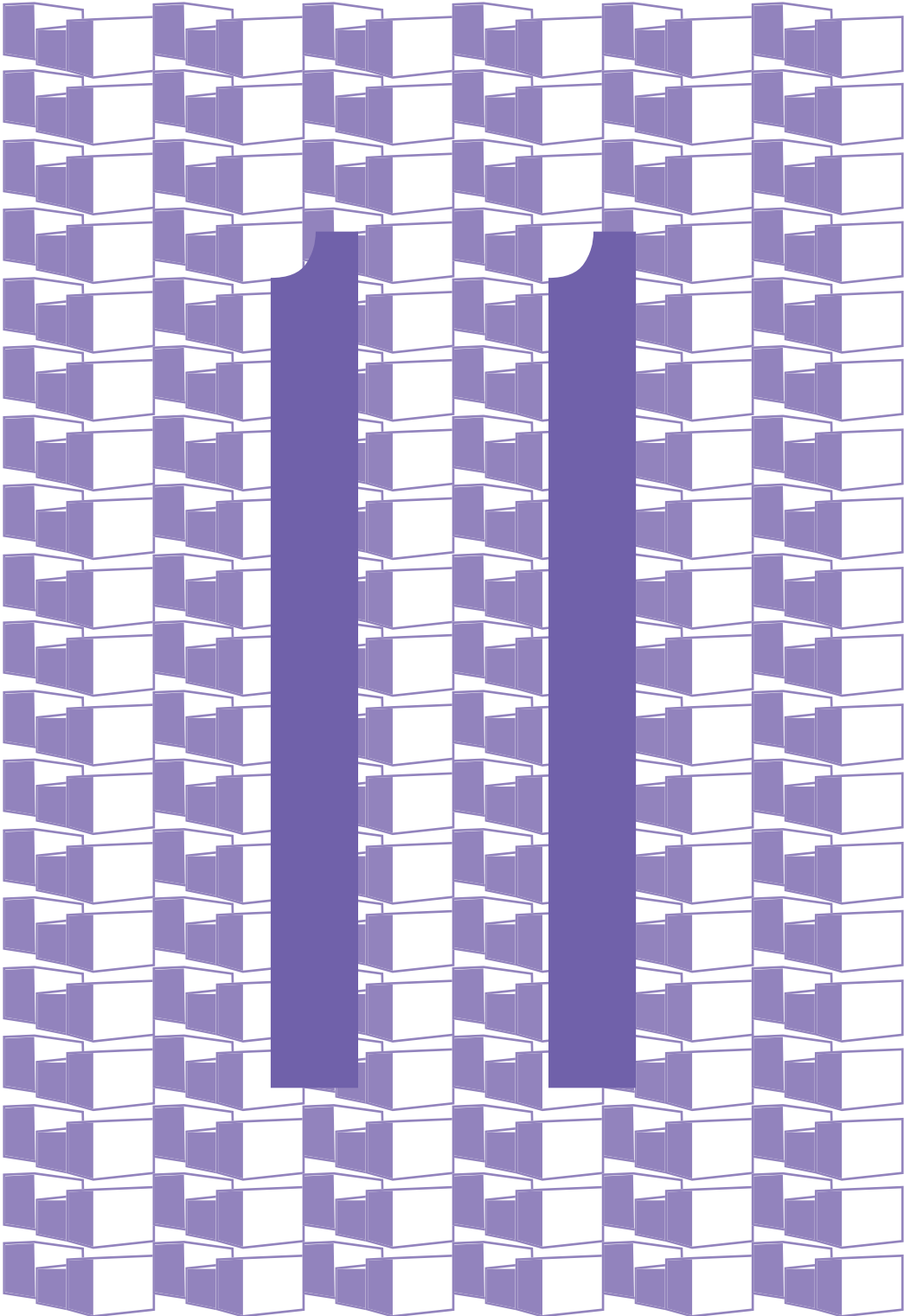
Neste sentido, cómpre considerar a posibilidade de permitir o transporte de dous bloques por camión. Ao ser os bloques de pedra natural prismas rectangulares de gran tamaño e densidade, as súas características físicas fan que a súa estiba e amarre sexan sinxelos, e asegura que o centro de gravidade do vehículo se manteña baixo.

Desde a Federación Española de la Piedra Natural xa se está a propoñer elimi-

nar a limitación a un só bloque (carga indivisible) nos transportes especiais. Concedendo estes en virtude do recollido no artigo 14 do Regulamento Xeral de Vehículos, no seu punto 2, onde se indica que “Poderá conceder autorizacións especiais... para os vehículos que, polas súas características técnicas”.

A posibilidade de transportar dous bloques por traxecto derivaría nunha redución dos movementos á metade, consecuentemente cunha redución do consumo enerxético e das emisións de CO2 de ata un 50%.







## II\_

# CONCLUSIÓNS

### II.1\_

## CANTEIRAS ORNAMENTAIS

#### II.1.1\_

### Resultado das auditorías

A explotación media das canteiras auditadas presenta un potencial de aforro enerxético anual de 499 MWh (43 tep) valorados en 52.060 € ao custo do ano 2010. Estas cantidades supoñen un potencial de aforro enerxético do 15,9 % do consumo da empresa e do 23,7 % do seu custo.

#### EXPLOTACIÓN MEDIA

	Enerxía	Custo
	MWh	€
Consumo medio	3.132	219.660
Potencial de aforro	499	52.060
%	15,9	23,7

Para alcanzar este obxectivo de aforro sería necesario un investimento de 145.483 € por empresa polo que o período de retorno do investimento no seu conxunto sería de 2,8 anos.

As principais medidas para alcanzar este aforro desagreganse na seguinte táboa ordenados en función do seu período de retorno e coméntanse con brevidade a continuación. A maiores destas medidas no presente estudo sectorial tratáronse un gran número de posibilidades de aforro enerxético de forma cualitativa que non se chegaron a cuantificar nas au-

ditorías enerxéticas.

- Mellora nas condicións de facturación eléctrica das empresas. Axustando a potencia eléctrica contratada observouse un potencial de aforro económico medio superior a 5.000 € por empresa (0,5 % do custo enerxético total). Esta medida non supón ningún aforro enerxético, nin require de investimento ningún para levarse a cabo. Convén lembrar que os dereitos para recuperar a potencia se manteñen durante 5 anos en alta tensión, polo que se recomenda rebaixar a potencia contratada ás necesidades estimadas a curto prazo.

- Implantación dun sistema de xestión enerxética (SXE) centrado inicialmente na racionalización das actividades auxiliares de transporte, a loxística de movementos na canteira e no correcto mantemento dos equipos. A concienciación do persoal e mais o establecemento de pautas e criterios de traballo para optimizar os movementos permitiría alcanzar un aforro enerxético superior a 16 tep/ano para a empresa media o que suporía un aforro de 12.000 € /ano. Para a posta en marcha do SXE estímase un investimento inicial duns 11.000 €. Anualmente suporía comprometer uns certos recursos económicos e humanos a esta tarefa, cuxo custo depende en gran medida da

estrutura de xestión da empresa, a cal melloraría coa correcta implementación dun SXE, aumentando o control sobre o proceso e o control de calidade dos produtos.

- Renovación de equipos por outros máis eficientes. A crecente escalada dos prezos dos combustibles e as maiores esixencias medioambientais propiciaron importantes melloras de rendementos nos equipos de nova xeración. Ao substituír aqueles equipos con peores rendementos e próximos ao termo da súa vida útil poden alcanzarse aforros anuais medios superiores a 22 tep/empresa e económicos superiores a 15.000 €/ano. O sobrecusto de repoñer estes equipos que presentan un elevado custo de mantemento por outros equivalentes cos mellores rendementos do mercado en lugar de por equipos de rendimento medio estímase nuns 37.500 €/empresa.

Evidentemente o potencial de aforro enerxético mediante a renovación de equipos é superior ao aquí indicado pero, en xeral non resulta unha práctica adecuada substituír por eficiencia enerxética aqueles equipos aínda en metade da súa vida útil se non existe algún outro factor determinante.

- Melloras na instalación de aire comprimido. Dentro deste bloque considéranse varias actuacións como son o axuste dos horarios de apagados, a redistribución de instalacións, a instalación de chaves de corte lento e o cambio de determinados compresores por equipos autónomos. De media estímase un potencial de aforro enerxético de 3,39 tep/empresa e económico da orde de 17.000 €. Unha parte importante do aforro económico derivase do cambio de combustible. Para levalas a cabo sería necesario un investimento de 91.000 € polo que o período de retorno medio se situaría en 5,3 anos.

- Melloras na instalación eléctrica. Neste apartado estudouse a posibilidade de nalgúns casos anular transformadores que non resultan necesarios para reducir o consumo en baleiro e a substitución noutros casos de transformadores sobrecargados por equipos de maior potencia e eficiencia. O investimento/sobrecusto respecto a un equipo de rendimento estándar destas medidas cífrase nunha media de 2.000 €/empresa, cos que se lograría un aforro anual de 0,38 tep eléctricos, cun valor de 650 €/ano, ademais de evitar un quentamento por efecto Joule e salto de proteccións.

- Outras medidas de menor replicabilidade como a adquisición de tractores de rego para evitar que se realice mediante outros equipos de maior consumo ou a instalación de tellados de protección solar para os depósitos de gasóleo supoñen un potencial de aforro medio do 0,7 tep/empresa.

#### POTENCIAL DE AFORRO ENERXÉTICO NA EMPRESA AUDITADA MEDIA

	Aforro			Investimento	Período retorno	Porcentaxe aforro enerxético	Porcentaxe aforro económico
	Electricidade	Combustibles	Valor económico				
	tep	tep	€				
Mellora facturación eléctrica	0,00	0,00	5.048	0	0,00	0,00	2,30
Implantación dun sistema de xestión enerxética	0,00	16,47	12.720	10.983	0,86	6,12	5,79
Renovación de equipos por outros máis eficientes (*)	0,00	22,00	15.884	37.500	2,36	8,17	7,23
Mellora da instalación eléctrica	0,38	0,00	651	2.000	3,07	0,14	0,30
Mellora instalación de aire comprimido	2,91	0,48	17.217	91.000	5,29	1,26	7,84
Outros	0,00	0,69	540	4.000	7,41	0,26	0,25
Total	3,29	39,65	52.060	145.483	2,79	15,94	23,70

(\*) Nesta medida só se considera o sobreinvestimento que supón pasar dun equipo de rendimento medio a un dos de maior eficiencia do mercado



## 11.1.2\_

### Extrapolación ao conxunto do sector

Extrapolando os resultados das auditorías ao conxunto de canteiras de granito ornamental de Galicia en función da produción de toneladas de granito das empresas auditadas fronte ás 850.000 t/ano que se extraen na comunidade, obtéñense os seguintes datos de consumo e potenciais de aforro.

#### EXTRAPOLACIÓN AO SECTOR

	Enerxía	Custo
	TEP	M€
Consumo medio	5.302	4,32
Potencial de aforro	845	1,02
%	15,9	23,7

Estímase un consumo enerxético do conxunto do sector duns 5.300 tep/ano, o que representa un custo a prezos dos produtos enerxéticos do ano 2010 duns 4,3 M€. Estímase que é posible reducir o consumo enerxético en 845 tep/ano un 15,9 %, cun aforro de custos de 1 M€/ano. Para iso sería necesario un investimento de 2,8 M€ cun período de retorno medio de 2,8 anos.

Estes resultados, aínda que deben de tomarse coa prudencia que aconsellan as distintas hipóteses e estimacións realizadas no transcurso dos traballos, considéranse representativos do potencial de aforro enerxético que existe no sector no contorno de mercado e estado da arte da tecnoloxía actuais.

A eficiencia no consumo de enerxía permite mellorar a competitividade da explotación ao mesmo tempo que se axuda á conservación do medio ambiente, xa que se diminúe as emisión de gases e partículas contaminantes.

No actual contexto de elevada competencia a viabilidade futura das empresas pasa pola optimización dos custos de produción. Nas canteiras ornamentais o custo enerxético

sitúase no contorno do 13 % dos custos totais, porcentaxe probablemente á alza nos próximos anos se non se implementa plans de aforro nas empresas como consecuencia da escalada dos prezos dos produtos enerxéticos.

Nun contorno local a diminución de emisións permite mellorar a calidade do aire que respiramos, aumenta a limpeza das augas e do solo, e colabora a incrementar a saúde e a calidade de vida.

## 11.2\_

### INDUSTRIA TRANSFORMADORA

#### 11.2.1\_

#### Resultado das auditorías

A explotación media das industrias de granito ornamental auditadas presenta un potencial de aforro enerxético anual de 492 MWh (42 tep) valorados en 53.681 € ao custo do ano 2010. Estas cantidades supoñen un potencial de aforro enerxético do 12,4 % do consumo da empresa e do 16,5 % do seu custo.



## EXPLOTACIÓN MEDIA

	Enerxía	Custo
	MWh	€
Consumo medio	3.983	324.486
Potencial de aforro	492	53.681
%	12,4	16,5

Para alcanzar este obxectivo de aforro sería necesario un investimento de 126.275 € por empresa polo que o retorno do investimento no seu conxunto sería de 2,4 anos.

As principais medidas para alcanzar este aforro desagreganse na seguinte táboa ordenados en función do seu período de retorno e coméntanse con brevidade a continuación. A maiores destas medidas no presente estudo sectorial tratáronse un gran número de posibilidades de aforro enerxético de forma cualitativa que non se chegaron a cuantificar nas auditorías enerxéticas.

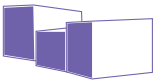
- Mellora nas condicións de facturación eléctrica das empresas. Dentro deste apartado estudáronse diversas melloras como o aumento/redución da potencia eléctrica contratada, a unificación de subministros, a renovación de baterías de condensadores e a instalación de condensadores no cadro de equipos de gran consumo. Con todas estas medidas observouse un potencial anual de aforro enerxético de 1,67 tep/empresa (0,5 % do consumo) e económico superior a 11.000 €/ano (3,5 % do custo enerxético). Estas medidas supoñen de media un investimento de 17.000 €/empresa e o seu período de retorno sitúase de media en 1,5 anos. Convén lembrar que cando se rebaixa a potencia eléctrica os dereitos para recuperar a potencia se manteñen durante cinco anos en alta tensión, polo que se recomenda rebaixar a potencia contratada ás necesidades estimadas a curto prazo.

- Instalación de motores eléctricos de alta eficiencia. A substitución de motores antigos por outros de alta eficiencia pode reducir o consumo anual unha media de 4,2 tep/empresa o que supón un aforro económico duns 4.400 €/ano. O potencial de aforro é maior nos motores de pequena potencia que é nos que existe maior diferenza de rendementos entre os motores de alta eficiencia e o resto, polo que son estes motores os que convén renovar en primeiro lugar, especialmente aqueles que estean excesivamente sobredimensionados. O sobrecusto de renovar os motores con outros de alta eficiencia en lugar de facelo con outros de rendimento estándar estímase

nuns 7.700 €/empresa, polo que o período de retorno do sobrecusto se situaría nuns 1,8 anos.

- Instalación de variadores de frecuencia en motores que requiran continuos cambios de velocidade como por exemplo as bombas de fluído cortante, pulidoras, etc. Estes equipos permiten adaptar o funcionamento do motor ás necesidades concretas de cada momento reducindo o consumo e desgaste do mesmo. Estímase un potencial de aforro coa instalación de variadores de frecuencia de 15,1 tep por empresa, o que permitiría lograr un aforro duns 17.000 €/ano. Para a súa instalación sería necesario un investimento duns 42.500 € polo que o período de retorno da mesma se situaría en 2,5 anos. Esta medida pódese implementar en moitas ocasións conxuntamente coa substitución do motor por outro de alta eficiencia, o que proporcionaría sinerxías no investimento e aumenta a fiabilidade dos equipos.

- Implantación dun sistema de xestión enerxética. A concienciación do persoal, o control do consumo e o establecemento de pautas e criterios de traballo para optimizar o consumo permitiría alcanzar un aforro enerxético duns 7,5 tep/ano para a empresa media o que suporía un aforro económico



duns 7.800 €/ano. Para a posta en marcha do SXE estímase un investimento inicial duns 20.000 €. Anualmente suporía comprometer uns certos recursos económicos e humanos a esta tarefa, cuxo custo depende en gran medida da estrutura de xestión da empresa, a cal melloraría coa correcta implementación dun SXE, aumentando o control sobre o proceso e sobre a calidade dos produtos.

- Melloras na instalación de iluminación. A substitución de balastos electromecánicos por electrónicos, a automatización de controles de acendido e a substitución de lámpadas, especialmente as de vapor de mercurio, por outras máis eficientes permitiría aforrar anualmente de media 2 tep/empresa, o que supón un aforro económico duns 2.100 €. Para iso sería necesario un investimento no contorno de 6.000 €, situándose polo tanto o período de retorno nuns 2,8 anos.

- Melloras na instalación de aire comprimido. Dentro deste bloque considéranse varias actuacións como son a renovación de certos compresores por outros de parafuso con variador de frecuencia, a revisión do circuíto de aire, a reparación de fugas, e incluso a utilización de equipos portátiles para determinados traballos. De media estímase un potencial de aforro enerxético anual de 3,5 tep/empresa e económico da orde de 3.500 €/ano. Para levalas a cabo sería necesario un investimento de 12.500 € polo que o período de retorno medio se situaría en 3,5 anos.

- Instalación de arrancadores suaves en determinados motores que non requiran variar o seu réxime de carga con frecuencia como por exemplo nos motores do volante do tear. O aforro enerxético con esta tecnoloxía é mínimo xa que se limita aos aforros nas arrancadas, pero achegan unha mellora da calidade da rede eléctrica importante, así como tamén un mellor control do proceso. É unha tecnoloxía xa utilizada nalgúns casos pero que con frecuencia aínda non se implantou na totalidade dos motores nos que resulta recomendable. Estímase un potencial de aforro medio de 3,8 tep/ano o que suporía un aforro económico duns 3.200 €. O investimento necesario situaríase nos 15.400 €/empresa, polo que o período de retorno sería de 4,8 anos.

- Outras medidas de menor entidade pero nalgúns casos cunha alta replicabilidade serían a instalación de automatismos como sensores de corte, controles para limitar o consumo en acabados en zonas de minguas, substituír motores sobredimensionados, reducir o consumo de motores en baleiro ou reducir os niveis de tensión de alimentación supoñen un potencial de aforro medio do 2,7 tep/empresa (1,3 % do consumo da empresa).

**POTENCIAL DE AFORRO ENERXÉTICO  
NA INDUSTRIA AUDITADA MEDIA**

	Aforro			Investimento	Período retorno	Porcentaxe aforro enerxético	Porcentaxe aforro económico
	Electricidade	Combustibles	Valor económico				
	tep	tep	€				
Mellora facturación eléctrica	1,67	0,00	11.337	17.048	1,50	0,49	3,49
Motores alta eficiencia	4,21	0,00	4.389	7.735	1,76	1,23	1,35
Variador de frecuencia	15,11	0,00	17.104	42.468	2,48	4,41	5,27
Sistema de xestión enerxética	7,50	0,00	7.825	19.594	2,50	2,19	2,41
Melloras da iluminación	2,01	0,00	2.153	5.932	2,76	0,59	0,66
Mellora control compresores	3,52	0,00	3.563	12.513	3,51	1,03	1,10
Arrancador suave	3,76	0,00	3.221	15.400	4,78	1,10	0,99
Outros	2,69	1,84	4.089	5.586	1,37	1,32	1,26
<b>TOTAL</b>	<b>40,47</b>	<b>1,84</b>	<b>53.681</b>	<b>126.275</b>	<b>2,35</b>	<b>12,35</b>	<b>16,54</b>

(\*) Nesta medida só se considerao sobreinvestimento que supón pasar dun equipo de rendemento medio a un dos de maior eficiencia do mercado

## 11.2.2\_

## Extrapolación ao conxunto do sector

Ao extrapolar os resultados das auditorías ao conxunto das grandes industrias transformadoras de granito ornamental de Galicia, en función da produción en metros cadrados das empresas auditadas fronte aos 11 millóns de metros cadrados transformados anualmente na comunidade, obtéñense os seguintes datos de consumo e potenciais de aforro.

## EXTRAPOLACIÓN AO SECTOR

	Enerxía	Custo
	TEP	M€
Consumo medio	12.911	12,23
Potencial de aforro	1.595	2,02
%	12,4	16,5
Investimento (M€)	4,76	

Calcúlase un consumo enerxético do conxunto do sector duns 12.900 tep/ano o que representa un custo a prezos dos produtos enerxéticos do ano 2010 duns 12,2 M€. Considérase que é posible reducir o consumo enerxético en 1.595 tep/ano un 12,4 %, cun aforro de custos de 2 M€/ano. Para isto sería necesario un investimento de 4,8 M€ cun período de retorno medio de 2,4 anos.

Estes resultados, aínda que deben de tomarse coa prudencia que aconsellan as distintas hipóteses e estimacións realizadas no transcurso dos traballos, considéranse representativos do potencial de aforro enerxético que existe no sector no contorno de mercado e estado da arte da tecnoloxía actuais.

Despois da primeira transformación do granito, os taboleiros e pezas resultantes adoitan requirir unha segunda transformación que se realiza en talleres marmoristas onde se adaptan as pezas ao seu uso final. Esta última etapa da transformación do granito ornamental non se incluíu no presente estudo sectorial e, polo tanto, o seu consumo enerxético non está contabilizado neste apartado.

A eficiencia no consumo de enerxía permite mellorar a competitividade da industria ao mesmo tempo que se axuda á conservación do medio ambiente, xa que se diminúe a emisión de gases e partículas contaminantes.

No actual contexto de elevada competencia, a viabilidade futura das empresas pasa pola optimización dos custos de produción. Nas industrias transformadoras de granito ornamental o custo enerxético sitúase no contorno do 10 % dos custos totais, porcentaxe probablemente á alza nos próximos anos se non se implementan plans de aforro nas empresas como consecuencia da escalada dos prezos dos produtos enerxéticos.

Nun entorno local a diminución de emisións permite mellorar a calidade do aire que respiramos, aumenta a limpeza das augas e do solo, e colabora a incrementar a saúde e a calidade de vida.





## BIBLIOGRAFÍA

- *Ahorro de combustible en el tractor agrícola. IDAE. 2005.*
- *A liberación do mercado eléctrico. Guía de compra de enerxía eléctrica para Pemes. Xunta de Galicia. 2009.*
- *Compresores. Sistemas de distribución de aire comprimido. Centro de Estudios de la Energía. Ministerio de Industria e Enerxía. 1983.*
- *Eficiencia de motores. Optimización del rendimiento durante la vida útil de los motores. Reolof Timmer e outros. Revista ABB 2/2007.*
- *Eficiencia energética en motores eléctricos. Juan Carlos Campos Avella e outros. Universidad Autónoma de Occidente e Universidad del Atlántico.*
- *Guía de ahorro de combustible. Suplemento especial revista Views publicada por Komatsu Ltd.*
- *Guía para la xestión del combustible en las flotas de transporte por carretera. IDAE. 2006*
- *Guía de ahorro y eficiencia energética en canteras de áridos. Comunidade de Madrid. 2011*
- *Mejora de la gestión energética en canteras y graveras de la Rioja. ANEFA. 2010.*

## 12.1\_

## UNIDADES ENERXÉTICAS

## UNIDADES DE POTENCIA

		W	kcal/h
<b>W</b>	vatio	1	0,86
<b>kW</b>	quilovatio	$10^3$	860
<b>MW</b>	megavatio	$10^6$	$0,86 \cdot 10^6$
<b>GW</b>	xigavatio	$10^9$	$0,86 \cdot 10^9$
<b>TW</b>	teravatio	$10^{12}$	$0,86 \cdot 10^{12}$
<b>kcal/h</b>	quilocaloría/hora	1,16	1

## UNIDADES DE ENERXÍA

		kWh	kcal
<b>Wh</b>	vatio hora	$10^{-3}$	0,86
<b>kWh</b>	quilovatio hora	1	860
<b>MWh</b>	megavatio hora	$10^3$	$0,86 \cdot 10^3$
<b>GWh</b>	xigavatio hora	$10^6$	$0,86 \cdot 10^6$
<b>TWh</b>	teravatio hora	$10^9$	$0,86 \cdot 10^9$
<b>kcal</b>	quilocaloría	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1
<b>te</b>	termia	1,163	1.000
<b>j</b>	joule	$2,778 \cdot 10^{-7}$	$2,389 \cdot 10^{-4}$
<b>Tj</b>	terajoule	$2,778 \cdot 10^2$	$2,389 \cdot 10^5$
<b>tep</b>	tonelada equivalente de petróleo	$11,63 \cdot 10^3$	$10^7$
<b>ktep</b>	miles de tep	$11,63 \cdot 10^6$	$10^{10}$
<b>Mtep</b>	millóns de tep	$11,63 \cdot 10^9$	$10^{13}$
<b>tec</b>	tonelada equivalente de carbón	$8,13 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^6$

## FACTORES DE CONVERSIÓN EN TEP

	tep
<b>joule</b>	$2,34 \cdot 10^{-11}$
<b>kcal</b>	$10^{-7}$
<b>kWh</b>	$0,86 \cdot 10^{-4}$
<b>MWh</b>	0,086

