



## **ÍNDICE**

- 1. INTRODUCCIÓN Y NORMATIVA DE APLICACIÓN**
- 2. TECNOLOGÍAS: TIPOS FUNDAMENTALES DE LÁMPARAS**
- 3. MEDIDAS HABITUALES DE MEJORA DE EFICIENCIA**
- 4. APLICACIÓN DE CTE DB HE-3**

## 1. INTRODUCCIÓN Y NORMATIVA DE APLICACIÓN

Es un hecho incontrovertible la importancia creciente que tiene una adecuada visión dentro del mundo en su conjunto (laboral, de investigación, de descanso, de recuperación de la salud, etc.). Como justificación de este hecho puede darse, por una parte, el que la automatización industrial supone la sustitución de muchos esfuerzos musculares por trabajos especializados, en que la visual es fundamental. A esta razón hay que añadir el hecho de que los procesos a realizar (industriales, de investigación, de requerimientos de cirugía y otros) suponen tareas visuales cada vez más difíciles y exigentes. Desde los primeros años del siglo XX se han realizado estudios e investigaciones para conocer la iluminación que debe proporcionarse en cada caso para satisfacer las exigencias de la tarea visual que en ella se realiza.

La iluminación defectuosa (exceso, defectos de calidad, intensidad, etc.) son factores de cansancio visual y esfuerzo mental, así como generadora de accidentes, falta de adaptación y de bienestar y bajos rendimientos. Además, la iluminación insuficiente incrementa las alteraciones visuales debidas a los vicios de refracción y la edad, pero no causa daño visual por sí misma.

A continuación, se detalla la normativa de aplicación:

- Código Técnico de la Edificación (CTE).
  - Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada (SU4).
  - Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación (HE3).
  - Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica (HE5).
- UNE 12464.1: Norma Europea sobre la iluminación para interiores.
- UNE 12193: Iluminación de instalaciones deportivas.
- RAEE: Real Decreto sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.



- RoHS Directiva 2002/95CE: Restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
  
- RD 838/2002: Requisitos de Eficiencia Energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

## 2. TECNOLOGÍAS: TIPOS FUNDAMENTALES DE LAMPARAS

### 2.1. INTRODUCCIÓN

Dada la importancia que en la realización de certificaciones de eficiencia energética tiene el análisis del sistema de alumbrado, consideramos de especial importancia contar con un conocimiento de la diversidad tecnológica que encontraremos habitualmente en el ámbito de las luminarias y las lámparas. La evolución tecnológica es constante, siempre en la dirección de mejorar las condiciones de iluminación y su eficacia, lo que debe llevarnos a permanecer siempre en disposición de analizar nuevas tecnologías que aparezcan en el mercado.

### 2.2. TIPOS FUNDAMENTALES DE LÁMPARAS

#### 2.2.1. Incandescentes

Es un dispositivo que produce luz mediante el paso de la corriente eléctrica a través de un filamento metálico, en la actualidad wolframio. Existen dos tipos de lámparas incandescentes:

##### ➤ INCANDESCENTES CONVENCIONALES

###### ○ VENTAJAS

- Precio, sencillez
- Re-encendido
- Rendimiento de color.

###### ○ INCONVENIENTES

- Eficiencia luminosa
- Duración.

##### ➤ INCANDESCENTES HALÓGENAS

###### ○ VENTAJAS

- Superiores prestaciones en eficacia y dimensiones.

- INCONVENIENTES

- Potencia excesiva
- Duración
- Pérdida en generación de calor.

### 2.2.2. Lámparas de descarga

Se basa en el fenómeno de la luminiscencia. Se producen radiaciones lumínicas con un escaso aumento de la temperatura, por lo que se las llama lámparas frías.

➤ LÁMPARAS DE MERCURIO DE BAJA PRESIÓN

- FLUORESCENTES

- VENTAJAS

- Larga duración y poca generación de calor
- Encendido/re-encendido rápido.

- INCONVENIENTES

- No sirven para exteriores

- FLUORESCENTES COMPACTAS

- VENTAJAS

- Sustitución directa de incandescentes
- Rentables incluso en el sector doméstico.

- INCONVENIENTES

- Armónicos (Series baja calidad)

➤ LÁMPARAS DE MERCURIO DE ALTA PRESIÓN

○ VAPOR DE MERCURIO CONVENCIONAL

▪ VENTAJAS

- Equipo auxiliar sencillo
- Utilización en altura.

▪ INCONVENIENTES

- Menor eficacia en alta presión.

○ LÁMPARAS DE LUZ DE MEZCLA

▪ LIMITACIONES

- Bajo rendimiento de color
- Encendido no instantáneo
- Baja eficacia (20-30 lm/W)

○ HALOGENUROS METÁLICOS

▪ VENTAJAS

- Eficacia luminosa elevada y reproducción cromática
- Adaptación a distintos ambientes cromáticos

▪ INCONVENIENTES

- Precio (cada vez menor)
- La apariencia de color va modificándose por el desgaste de la lámpara.

➤ LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESIÓN

○ VENTAJAS

- Equipo auxiliar sencillo y económico
- Eficacia luminosa: ideal para exteriores

○ INCONVENIENTES

- Tamaño de la lámpara
- Nula reproducción de colores

➤ LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION

○ VENTAJAS

- Lámpara sencilla y económica
- Eficacia luminosa
- Aceptable reproducción cromática

○ INCONVENIENTES

- Apariencia cálida con gran luminosidad (rechazo)

➤ LAMPARAS DE INDUCCIÓN

○ VENTAJAS

- No tiene filamentos, ni electrodos.
- Alta eficacia luminosa > 65 lm/W
- Duración > 60.000 horas (al 70% de flujo)
- Potencia: 55,85 y 165 W

○ INCONVENIENTES

- Precio (6 a 10 veces superior)
- Tamaño de la lámpara

➤ LAMPARA CON DIODOS ELECTROLUMINISCENTES

○ VENTAJAS

- Vida útil de 60.000 a 100.000 horas
- Precio
- No producen calor
- Desde tonos fríos (5.000 – 7.000 K) a cálidos (3.000 K)

A continuación, se incluye una tabla resumen de los distintos tipos de fuentes de luz para interiores:

Tipo	Temp. Color (k)	Rend. Color (Ra)	Duración horas	Equipo eléctrico auxiliar	Posibilidad de regulación de flujo y potencia	Eficacia (Lm/w)
Incandescente estándar	2700	100	1000	No necesario	Si	19
Incandescente halógena	2900-3100	100	2000-5000	Trafo para baja tensión	Si	25-30
Fluorescencia	1700-6500	75-98	14000-18000	Necesario	Si De 10% a 100%	104
Vapor de mercurio	3500-4200	50	14000	Necesario	Si De 50% a 100%	60
Halogenuros metálicos	3000-6000	65-95	6000-12000	Necesario	Si De 40% a 100%	90-100
Sodio alta presión	2100	20-65	18000	Necesario	Si De 50% a 100%	90-150

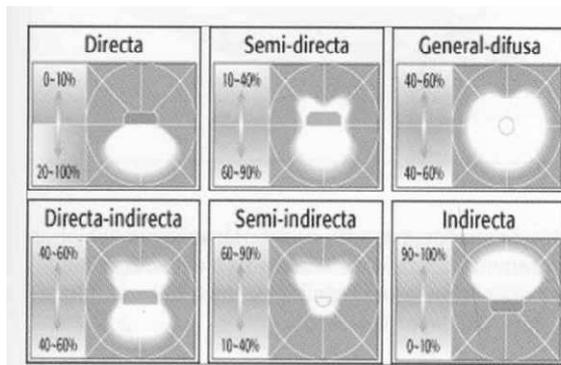
**Figura 1.** Tabla resumen de tipos de lámparas

### 2.2.3. Luminarias

Son aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas, incluyendo los elementos de fijación, protección y conexión.

Podemos clasificar las luminarias en distintos grupos:

➤ CLASIFICACIÓN SEGÚN CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS



Tipo de luminaria	% Flujo saliente inferior
Directa	90 a 100
Semi-directa	60 a 90
General-difusa	40 a 60
Directa-Indirecta	40 a 60
Semi-indirecta	10 a 40
Indirecta	0 a 10

➤ CLASIFICACIÓN SEGÚN LA GEOMETRIA DE DISTRIBUCIÓN

- Con un plano de simetría
- Con dos planos de simetría
- Con un eje de revolución

➤ CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ANGULO DE APERTURA DEL HAZ

- Intensiva: 0 a 30°
- Semi-intensiva: 30 a 40°
- Dispersora: 40 a 50°
- Semi-extensiva: 50 a 60°
- Extensiva: 60 a 70°

**2.2.4. Equipos auxiliares**

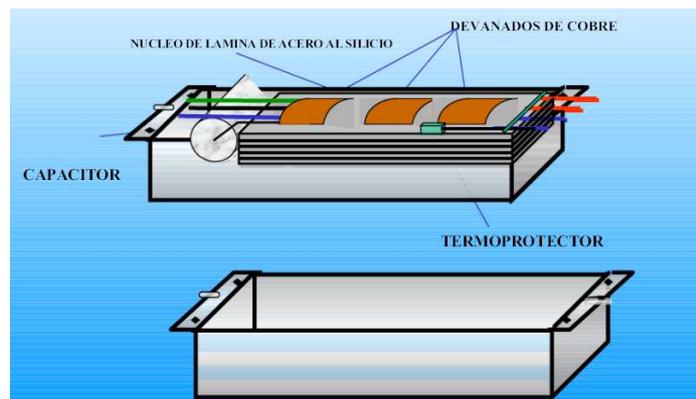
➤ BALASTOS

Son aparatos que estabilizan la descarga de la lámpara. Existen varios tipos de balastos:

- Electromagnéticos

- Características

- En operaciones normales, hay solo una leve subida de temperatura
- Vida de servicio útil de más de 10 años
- Se emplea un método de inmersión de laca vacío para que normalmente el balastro no produzca ruido
- Posee gran resistencia al calor, puede trabajar a una temperatura máxima de 120°C



*Figura 2. Balastro electromagnético*

- Electrónicos

- Tipos

- Con Precaldeo: primero se calientan los electrodos y luego se aplica un impulso de tensión.
- Sin Precaldeo: se aplica directamente un impulso de mayor tensión.
- Con regulación de tensiones

- Ventajas
  - Reducción del consumo de energía (y con ello de la carga térmica)
  - Incremento de la eficiencia y vida útil de la lámpara
  - Desconexión automática de lámparas defectuosas
  - No existe parpadeo
  - Protección contra picos de tensión
  - Corrección del factor de potencia



*Figura 3. Balastos electrónicos*

En general **se recomienda la utilización de balastos electrónicos** por sus muchas ventajas frente a los electromagnéticos. Podemos enumerarlas por:

- Economía:
  - Reducción del 25 por ciento de la energía consumida, respecto a un equipo electromagnético.
  - Incremento de la eficacia de la lámpara.
  - Incremento de la vida de las lámparas hasta del 50 por ciento, reduciendo los costes de mantenimiento.
  - No es necesario sustituir el cebador cada vez que se cambia la lámpara.
  - Reducción de la carga térmica del edificio, debido al menor consumo.

- Reducción de la temperatura de funcionamiento de la luminaria, facilitando que las lámparas no superen su temperatura óptima de funcionamiento.
  - Factor de potencia corregido a 1.
- Confort:
- Encendido instantáneo y sin destellos.
  - Desconexión automática de lámparas defectuosas, impidiendo destellos molestos y recalentamientos de otros componentes del equipo eléctrico, como es el caso con arranque por cebador.
  - Luz más agradable, sin parpadeo ni efecto estroboscopio, mediante el funcionamiento a alta frecuencia. Reducción de los dolores de cabeza y el cansancio de la vista, atribuidos al parpadeo producido por los balastos magnéticos.
  - Aumento del confort general eliminándose los ruidos producidos por el equipo eléctrico.
- Seguridad:
- Desconexión de las lámparas defectuosas ó agotadas.
  - Protección del equipo eléctrico contra picos de tensión.
  - Mayor seguridad contra incendios al reducirse la temperatura del equipo y de la luminaria.
  - Posibilidad de conexión a Corriente Continua para iluminación de emergencia.
- Ventajas adicionales de los balastos con regulación:
- Mayor confort, permitiendo ajustar el nivel de luz según las necesidades.
  - Posibilidad de conectarse a sensores de luz y ajustar en automático la intensidad de luz de la lámpara, y mantener un nivel de luz constante.

- Reducción adicional del consumo eléctrico, cuando el sistema está en regulación hasta el 70% en el caso de los sistemas de regulación con la señal de 1-10 v, ó del 100 % en el caso de los sistemas digitales cuando el nivel de flujo de las lámparas llega al 1% y se desconectan automáticamente.

#### **2.2.5. Otros elementos**

- **ARRANCADORES:** proporcionan la tensión requerida para el cebado de la lámpara, puede ser eléctrico o electrónico.
- **CONDENSADORES:** es el componente que corrige el factor de potencia ( $\cos\phi$ ) a los valores definidos en normas y reglamentos en vigor.

### 3. MEDIDAS HABITUALES DE MEJORA DE EFICIENCIA

A continuación, se enumerarán las medidas habituales que se adoptan para mejorar la eficiencia energética en una instalación de iluminación:

- Reducción del tiempo de uso, colocando detectores de presencia (Pasillos, lavabos, sótanos etc).
- Sustitución por lámparas más eficientes: halógenas más eficientes, fluorescentes compactas, leds, etc.
- Sustitución de vapor de mercurio por halogenuros metálicos.
- Instalación de detectores de presencia.
- Instalación de detectores de luminosidad.
- Instalación interruptores con pulsadores dotados de temporización.
- Control de alumbrado exterior por regulación y reloj astronómico.
- Comprobación de los parámetros de iluminación en las estancias (iluminancia media, rendimiento de color, deslumbramiento, rendimiento de la lámpara): Reducción de potencia de luminarias en casos de excesos.
- Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos.
- Instalación de sistema de control centralizado de alumbrado.
- Aprovechamiento de la luz natural mediante limpieza de las ventanas. Se eliminaran los obstáculos que impidan la entrada de la luz o den sombras. Comprobación de persianas. Análisis de los puestos de trabajo y del personal para que tenga la luz natural.
- Mantenimiento y limpieza de luminarias.
- Interruptores con rótulos explicativos e identificativos. El personal conocerá el interruptor que enciende su zona de trabajo e influencia.

- Sectorización del alumbrado. Deben preverse un número razonable de interruptores que permitan aprovechar la luz natural y encender/apagar zonas en función de su ocupación.
- Sustitución de los elementos deteriorados y descoloridos (difusores y pantallas).
- Instalación de sistemas de precalentamiento de lámparas fluorescentes.
- Sustitución de lámparas fluorescentes por otras más eficientes cuando se agote su vida útil. Sustitución por tubos T8 y T5 eficientes.
- Sustitución lámparas incandescentes por fluorescentes compactas de bajo consumo, si es admisible el color.
- Instalación lámparas de vapor de sodio de alta presión o sodio baja presión en zonas de almacenes con techos altos.
- Sustitución de las luminarias dobles por otras de mayor rendimiento fotométrico.
- Campaña de concienciación del personal.
- Para trabajos específicos se dispone alumbrado localizado.
- Plan de mantenimiento de instalaciones de alumbrado.

## 4. APLICACIÓN DEL CTE DB HE-3

### 4.1. INTRODUCCIÓN

El Documento Básico del Código Técnico HE-3 Eficiencia Energética en las Instalaciones de Iluminación es sin duda el documento que supone un mayor avance en materia de iluminación de las edificaciones.

En los apartados siguientes desarrollamos una explicación del contenido de este Documento Básico. Finalmente, se incluye el texto íntegro del mismo.

### 4.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

- Edificios de nueva construcción.
- Rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil de más de 1.000 m<sup>2</sup>, donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
- Reformas de locales comerciales y edificios de uso administrativo donde se renueve la instalación de alumbrado.

Se excluyen específicamente:

- Edificios y monumentos de valor histórico, cuando la aplicación de estas exigencias supongan alteraciones inaceptables para ellos.
- Construcciones provisionales para menos de 2 años.
- Instalaciones Industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
- Edificios independientes de menos de 50 m<sup>2</sup>.
- Interiores de viviendas.

Aún en estos casos, se deben adoptar soluciones, debidamente justificadas en el proyecto, para el ahorro de energía en la iluminación. Para la aplicación de esta sección se establece un procedimiento de verificación, que debe incluir:

- Cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación VEEI.

- Comprobación de la existencia del sistema de control y regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural.
- Verificación de la existencia de un plan de mantenimiento.

Así mismo, debe incluirse en la memoria del proyecto, la siguiente documentación justificativa:

- Para cada zona figura junto con los cálculos justificativos la siguiente información: Índice del local (K) utilizado en el cálculo, número de puntos considerados, factor de mantenimiento previsto (Fm), Iluminancia media Sección HE3 mantenida (Em), Índice de deslumbramiento unificado (UGR), Índice de rendimiento del color (Ra), el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) y las potencias de los conjuntos lámpara más equipo auxiliar.
- Así mismo, debe justificarse en la memoria del proyecto para cada zona el sistema de control y regulación que corresponda.

A continuación, se detalla la caracterización y cuantificación de estas exigencias:

#### 4.2.1. Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

Este valor se define como:

$$VEEI = \frac{\text{Potencia instalada} \times 100}{\text{Superficie iluminada (m}^2\text{)} \times \text{iluminancia media mantenida}}$$

Las unidades son, por tanto: W/m<sup>2</sup> por cada 100 Lux.

Para este valor se establecen unos valores mínimos, diferenciándose en los edificios dos tipos de zonas: las de representación y las de no representación. Se entiende por zonas de representación aquellas donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética. Por el contrario, zonas de no representación son aquellas donde los

criterios como el nivel de iluminación, confort visual, seguridad y eficiencia energética son más importantes que cualquier otro criterio.

Los valores límite de exigencia energética incluyen la iluminación general y de acento pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

Analizando, los sistemas actualmente utilizados, para iluminación de los distintos espacios interiores, hay que prestar especial atención a:

**4.2.1.a. Iluminación general de oficinas, zonas de no representación:** En general, las luminarias más comúnmente utilizadas, tanto con tubos fluorescentes T8 (siempre que sean gama 80 -trifósforo-), como con lámparas fluorescentes compactas, cumplen con los niveles mínimos de eficiencia exigidos. Únicamente determinadas soluciones con luminarias con sistemas de iluminación indirecta no cumplen con las exigencias mínimas de 3,5 W/m<sup>2</sup> por cada 100 Lux.

**4.2.1.b. Andenes de transporte:** En este punto, también se cumplen habitualmente los niveles mínimos, siempre que se utilice fluorescencia gama 80 (trifósforo). Se tendrá que prestar más atención cuando se utilicen difusores opales en las luminarias, ya que en este caso, los valores de eficiencia energética, fácilmente se superarán los niveles mínimos exigidos.

**4.2.1.c. Pabellones de exposición o ferias:** Las soluciones habitualmente utilizadas para la iluminación general de estos espacios, como las luminarias para lámparas de descarga (halogenuros metálicos o vapor de mercurio) así como las luminarias para fluorescencia lineal (siempre que incorporen reflector de aluminio y reactancia electrónica), cumplen sobradamente con los mínimos exigidos.

**4.2.1.d. Habitaciones de hospitales:** En este tipo de instalaciones hay que prestar especial atención a la proporción de luz indirecta utilizada, así como al rendimiento de los difusores utilizados, ya que en muchos de los casos, las eficiencias obtenidas no llegarán a los mínimos exigidos. Las luminarias tipo “Cabecero de cama” deberán tener un estudiado diseño para maximizar su eficiencia y cumplir así con los mínimos requeridos.

**4.2.1.e. Zonas comunes:** En estas zonas hay que prestar especial cuidado al uso abusivo de lámparas halógenas (para iluminación general), ya que harían

imposible conseguir los mínimos exigidos de eficiencia. Si se utilizan este tipo lámparas, deben ser en todo caso para aportar luz de acentuación en puntos concretos, y utilizando las tecnologías más eficientes disponibles. Lámparas halógenas ahorradoras del tipo MASTERLine y utilizar transformadores electrónicos.

#### 4.2.2. Sistemas de control y regulación

Las instalaciones de iluminación deberán contar con un sistema de regulación y control.

Se prohíbe expresamente utilizar como único sistema de control el apagado y encendido en cuadros eléctricos, práctica muy habitual en la actualidad, por lo que se tendrá que instalar para cada zona, al menos, un sistema de encendido y apagado manual.

El sistema de control dispondrá, al menos de detección de presencia o temporización en zonas de uso esporádico. Esto implica la obligación de instalar estos sistemas en aseos, pasillos, escaleras, aparcamientos, etc.

Además los edificios que dispongan de una suficiente iluminación natural tendrán un sistema de regulación en las luminarias más próximas a las ventanas, de manera que se aproveche el aporte de luz natural.

El CTE incluye las fórmulas que permiten calcular en qué tipo de edificios es obligatoria hacer esta regulación, en función de la superficie acristalada, respecto a la de la planta del edificio, la tramitancia del cerramiento acristalado y los posibles obstáculos exteriores al edificio, y que proyecten sombras sobre ellos. Se puede concluir que, en la mayoría de las configuraciones de los actuales edificios de oficinas, será necesaria su instalación.

Así mismo, en muchos centros comerciales y polideportivos cubiertos se cuenta hoy en día con el suficiente aporte de luz natural.

Quedan explícitamente excluidas del requerimiento de regulación:

- Las zonas comunes de edificios residenciales
- Las habitaciones de hospitales
- Las habitaciones de hoteles
- Tiendas y pequeños comercios

### 4.2.3. Cálculo

Se establece que los parámetros de calidad de la instalación aceptados como mínimos, son los que se establecen en la norma UNE 12464-1, "Iluminación en lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo interiores", en la Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos laborales y en la norma UNE 12193 "Iluminación de instalaciones deportivas".

Dentro de la norma UNE 12464-1, hay que prestar especial interés a los valores de deslumbramiento directo (UGR) e indirecto (límite de luminancia en luminarias con flujo hacia el hemisferio inferior;  $\text{cd}/\text{m}^2 < 65^\circ$ ), ya que en las instalaciones actuales estos parámetros de calidad suelen no ser considerados.

Los parámetros mínimos de cálculo que se tienen que obtener para cada zona son:

- Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)
- Iluminancia media mantenida ( $E_m$ ) en el plano de trabajo
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR) para el observador

### 4.2.4. Productos de la construcción

Se establecen en este punto unos valores mínimos de eficiencia de los equipos eléctricos asociados a las lámparas fluorescentes, halógenas de baja tensión y de descarga. Los valores exigidos para fluorescencia son los ya incluidos con anterioridad en el Real Decreto 838/2002.

Para lámparas de descarga y halógenas de bajo voltaje, se exigen unos niveles inferiores a los que ofrecen algunos fabricantes en equipos convencionales. Utilizar reactancias y transformadores electrónicos garantiza el cumplimiento de este punto, en todos los casos.

#### **4.2.5. Mantenimiento y conservación**

El CTE obliga a elaborar un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación, de manera que se garantice el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y de la eficiencia energética.

Éste contemplará los periodos de reposición de las lámparas, los de la limpieza de luminarias, así como la metodología a emplear. Actualmente es práctica común hacer un mantenimiento puntual de las lámparas, lo cual impide garantizar las condiciones de calidad de la instalación.