



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

*Ahorro de energía en
Hoteles de México*

T E S I S

Para obtener el título de:
INGENIERO MECATRÓNICO

Presenta:

Raúl Eduardo Soriano Tovar

Director de tesis:

Dr. José Luis Fernández Zayas

Ciudad Universitaria, México D.F. 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas las bendiciones que he recibido.

A mi padre, con toda mi admiración, por su apoyo incondicional, entrega y sacrificio. Eres mi orgullo.

A mi madre, con todo mi cariño, por tanta dedicación, atenciones, cuidados y amor. Gracias Dana, somos un equipo.

A mi hermano, mi primer maestro, quien siempre me ha abierto puertas y desbloqueado caminos para que mi andar sea más ameno.

A mi tío Pancho, quien más que ser un tío, ha sido mi amigo.

A mi tío Toño, por sus consejos y ejemplo que me han hecho creer que los límites no existen.

A Yuri por su motivación y comprensión. Por alentarme a ser una mejor persona cada día.

Al Dr. José Luis Fernández y al Ing. Norberto Chargoy por su apoyo, dedicación y paciencia en este trabajo.

A mis abuelos Santiago Tovar y Estefanía Vargas.

A mi sobrino Nuno.

A mis demás familiares, profesores y amigos que directa o indirectamente han aportado en mi formación.

ÍNDICE

Introducción	3
Justificación	4
1. La Industria Hotelera En México	
1.1 Oferta.....	6
1.2 Clasificación.....	8
2. Consumo de Energía en la Industria Hotelera	
2.1 Distribución Energética	11
2.2 Medición	16
2.3 Índices de Consumo de Energía.....	17
3. Ahorro de Energía en Iluminación	
3.1 Niveles de Iluminación	20
3.2 Sistemas de Iluminación	23
3.2.1 Fuentes de Luz o Lámparas	24
3.2.2 Balastros	31
3.2.3 Luminarias.....	33
3.3 Control y Regulación.....	36
3.4 Mantenimiento	40
4. Ahorro de Energía en Calefacción Y Aire Acondicionado	
4.1 Confort Térmico	43

4.2 Aislamiento	44
4.3 Calefacción	46
4.3.1 Calefacción Convencional	48
4.3.2 Bomba de Calor	52
4.3.3 Control y Regulación	55
4.4 Distribución Térmica	56
4.5 Aire Acondicionado	59
4.5.1 Sistemas de Enfriamiento.....	59
4.5.2 Tecnología VRF (Flujo de Refrigerante Variable)	62
4.5.3 Equipos con Tecnología Inverter.....	63
4.5.4 Recuperación de Calor del Aire de Ventilación	64
4.5.5 Aprovechamiento de Calor de los Equipos de Frío.....	66
4.5.6 Enfriadores Evaporativos	68
4.5.7 Máquinas de Absorción	70
4.5.8 Free-Cooling	71
4.5.9 Acumulación Térmica.....	73
Conclusiones	75
Referencias	77
Anexo	80

INTRODUCCIÓN

El turismo en México es una actividad económica importante para el país, colocada en décimo lugar a nivel mundial en términos de llegadas de turistas internacionales, con 21,5 millones de visitantes en 2009, y es el primer destino para turistas extranjeros dentro de América Latina.

En términos generales las actividades turísticas traen consigo ingresos y trabajo, aumentan el entendimiento de culturas extranjeras, la preservación de la diversidad cultural y la inversión en infraestructura, aportando así, beneficios sociales, culturales y económicos.

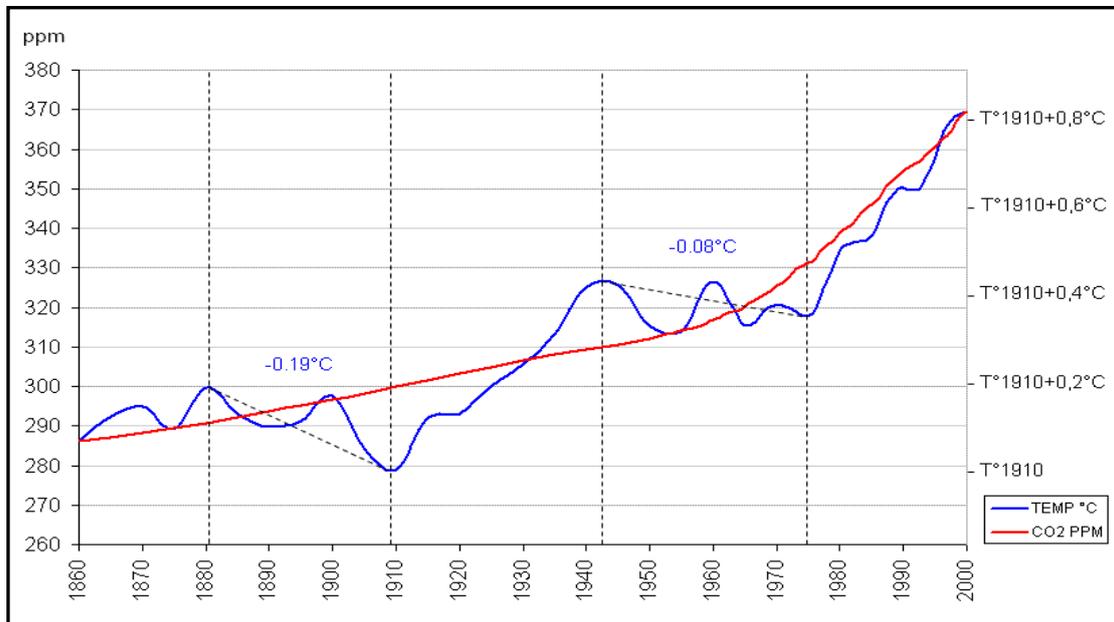
Por otro lado, como cualquier otra industria, trae consigo múltiples impactos sobre el ambiente. Esto involucra a muchas actividades que pueden traer efectos negativos en materia ambiental. Algunos de estos impactos están relacionados con la construcción y operación de infraestructura en general (carreteras, aeropuertos) e instalaciones turísticas (restaurantes, **hoteles**, centros comerciales).

En este ámbito los hoteles constituyen una pieza clave de la industria turística y como tal, demandan un enorme compromiso en implementar métodos que les permitan optimizar sus recursos y mantener sus instalaciones eficientes y de calidad. Entre otros recursos, los establecimientos hoteleros utilizan una notable cantidad de energía para mantener los servicios que brindan a sus clientes, es por ello que el control de la demanda y el ahorro de energía se convierten en compromisos que deben asumir.

El presente trabajo tiene como objetivo documentar y evaluar técnicas de ahorro de energía en hoteles para reducir los consumos energéticos, mejorar su eficiencia y por tanto minimizar el impacto ambiental asociado a la actividad turística.

JUSTIFICACIÓN

La contaminación de la atmósfera y el consiguiente aumento en la temperatura global del planeta es materia que hoy en día concierne al mundo. Es reconocido por gobiernos y autoridades científicas, que es urgente y necesario actuar para contener esta amenaza. En este contexto el gas contaminante más relevante es el dióxido de carbono CO_2 que al aumentar sus niveles de concentración en la atmósfera provoca el calentamiento global y el cambio climático. El CO_2 es el principal producto final del consumo de combustible para generar energía, por lo que todos los sectores que demanden altas cantidades en consumo de energía estarán contribuyendo al calentamiento global y cambio climático.



La concentración de CO_2 se obtuvo a partir de muestras tomadas en el Law Dome (Antártida) para el periodo 1855-1955 y en el Mauna Loa (Hawai) para el periodo 1958-2002. La Temperatura Media Global fue calculada a partir de observaciones realizadas por la Universidad de East Anglia y por la Oficina Meteorológica del Reino Unido.

Cualquier medida o técnica que se aplique consiguiendo mejoras en la eficiencia energética estará contribuyendo con la detención del desmesurado incremento en niveles de CO_2 en la atmósfera además de obtener grandes beneficios económicos.

1. LA INDUSTRIA HOTELERA EN MÉXICO

La industria hotelera en México es una industria creciente que ha ido evolucionando en sus conceptos a lo largo de la historia, sobrellevando los cambios políticos, económicos y sociales de su entorno y adaptándose dentro del proceso de globalización que vive el mundo moderno. Así mismo, los avances tecnológicos son más dinámicos y afectan de forma importante a todos los mercados los cuales son cada vez más exigentes.

Al tratarse de una industria de esta naturaleza, los conceptos hoteleros, hoy en día muestran una clara tendencia a mantener mayor eficiencia en sus operaciones con objeto de competir en un mundo global, anticipándose a las nuevas exigencias de la demanda.

Ante tan acelerado ritmo de evolución en el que se encuentra el mundo, es necesario una actualización constante, así como una incesante búsqueda de fórmulas que den mayores rendimientos, que reflejen una renovada cultura de calidad, eficiencia y capacitación en cada ámbito y sector para que puedan enfrentar los retos, resolviendo los problemas para poder así encontrar soluciones creativas, innovadoras y participativas permitiendo el crecimiento en los niveles que México requiere.

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (PND), emitido por el poder ejecutivo de la nación, señala con toda claridad lo siguiente: “El Plan asume como premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable; esto es, del proceso permanente de ampliación de capacidades y libertades que permita a todos los mexicanos tener una vida digna sin comprometer el patrimonio de las generaciones futuras”.

El informe también menciona que en los últimos años el turismo en el mundo ha crecido a tasas superiores que el crecimiento de la economía en su conjunto, y que México destaca por ser, junto con China y Turquía, uno más de los países en desarrollo que se encuentra en la lista de los diez primeros países con mayores llegadas de turistas en el mundo.

En los últimos 12 años México se ha movido, con ascensos y descensos, en la franja de 20 millones de turistas internacionales al año y se realizan más de 140 millones de viajes turísticos domésticos.

Tomando en cuenta los objetivos del PND resulta de sumo interés las relaciones que tiene que haber entre el uso más eficiente de la energía y el turismo.

Para la aplicación de técnicas para el uso eficiente de energía en determinada industria es necesario conocer las características y la forma en la que está distribuida su oferta. Para aplicarlas dentro de la industria hotelera en México es necesario saber la forma en que operan los hoteles, las condiciones en las que se encuentran, su tipología, ubicación geográfica, categoría y tamaño ya que de estas características dependen la viabilidad de aplicación de ciertas tecnologías y el consumo de energía.

1.1 OFERTA

La oferta de hoteles en México según el último registro documentado de SECTUR al cierre del año de 2010, es de 16794 hoteles distribuidos por entidades federativas de acuerdo a la figura 1, donde Jalisco destaca como el estado con mayor número de hoteles con el 9.1% seguido de Veracruz con el 8%.

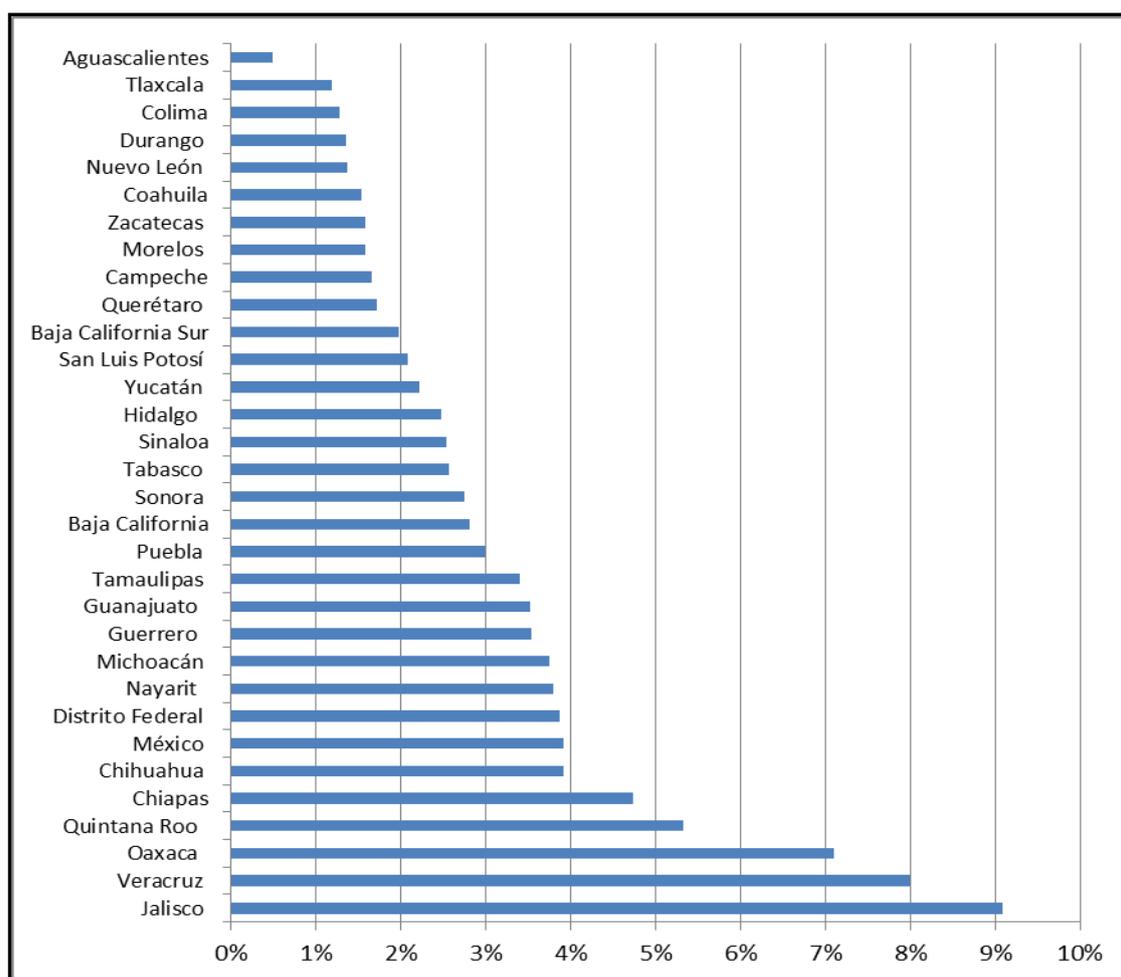


Figura 1. Oferta de hoteles en México por entidades federativas al 2010.

Elaboración propia con base en datos estadísticos del Sistema Nacional de Información Turística SNIT.

Mientras que la oferta de cuartos de hotel al 2010 es de 637232 distribuidos por entidades federativas de acuerdo a la figura 2, donde destaca Quintana Roo como el estado con mayor número de cuartos con el 13% seguida de Jalisco y el Distrito Federal con el 9% y 8%, respectivamente. Dándonos un promedio de 38 habitaciones por hotel a nivel nacional al cierre de 2010.

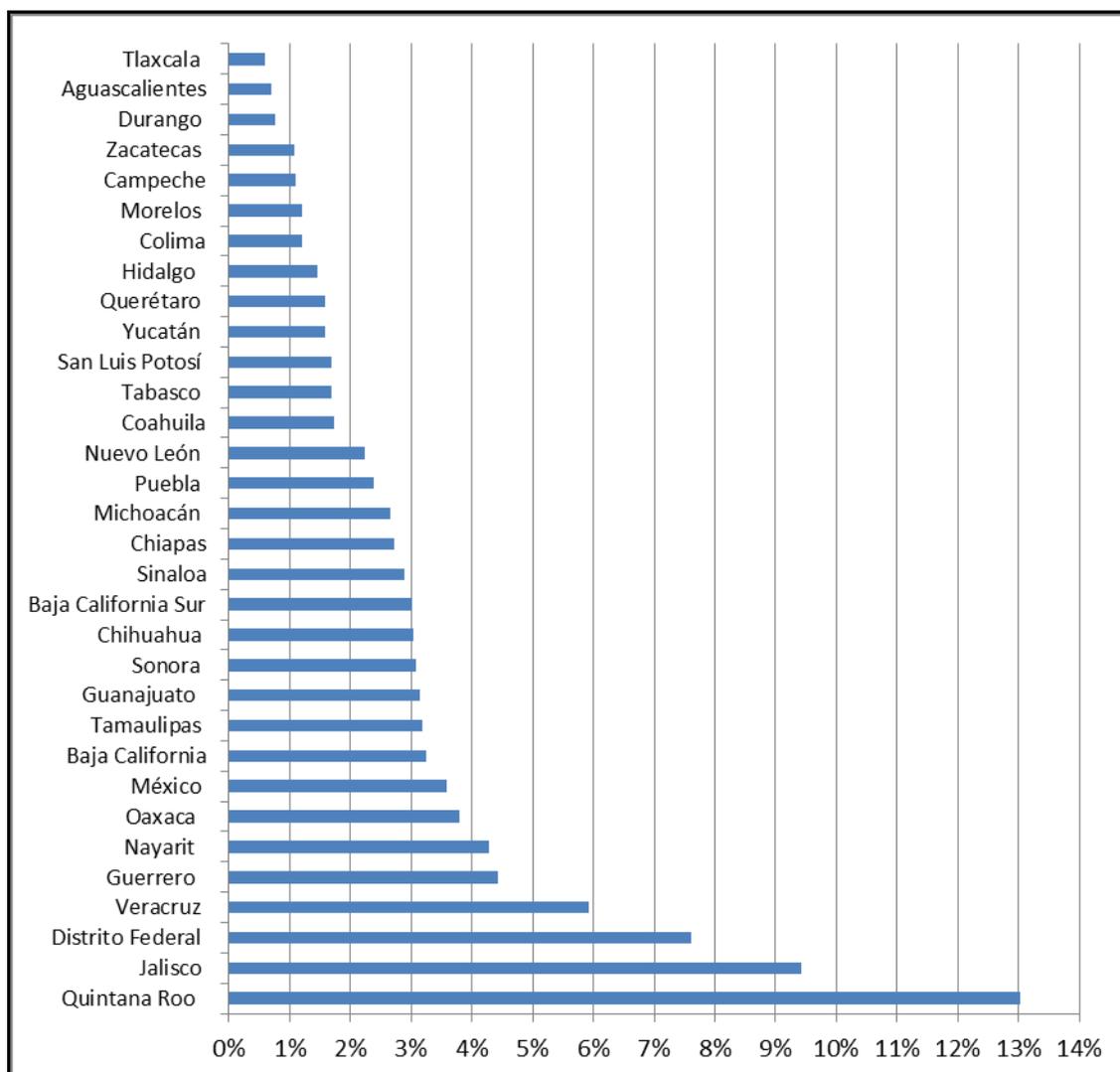


Figura 2. Oferta de cuartos de hotel en México por entidades federativas al 2010.
 Fuente: Elaboración propia con base en datos estadísticos del Sistema Nacional de Información Turística SNIT.

Otra característica importante a destacar es que Quintana Roo a pesar de no figurar entre los tres estados con mayor número de hoteles es el estado que más turistas puede alojar en sus hoteles al contar con un mayor número de habitaciones. Y esto es debido a que sus hoteles cuentan en promedio con un número mayor de habitaciones por hotel.

1.2 CLASIFICACIÓN

La Secretaría de Turismo (SECTUR), órgano encargado de regular la actividad turística en México, cuenta con dos sistemas de clasificación para hoteles de acuerdo a las características propias de cada destino turístico y de acuerdo a los servicios que ofrecen a sus clientes, organizado de la siguiente manera:

Por ubicación

Hoteles en Ciudades

- En grandes ciudades
- En frontera norte
- Del interior.

Hoteles en Playas

- En centros integralmente planeados
- En centros tradicionales de playa,
- Otros

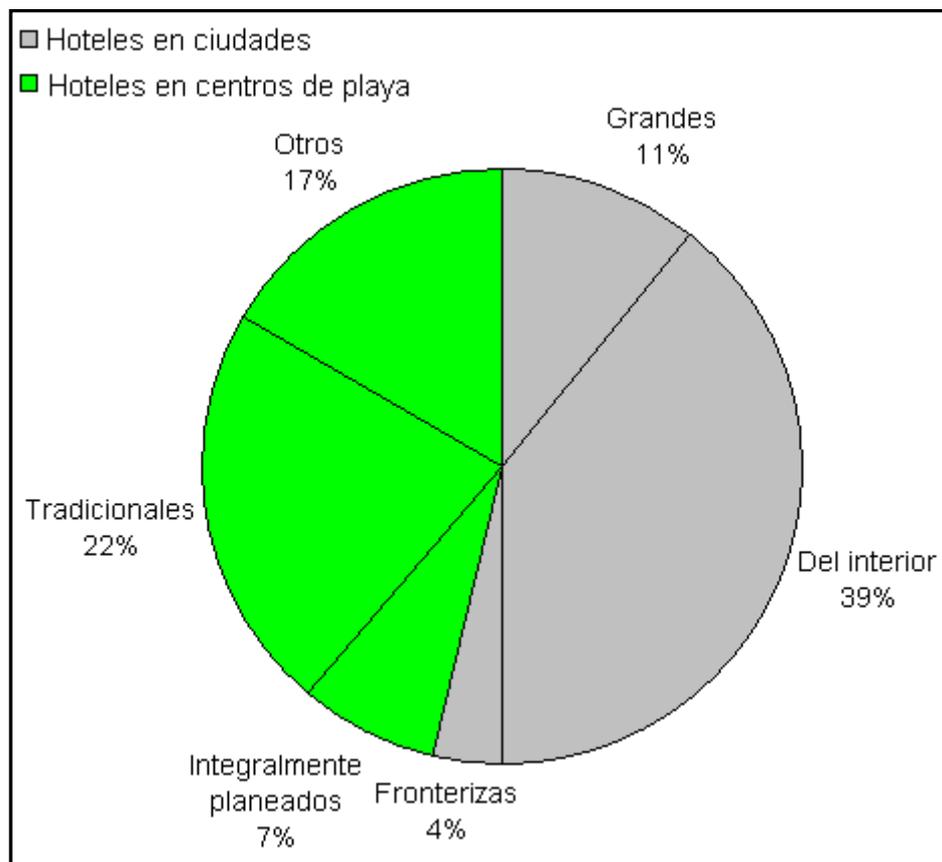


Figura 3. Distribución de hoteles de acuerdo a las características de ubicación en México.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Sistema Nacional de Información Estadística del Sector Turismo de México DATA TUR.

En la figura 3 podemos observar que hay mayor concentración de hoteles en México dentro de ciudades que en centros de playas abarcando la mayor cantidad de hoteles las ciudades del interior.

Por categorías

La otra clasificación que se da dentro de los hoteles de México es de acuerdo a los servicios que ofrecen a sus clientes clasificándolos por estrellas, siendo de una estrella el hotel que menos servicios ofrece y de cinco estrellas el que más ofrece como se muestra en la figura 4. También tenemos que en México la categoría de hoteles que más abunda es la de tres estrellas al cierre del año 2010 como lo muestra la figura 5.

Categoría	Características y servicios que ofrece
★	Cambio de blancos y limpieza de la habitación; con regadera, lavabo y sanitario, sus muebles son sencillos, su personal de servicio se limita a la limpieza de cuartos.
★★	Cafetería a horas determinadas, limpieza en la habitación, cambio de blancos y toallas diario, sus muebles son sencillos, su personal de servicio y atención al huésped se limita a la atención de limpieza en cuartos y recepción de huéspedes.
★★★	Restaurante-cafetería, generalmente de 7am a 11pm, sus muebles y decoración son de tipo comercial, su personal de servicio y atención al público es el necesario en algunos casos bilingües estos últimos.
★★★★	Provee alimentación en restaurante-cafetería, cuenta con bar, servicio de alimentos a las habitaciones mínimo de 16 horas, facilidades de banquetes, personal directivo y supervisor bilingüe (Inglés-Español), personal de servicio uniformado, cambio diariamente de blancos y suministros de baño, su mobiliario y decoración es de calidad comercial.
★★★★★	Provee de alimentación en uno o varios restaurantes o cafeterías; cuenta con Bar con música y entretenimiento; servicio de alimentos a las habitaciones durante 16 horas; locales comerciales, áreas recreativas salón de banquetes y convenciones; el personal directivo, de supervisión y operativo es bilingüe (Inglés/Español); personal de servicio y atención al huésped disponible las 24 horas del día y perfectamente uniformado; su mobiliario, acabados e instalaciones son de calidad selecta.
Gran Turismo	Provee de alimentación en uno o varios restaurantes o cafeterías; restaurante de especialidades; cuenta con uno o varios bares con música y entretenimiento; centro nocturno o similar; uno o varios salones de banquetes y convenciones; servicio de alimentos a la habitación las 24 horas; áreas recreativas o centro ejecutivo dependiendo de su ubicación; varios tipos de locales comerciales; personal directivo, de supervisión y operativo bilingüe (Inglés-Español); personal de servicio y atención al huésped las 24 horas perfectamente uniformado; su mobiliario, decorado, instalaciones y suministros son de diseño exclusivo y de calidad selecta.
Clase especial	Establecimiento que por su ubicación, arquitectura, tipo y número de servicios o valor histórico no pueden ser contemplados en las categorías anteriores; sin embargo, por sus características especiales representan un atractivo para el turista.

Figura 4. Descripción de servicios ofrecidos en hoteles por categorías.

Fuente: Glosario de términos de DATA TUR

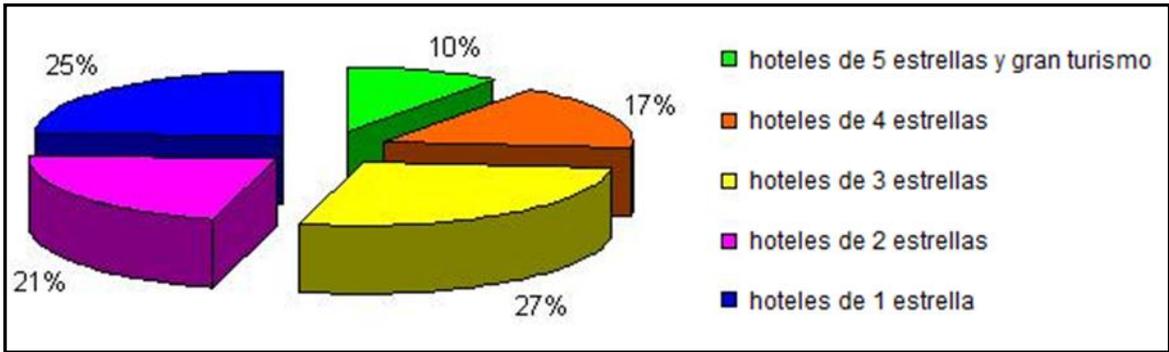


Figura 5. Oferta de hoteles en México por categoría 2010.

Fuente: Elaboración propia con base en datos estadísticos del Sistema Nacional de Información Turística SNIT.

Por otra parte, podemos observar también que la capacidad promedio de los hoteles en México es directamente proporcional a la categoría de los mismos, es decir, a mayor categoría mayor capacidad promedio y por lo tanto un hotel de mayor tamaño (ver figura 6).

Tipo de hotel	No. De Hoteles	No. de Cuartos	No. de cuartos Promedio por hotel
1 estrella	2631	53811	20.5
2 estrellas	2276	61050	26.8
3 estrellas	2957	106957	36.2
4 estrellas	1791	123696	69.1
5 estrellas	1073	169308	157.8

Figura 6. Distribución de hoteles en México por categoría.

Fuente: Elaboración propia con base en datos estadísticos del Sistema Nacional de Información Turística SNIT.

2. CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA HOTELERA

Toda actividad humana supone, de una forma u otra, consumo de energía. Cuando se habla de consumo de energía, se piensa casi inmediatamente en los grandes complejos industriales, pero a todas las escalas el hombre utiliza energía para fines muy diferentes: confort térmico, transportación o alumbrado.

De manera general se puede definir a la energía como la capacidad para realizar un trabajo. A partir de la energía, el hombre modifica la naturaleza, fabrica productos elaborados, los distribuye y ofrece diferentes tipos de servicios a la sociedad.

2.1 DISTRIBUCIÓN ENERGÉTICA

Dentro de la industria hotelera el consumo de energía es esencial para satisfacer las necesidades de los servicios que ofrece a sus clientes. Las formas de energía que normalmente son utilizadas son la energía eléctrica y la energía térmica (producida directamente por Gas LP, diesel, carbón, gas natural, etc.). La eléctrica es la principal forma de energía utilizada en los hoteles de México con un porcentaje de uso promedio de 67.2%¹, esto debido a su uso en iluminación, ascensores, bombeo de agua, aire acondicionado, maquinaria eléctrica de cocinas, restaurante, lavandería, etc. Por otro lado, para complementar la demanda energética requerida en los hoteles, están los combustibles, utilizados en un 32.38% los cuales se utilizan generalmente en la producción de agua caliente, en la calefacción (si no dispone de bomba de calor) y para el suministro de la cocina.

En la figura 7 se puede apreciar el predominio del consumo eléctrico sobre el consumo térmico, aunque hay que tener en cuenta que a nivel individual existen grandes diferencias respecto de esta distribución, en función de los factores mencionados en el capítulo anterior. Uno de ellos era la situación geográfica del hotel tal como se aprecia en los promedios para hoteles situados en la ciudad respecto a los de playa con clima cálido. Esta demanda es evidente, ya que en los

¹ IPSE SA de CV. Análisis de mercado para la aplicación de energías renovables en hoteles en México, y mercado potencial para el sector financiero.

sitios de playa predomina el uso de aire acondicionado sobre el uso de combustibles para el calentamiento de agua, que se minimiza por los efectos de la temperatura ambiente.

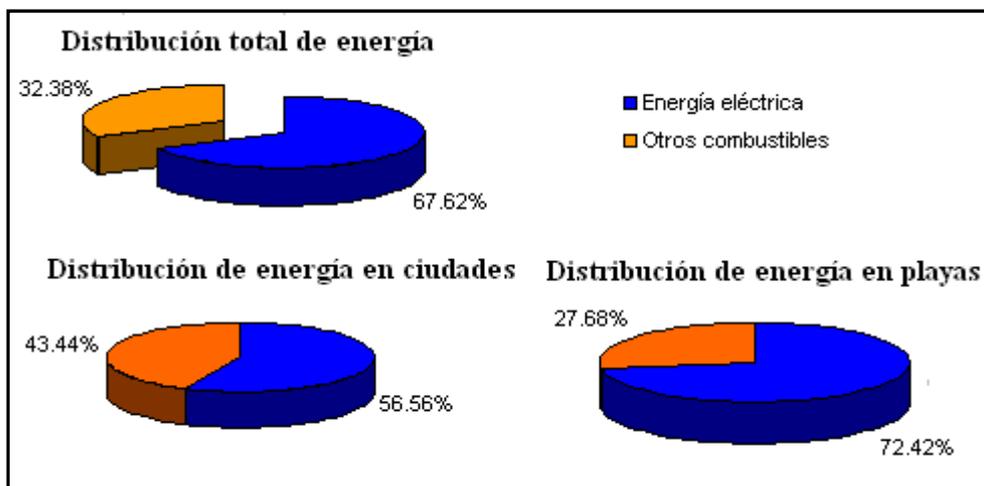


Figura 7 Distribución promedio de energía dentro de hoteles de México.
Fuente: Transénergie, Junio 2009.

Dentro de un hotel la distribución energética por tipo de servicio es uno de los puntos a tomar en cuenta ya que en los servicios con mayor consumo de energía requerido es donde la aplicación de técnicas de ahorro energético puede tener mejores resultados.

De manera indicativa, en las figuras 8 y 9 se muestra cómo se reparte la demanda energética entre los principales equipos consumidores en hoteles cercanos a la costa con un clima cálido, lo cual podría aplicarse para hoteles con las mismas características.

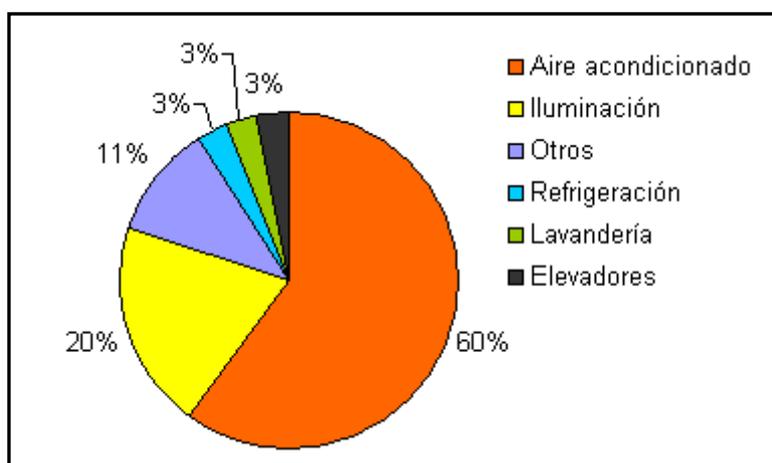


Figura 8. Distribución promedio de energía por tipo de servicio dentro de hoteles de México.
Fuente: CONUEE, Agosto del 2002.

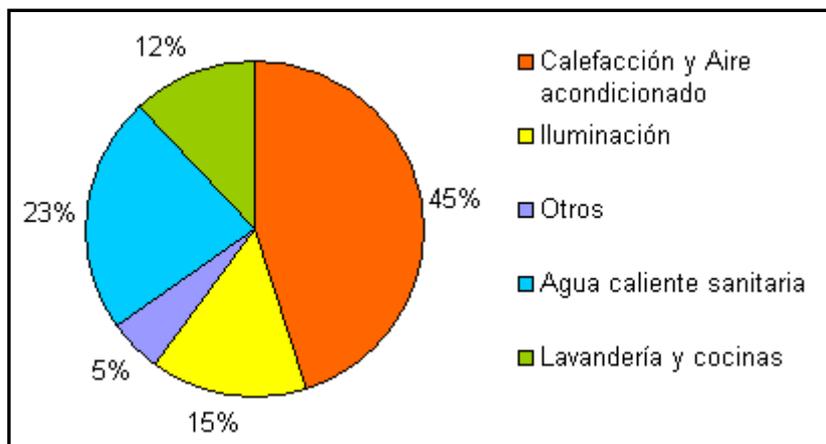


Figura 9. Distribución promedio de energía por tipo de servicio dentro de hoteles de la comunidad Valenciana.
Fuente: AVEN, Agencia Valenciana de la Energía.

Otro de los factores a tomar en cuenta en el consumo de energía es la relación que existe entre el número de servicios que brinda un hotel y su consumo de energía, como lo muestran los datos de la figura 10 obtenidos de un estudio hecho en hoteles de la comunidad Valenciana. Y en la figura 11 se muestran los costos promedio anuales en energía para hoteles de México. En las dos figuras se puede apreciar que entre mayor categoría tiene un hotel, mayor es su consumo de energía.

Este último análisis también engloba al tamaño del hotel pues como ya vimos en el capítulo anterior al tener un hotel de mayor categoría en promedio este tiene mayor tamaño.

Categoría del hotel	Consumo medio (KWh)
1 estrella	230,700
2 estrellas	470,000
3 estrellas	1,276,700
4 estrellas	1,914,500
5 estrellas	2,460,900

Figura 10 Consumo de energía promedio mensual por categoría en hoteles de la comunidad Valenciana.
Fuente: AVEN, Agencia Valenciana de la Energía.

Tipo de hotel	1 estrella	2 estrellas	3 estrellas	4 estrellas	5 estrellas
<i>De ciudad</i>	\$ 99,210	\$ 309,445	\$ 378,841	\$ 527,954	\$ 1,462,917
<i>De playa</i>	\$ 95,876	\$ 205,073	\$ 478,112	\$ 1,533,642	\$ 8,271,648

Figura 11. Promedio del costo anual de energía en hoteles de México.

Fuente: CONUEE, 2009.

En México, aún y cuando es evidente un proceso de crecimiento del sector de servicios y en donde el desarrollo de vivienda es uno de los fenómenos más importantes de la economía en los últimos años, el asunto del consumo de energía en el espacio construido ha tenido poca atención. Una de las razones por las que se hace esta omisión es por la manera en la que las empresas distribuidoras de energía eléctrica contabilizan el uso de la energía.

En el caso de la electricidad, las empresas eléctricas manejan las estadísticas de sus usuarios en función de las tensiones de servicios (voltaje de suministro) más que por los sectores que atienden. Sin embargo, cuando las empresas eléctricas agrupan a conjuntos de tarifas por sectores, ubican bajo el concepto de “comercial” a usuarios en baja tensión (tarifas 2 y 3) y de “servicios” a las que corresponden a servicios municipales (alumbrado y bombeo de agua).

Así, bajo el concepto de “mediana industria” ubica a los usuarios en media tensión (tarifas OM y HM). Sin embargo, la mayoría de las instalaciones del sector servicios (desde restaurantes hasta los grandes almacenes, incluyendo por supuesto a los hoteles) están dentro de la categoría de “mediana industria”. Esto lleva, por supuesto, a que se subestime considerablemente al sector de servicios como consumidor de energía eléctrica y a que se consideren de poca importancia los esfuerzos para mejorar su eficiencia energética. Esta situación se refleja en las estadísticas nacionales del Balance Nacional de Energía, donde se considera como categoría de consumo final de energía a la de “Residencial, comercial y público”. Así se hace evidente que la forma en la que actualmente se pondera a los inmuebles de uso no residencial que corresponden al sector de servicios (como son hoteles, escuelas, bancos, restaurantes y centros comerciales) son subestimados significativamente como usuarios de energía (ver figura 11).

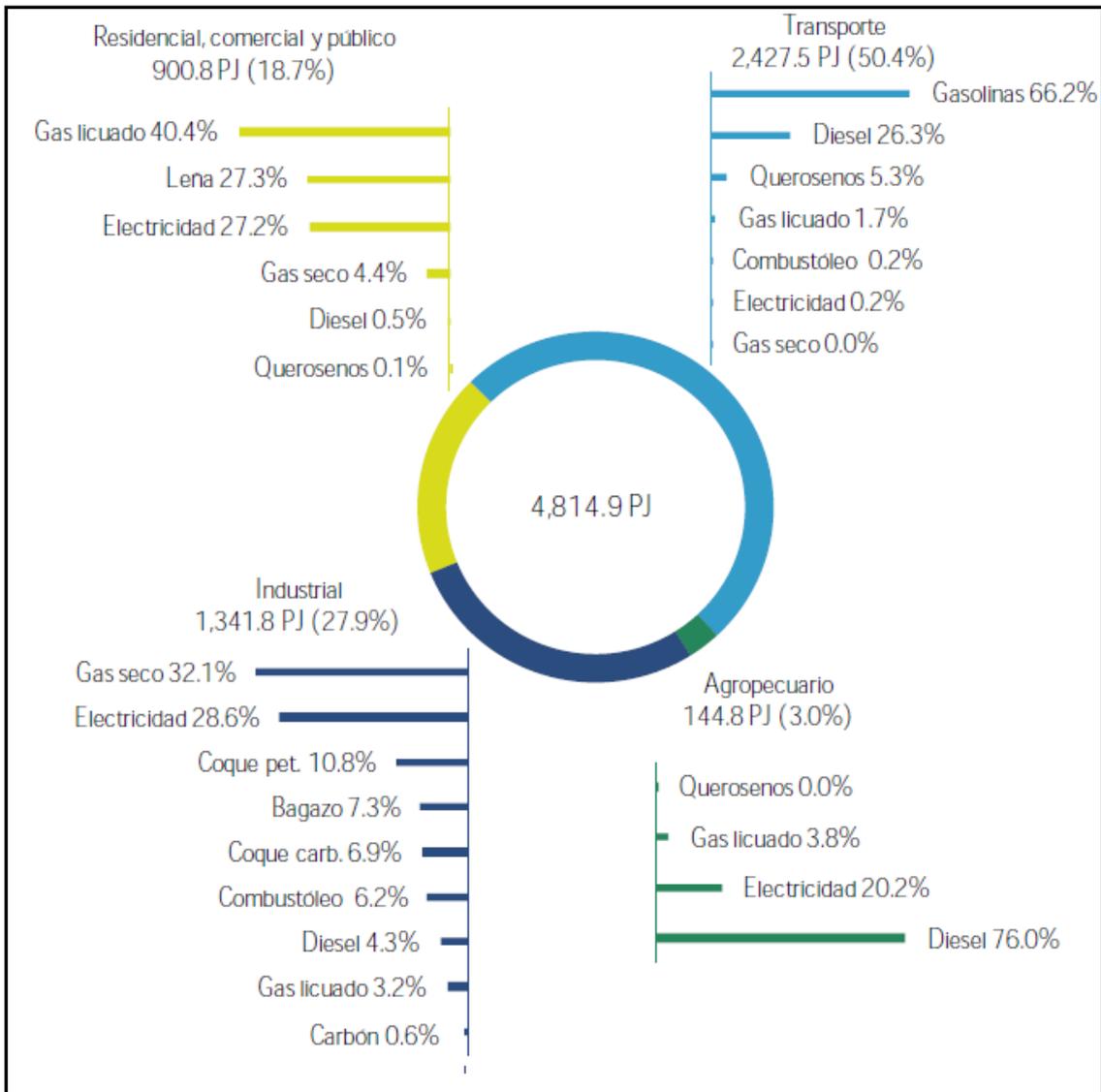


Figura 11. Distribución del consumo de energía total por sectores (En el sector Residencial comercial y público está incluido el sector hotelero, pero en el sector industrial también se incluye este sector en lo que se refiere al consumo de energía eléctrica). Fuente: Balance Nacional de Energía 2008, SENER.

En cuanto a los costos energéticos medios para las distintas fuentes de energía utilizadas por el sector hotelero en México, la distribución de costos energéticos entre la energía eléctrica y la energía térmica consumida por el sector se aprecia que la distribución de costos varía sensiblemente, incrementándose para la energía eléctrica. Ver figura 12 y 13.

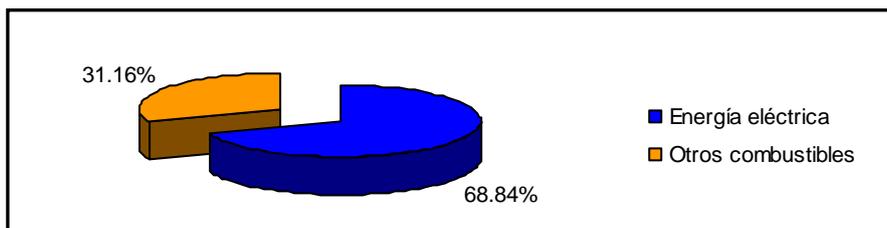


Figura 12. Distribución del costo promedio de energía en hoteles de México. Fuente: Transenergíe, Junio 2009.

Para concluir este apartado observemos los datos que nos muestra la figura 13 que corresponden a la distribución de gastos de operación de un hotel donde el consumo de energía de una instalación hotelera oscila entre un 5% y un 20 % por lo que el ahorro de energía puede contribuir de manera significativa a la reducción de los costos de un hotel.

Concepto	% de costo de operación
Salarios y prestaciones	35 - 60
Administración	3 - 12
Energía	5 - 20
Insumos y otros	30 - 50

Figura 13. Distribución del porcentaje de gastos de operación de hoteles de México. Fuente: Transenergíe Junio 2009.

2.2 MEDICIÓN

La energía puede ser medida con diferentes unidades pero la unidad más utilizada es el Joule (J). Aunque en México las compañías que distribuyen la energía eléctrica utilizan como unidad de medida el Kilowatt-hora (kW-hr), que es el equivalente a 3600 Kilojoules (KJ). Por ello, al hacer comparaciones entre una y otra medida de energía es importante homogeneizar los datos referentes al consumo energético.

Regularmente, las cantidades de gas natural se expresan en m³, el diesel y la gasolina en litros, pero es preciso conocer el poder calorífico neto de estos combustibles para obtener los datos de energía correspondientes al consumo de

los mismos en Joules o kW-hr que son las unidades de energía más utilizadas en México.

El poder calorífico neto (PCN) es la cantidad de calor que se produce en la combustión, excluyendo el calor no recuperable. Equivale, entonces, al calor del proceso de combustión que se aprovecha en la práctica.

Una vez teniendo el PCN y el volumen de combustible utilizado solo bastará hacer un producto entre ambos para obtener la cantidad de energía utilizada mediante combustibles como se muestra a continuación:

$$\text{Consumo de Energía} = \text{PCN} \times \text{Volumen del combustible}$$

En el anexo de este trabajo se presenta una tabla con el valor del PCN para los combustibles más utilizados en hoteles de México.

Para la medición del consumo de energía eléctrica bastará con consultar el recibo de energía eléctrica (en el anexo se incluye la estructura de un recibo de estos).

2.3 ÍNDICES DE CONSUMO DE ENERGÍA

Por su particular finalidad, un hotel es un edificio creado para descansar y sentirse confortable. La energía, en sus distintas formas, es utilizada en muchas de las aplicaciones para contribuir a crear un ambiente confortable. Por otra parte, no siempre un mayor consumo energético equivale a un mayor confort. Se conseguirá un grado de eficiencia óptima cuando el confort de los distintos ambientes y el consumo estén en la proporción adecuada.

Para medir esto nos valdremos de índices energéticos (IE), que se pueden utilizar para monitorear y evaluar las acciones de ahorro energético que se apliquen a un proceso o equipo. Además, sirven para establecer los límites de control del consumo de energía.

En términos generales, se definen como la cantidad total de energía consumida por unidad de producto fabricado o servicio ofrecido:

$$\text{IE} = \text{Energía total consumida} / \text{Unidad de producción}$$

Dentro de hoteles se puede hacer la relación de energía consumida por número de usuarios, por número de habitaciones, por área (m²), entre otros.

En la figura 14 se muestra una clasificación de los hoteles en función del grado de eficiencia energética respecto al tamaño del hotel, en la cual se observa el amplio margen de consumo que se puede presentar en un hotel.

Parámetros de eficiencia en hoteles				
Relación de eficacia	Excelente	Buena	Pobre	Deficiente
A) Hoteles grandes (más de 150 habitaciones) con aire acondicionado, lavandería y piscina cubierta.				
Electricidad (kWh/m ² .año)	0-165	165-200	200-250	250 en adelante
Combustibles (kWh/m ² .año)	0-200	200-240	240-300	300 en adelante
TOTAL (kWh/m ² .año)	0-365	365-440	440-550	550 en adelante
B) Hoteles de tamaño medio (50-150 habitaciones) sin lavandería, con calefacción y aire acondicionado en algunas dependencias				
Electricidad (kWh/m ² .año)	0-70	70-90	90-120	120 en adelante
Combustibles (kWh/m ² .año)	0-190	190-230	230-260	260 en adelante
TOTAL (kWh/m ² .año)	0-260	260-320	320-380	380 en adelante
C) Hoteles de tamaño pequeño (menos de 50 habitaciones) sin lavandería, con calefacción y aire acondicionado en algunas dependencias				
Electricidad (kWh/m ² .año)	0-60	60-80	80-100	100 en adelante
Combustibles (kWh/m ² .año)	0-180	180-210	210-240	240 en adelante
TOTAL (kWh/m ² .año)	0-240	240-290	290-340	340 en adelante

Figura 14. Índices de eficiencia energética en hoteles.

Fuente: AVEN, Agencia Valenciana de la Energía.

En la figura 14 también observamos que se generaliza tanto a hoteles de playa como de ciudad y su categoría que como ya hemos comentado son factores influyentes en el consumo de energía, por lo que en el anexo de este trabajo se presentan tablas con indicadores energéticos más específicos de acuerdo a su categoría, número de habitaciones y ubicación.

Así, teniendo un estándar detallado en cuanto al consumo de energía, y con un buen registro de medición de uso de energía eléctrica y combustibles podemos clasificar un hotel desde el punto de vista de eficiencia energética, y tomar las medidas necesarias para reducir el consumo y costo de la energía.

3. AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN

La iluminación puede ser considerada como un sistema conversor de energía, en donde la energía de origen eléctrico, es transformada en condiciones de visión, confort y atmósfera visual. Dentro de los hoteles es uno de los servicios básicos, sin importar el tamaño, categoría o ubicación. Una buena iluminación es esencial para el bienestar y la salud. Se estima que podrían lograrse reducciones de entre el 30% y el 50%² en el consumo eléctrico debido a la iluminación, gracias al uso de componentes más eficaces, empleo de sistemas de control y a la integración de la luz natural. Además puede haber un ahorro adicional si el hotel tiene aire acondicionado, ya que la iluminación de bajo consumo energético presenta una menor emisión de calor. Por otro lado, el ahorro energético en iluminación no debe estar reñido con la calidad del servicio por lo que los sistemas de iluminación del hotel tienen que mantener los niveles de iluminación adecuados para cada actividad, creando un ambiente agradable y una buena sensación de confort.

Prácticamente en cualquier hotel, que no haya sufrido una modernización reciente en el sistema de iluminación, es muy probable que puedan lograrse reducciones significativas en el uso de la energía y en los costos de iluminación.



Hotel GENEVE, Ciudad de México

² Plan de ahorro y eficiencia energética de la comunidad Valenciana, AVEN.

3.1 NIVELES DE ILUMINACIÓN

El lumen es la unidad de medida del flujo luminoso, definido como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible.

Los niveles de iluminación recomendados para diferentes tareas vienen dados por la iluminancia E, propiedad que indica el flujo luminoso recibido por una superficie (lm/m^2). La unidad de iluminancia se denomina lux (lx).

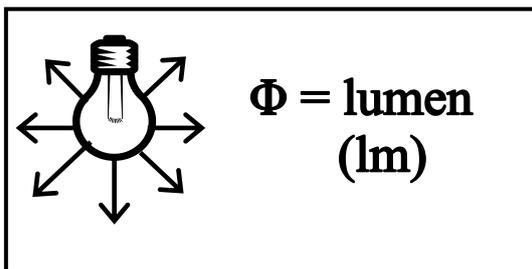


Figura 15. El flujo luminoso Φ es un índice representativo de la potencia luminosa de una fuente de luz.

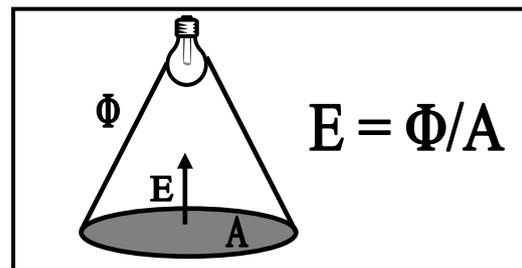


Figura 16. Iluminancia E es un índice representativo del flujo luminoso que incide sobre una superficie A



Las recomendaciones para algunas de las zonas más significativas dentro de los hoteles las podemos observar en las figuras de abajo. La figura 17 corresponde a los niveles de iluminación recomendados en hoteles por la Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación (SMII) y la Sociedad de Ingenieros en Iluminación de Norte América (IESNA).

Mientras que la figura 18 corresponde a los niveles recomendados por el Comité Español de Iluminación (CEI). Cabe mencionar que la IESNA recomienda como iluminancia máxima y mínima factores de 1.25 y 0.85 veces, respectivamente, de la iluminancia dada.

LUGAR A ILUMINAR	NIVELES DE ILUMINACIÓN (lux)	
	SMII	IESNA
Recamaras		
Iluminación en general	60	108
Baños	200	323
Escritorios	200	323
Corredores y escaleras		
Iluminación en general	60	60
Recepción		
Iluminación en general	300	540
Lobby		
Iluminación en general	200	108
Áreas de trabajo y lectura	200	323

Figura 17. Niveles de iluminación recomendados en hoteles por la SMII y la IESNA.



LUGAR	NIVELES DE ILUMINACIÓN (lux)	PUNTO DE MEDIDA
Exterior		
Vías de acceso	10-15	Suelo
Aparcamiento	3-5	Suelo
Jardín	3-5	Suelo
Fachada	25-100	Pared
Hall		
Alumbrado general	150-200	1m del suelo
Recepción-caja	300-500	1m del suelo
Pasillos-Escaleras		
Alumbrado diurno	150-200	1 m del suelo
Alumbrado nocturno	75-100	1 m del suelo
Habitaciones		
Alumbrado general	50-100	Suelo
Cabecero cama	150-300	Plano de lectura
Baños		
Iluminación general	100	Suelo
Espejo	200	Rostro
Bar-Restaurante		
Bar	150-200	Mostrador
Restaurante	150-300	Mesas
Salas de reuniones-Convenciones		
Salones	150-300	Suelo
Oficinas	400	Mesas

Figura 18. Niveles de iluminación recomendados en hoteles por el Comité Español de Iluminación (CEI).

3.2 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN



Los elementos básicos de un sistema de iluminación son:

- Fuente de luz o lámpara: Encargadas de transformar la energía eléctrica en luz.
- Luminaria: cumplen funciones energéticas, mecánicas, térmicas y estéticas, al distribuir espacialmente la luz generada por las fuentes de luz.
- Equipo auxiliar: muchas fuentes de luz no pueden funcionar con conexión directa a la red, y necesitan dispositivos que modifiquen las características de la corriente de manera que sean aptas para su funcionamiento.

El consumo energético de un sistema de iluminación depende de los siguientes factores:

- La eficiencia de los diferentes componentes del sistema: lámparas, luminarias y balastos.
- La manera como se utilizan estos sistemas, muy influenciada por los sistemas de control y la disponibilidad de luz natural.
- El régimen de mantenimiento.

Por lo que para reducir el consumo de energía manteniendo los niveles de iluminación adecuados en un hotel habrá que tomar en cuenta utilizar lámparas y equipos eficientes, conocer y controlar dicho consumo para saber en cada momento como corregir el consumo innecesario, y establecer un periodo de mantenimiento adecuado.

3.2.1 FUENTES DE LUZ O LÁMPARAS

Pueden clasificarse principalmente en tres categorías: incandescentes, de descarga y de estado sólido.

Las principales características para definir las fuentes de luz son las siguientes:

Eficacia Luminosa

La eficacia luminosa de una fuente de luz es la cantidad de flujo luminoso que emite por cada unidad de potencia eléctrica que consume.

$$\text{Eficacia luminosa (lm/W)} = \text{Flujo luminoso (lm)} / \text{Potencia consumida (W)}$$

Indica la eficiencia con la que la energía eléctrica es transformada en luz. Tiene un valor límite teórico de 683 lm/W³, aunque en la realidad las cifras para las lámparas que se encuentran en el mercado están muy alejadas de este valor. En la definición de eficacia luminosa no se tiene en cuenta la potencia consumida por los equipos auxiliares (potencia de pérdidas); sin embargo, este consumo debe considerarse al analizar el funcionamiento de la lámpara.

Vida útil

Indica el tiempo de funcionamiento en el cual el flujo luminoso de la lámpara ha descendido a un valor tal que la fuente de luz no es rentable y es recomendable su sustitución, teniendo en cuenta el costo de la lámpara, el precio de la energía consumida y el costo de mantenimiento.

Índice de reproducción cromática (Ra)

Define la capacidad de una fuente de luz para reproducir el color de los objetos que ilumina. Toma valores entre 0 y 100, correspondiendo valores más altos de índice a mayor calidad de reproducción cromática.

³ Máximo valor de eficacia de acuerdo a la curva de sensibilidad espectral relativa del ojo humano, alcanzada a 555 nm. Fuente: *High Brightness LED's*, G. B. Stringfellow & M. George Craford.

Temperatura de color

La temperatura de color es la apariencia subjetiva de color de una fuente de luz, es decir, es el color que percibe el observador de la luz. Se distinguen:

Luz Cálida	$T < 3,300 \text{ K}$
Luz Neutra	$3,300 \text{ K} < T < 5,300 \text{ K}$
Luz Fría	$T > 5,300 \text{ K}$

Parámetros de temperatura de color.

Tipos de Lámparas

Existen distintos tipos de fuentes de luz, la elección de un tipo u otro depende de las necesidades concretas de cada aplicación. A continuación se describen los distintos tipos de lámparas:

LÁMPARAS INCANDESCENTES

Lámparas incandescentes no halógenas

Su funcionamiento se basa en hacer pasar una corriente eléctrica por un filamento de wolframio hasta que alcanza una temperatura tan elevada que emite radiaciones visibles por el ojo humano. Cuentan con muy baja eficiencia, 95% de la energía que consumen se disipa en forma de calor. Por otro lado tienen un excelente índice de reproducción cromática además de tener un bajo costo.



Lámparas incandescentes halógenas

La incandescencia halógena mejora la vida y la eficacia de las lámparas incandescentes, aunque su costo es mayor y su uso más delicado. Incorporan un gas halógeno para evitar que se evapore el wolframio del filamento y se deposite en la ampolla disminuyendo el flujo útil como ocurre en las incandescentes estándar.



LÁMPARAS DE DESCARGA

Las lámparas de descarga constituyen una forma de producir luz más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. La luz se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. A diferencia de la incandescencia, la tecnología de descarga necesita un equipo auxiliar (balastro, cebador) para su funcionamiento. Según el tipo de gas y la presión a la que se le somete, existen distintos tipos de lámparas de descarga.

Lámparas fluorescentes tubulares

Son lámparas de vapor de mercurio a baja presión de elevada eficacia y vida. Las cualidades de color y su baja luminancia las hacen idóneas para interiores de altura reducida. Ocupan el segundo lugar de consumo después de las incandescentes, principalmente en oficinas, comercios, locales públicos, industrias, etc. Las lámparas fluorescentes más usadas hoy en día son las T8 (26 mm de diámetro); sin embargo, se han desarrollado las T5 (16 mm de diámetro) que sólo funcionan con equipo auxiliar electrónico. Esto, junto a su menor diámetro les proporciona una alta eficacia luminosa, que puede alcanzar hasta 105 Lm/W.



Lámparas fluorescentes compactas

Poseen el mismo funcionamiento que las lámparas fluorescentes tubulares y están formadas por uno o varios tubos fluorescentes doblados. Son una alternativa de mayor eficacia y mayor vida a las lámparas incandescentes. Algunas de estas lámparas compactas llevan el equipo auxiliar incorporado (lámparas integradas) y pueden sustituir directamente a las lámparas incandescentes en su portalámparas.



Lámparas fluorescentes sin electrodos

Las lámparas sin electrodos o de inducción emiten la luz mediante la transmisión de energía en presencia de un campo magnético, junto con una descarga en gas. Su principal característica es la larga vida (60.000 h) limitada sólo por los componentes electrónicos.



Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Por su mayor potencia emiten mayor flujo luminoso que la fluorescencia, aunque su eficacia es menor. Por su forma se suelen emplear en iluminación de grandes áreas.



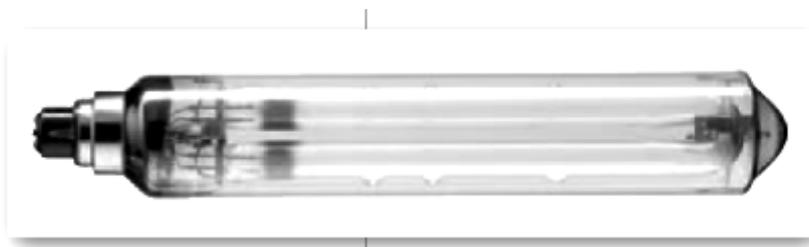
Lámparas de halogenuros metálicos

Este tipo de lámpara posee halogenuros metálicos además del relleno de mercurio por lo que mejoran considerablemente la capacidad de reproducir el color, además de mejorar la eficacia.



Lámparas de vapor de sodio a baja presión

En estas lámparas se origina la descarga eléctrica en un tubo de vapor de sodio a baja presión produciéndose una radiación prácticamente monocromática. Actualmente son las lámparas más eficaces del mercado, sin embargo, su uso está limitado a aplicaciones en las que el color de la luz (amarillento en este caso) no sea relevante.



Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Las lámparas de sodio a alta presión mejoran la reproducción cromática de las de baja presión y, aunque la eficacia disminuye su valor, sigue siendo alto comparado con otros tipos de lámparas. Además, su tamaño hace que el conjunto óptica-lámpara sea muy eficiente. Actualmente está creciendo su uso al sustituir a las lámparas de vapor de mercurio, ya que presentan una mayor vida útil con una mayor eficacia.



TECNOLOGÍA LED

Los Diodos Emisores de Luz (LED: Lighting Emitting Diode) están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz. No poseen filamento, por lo que tienen una elevada vida (hasta 50.000 horas) y son muy resistentes a los golpes. Además, son un 80 % más eficiente que las lámparas incandescentes.

Su única desventaja es el alto costo en la inversión inicial, que bien puede retornar a corto o mediano plazo.



La utilización de un tipo de lámpara u otro es un factor decisivo a la hora de optimizar el consumo de energía en un hotel, por lo que es importante conocer qué lámparas existen en el hotel y sus principales características (figura 19).

TIPO DE LÁMPARA	Eficacia (Lm/W)	Vida útil promedio (hr)	Índice de Reproducción Cromática	Tono de luz
Incandescentes				
No halógena	6 - 15	1,000	100	Cálido
Halógena	10 - 24	2,000 - 4,000	100	Cálido
De descarga				
Fluorescente tubular T8	65-96	8,000 - 16,000	70 - 98	Cálido, Neutro, Frío
Fluorescente tubular T5	80-105	12,000 - 16,000	85	Cálido, Neutro, Frío
Fluorescentes compacta	40 - 85	10,000 - 12,500	85 - 98	Cálido, Neutro, Frío
Fluorescente sin electrodos	50 - 80	60,000	80	Cálido, Neutro
Vapor de mercurio a alta presión	30 - 60	12,000	50 - 60	Cálido, Neutro
Halogenuros metálicos	72 - 91	12,000 - 18,000	70 - 91	Cálido, Neutro, Frío
Vapor de sodio a baja presión	100 - 200	18,000	0	Naranja monocromático
Vapor de sodio a alta presión	46 - 150	25,000	20 - 80	Cálido
De estado sólido				
Led	50 - 120 ⁴	50,000	0 - 90	Cálido, Neutro, Frío

Figura 19. Principales características por tipo de lámpara.

Fuentes: Good lighting for Hotels and Restaurants, Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL). Lighting, Leonardo Energy.

La figura 20 muestra una comparación de los distintos tipos de lámparas en función de su eficacia luminosa y propiedades cromáticas. Las lámparas incandescentes presentan el mayor índice de reproducción cromática (Ra = 100), pero su eficacia es demasiado baja.

⁴ Valores de lámparas que hay actualmente en el mercado, pues a la fecha Nichia Corporation ha logrado desarrollar leds de luz blanca con una eficacia de 150 lm/W.



Figura 20. Propiedades cromáticas vs Eficacia en diferentes tipos de lámparas.
 Fuente: Guía técnica de Iluminación. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

A partir de los datos de la figura 19 se realizó una tabla de datos donde se muestra el potencial de ahorro energético en cuanto a iluminación se refiere haciendo una simple sustitución de lámparas por lámparas más eficientes.

El método que se utilizó fue comparar el mayor valor de eficacia de la lámpara a reemplazar contra el menor valor de eficacia de la lámpara que se recomienda utilizar, obteniendo así el porcentaje de ahorro mínimo. Y para obtener el porcentaje máximo de ahorro se comparó el menor valor de eficacia de la lámpara a sustituir contra el mayor valor de eficacia de la lámpara recomendada.

Lámpara a sustituir	Lámpara a utilizar	AHORRO %
Vapor de mercurio	Vapor de sodio baja presión ⁵	40 - 85
Vapor de mercurio	Halogenuros metálicos	16 - 67
Incandescente halógena	Halogenuros metálicos	66 - 89
Incandescente halógena	Fluorescente compacta	40 - 88
Incandescente	Fluorescente compacta	62 - 92
Incandescente	LED	70 - 95
Fluorescente Compacta	LED	0 - 67
Fluorescente T8	Fluorescente T5	0 - 38

Figura 21. Porcentaje de ahorro de energía que se puede alcanzar al sustituir las lámparas instaladas por lámparas más eficientes.

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de la figura 19.

⁵ Recomendada solo para lugares que no requieran una buena reproducción cromática como albercas climatizadas o zonas deportivas interiores

3.2.2 BALASTROS

El balastro es el componente que limita el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos; cuando el balastro es electromagnético comúnmente se le conoce como reactancia, ya que es frecuente el uso de inductancias como dispositivo de estabilización.

El balastro asociado a la lámpara o lámparas, debe proporcionar a éstas los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento y con las menores pérdidas de energía posibles.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética, existen tres tipos de balastros con las siguientes pérdidas sobre la potencia de la lámpara, según el tipo de lámpara, el número de lámparas asociadas al equipo y potencia de las mismas.

Tipo de lámpara	Magnético estándar	Magnético bajas pérdidas	Electrónico
Fluorescente	20 - 25%	14 - 16%	8 - 11%
De descarga	14 - 20%	8 - 12%	6 - 8%
Halógena de baja tensión	15 - 20%	10 - 12%	5 - 7%

Figura 22. Porcentaje de pérdida en las lámparas ocasionadas por diferentes tipos de balastros.

Fuente: Eficiencia energética en iluminación, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Tipo de lámpara	Tipo de balastro
Fluorescente T8	Electromagnético / Electrónico
Fluorescente T5	Electrónico
Fluorescente compacta	Electromagnético / Electrónico
De vapor de sodio	Electromagnético
De halogenuros metálicos	Electromagnético / Electrónico
De inducción	Electrónico

Figura 23. Balastros utilizados por diferentes tipos de lámparas.

Fuente: Eficiencia energética en iluminación, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Balastros electrónicos

En función del tipo de encendido existen dos tipos de balastros electrónicos:

- Con precaldeo: Los filamentos que hay en los extremos de los tubos reciben una tensión de bajo voltaje durante un breve espacio de tiempo. Una vez caliente, se aplica un impulso de cebado de unos 500 Volts, los electrodos sufren menos en el arranque tras este calentamiento, ya que el pico del arranque es menor que en el encendido en frío.

Este tipo de balastro electrónico es recomendable para lugares con un número frecuente de encendidos, ya que se estima que la vida del tubo aumenta en un 50%.

- Sin precaldeo: Este balastro aplica directamente a los electrodos un pico de tensión de 1000 Volts, consiguiendo un encendido inmediato (0.1 segundos). Este tipo de balastro sin precaldeo es recomendable en aquellos lugares donde el número de encendidos y apagados diarios no sea superior a tres.

En general se recomienda la utilización de balastros electrónicos por diferentes ventajas frente a los electromagnéticos como son:

- Mejoran la eficiencia de la lámpara y del sistema.
- Luz más agradable, sin parpadeo ni efecto estroboscópico.
- Optimizan el factor de potencia.
- Proporcionan un arranque instantáneo.
- Incrementan la vida de la lámpara.
- Permiten una buena regulación del flujo luminoso de la lámpara.
- No producen zumbido ni otros ruidos.

El único inconveniente de la aplicación del balastro electrónico está en su inversión, que es mayor que la de uno convencional, lo que hace que se recomiende la sustitución en aquellas luminarias que tengan un elevado número de horas de funcionamiento ya que en este caso el costo se amortiza con el ahorro energético que produce.

3.2.3 LUMINARIAS

La luminaria es el elemento donde va instalada la lámpara y su función principal es la de distribuir la luz producida por la fuente, en la forma más adecuada a las necesidades del hotel. Muchas luminarias modernas contienen sistemas reflectores cuidadosamente diseñados para dirigir la luz de las lámparas en la dirección deseada. Por ello, la remodelación de instalaciones viejas, utilizando luminarias de elevado rendimiento generalmente conlleva un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.

La forma de la distribución de luz de una luminaria depende del tipo de fuente de luz y del componente óptico que incorpore: ópticas, reflectores, lentes, diafragmas, pantallas, etc. En la siguiente tabla se da una recomendación del tipo de aplicación para cada tipo de distribución.

Tipo de distribución	Aplicación
Difusa	 Iluminación general y decorativa
Extensiva	 Iluminación general
Intensiva	 Iluminación general para grandes alturas
Asimétrica	 Iluminación perimetral
Intensiva orientable	 Iluminación de acento

Figura 24. Aplicación de luminarias según el tipo de distribución de luz.
Fuente: Eficiencia energética en iluminación, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Desde el punto de vista fotométrico la luminaria será la adecuada para el tipo de actividad a desarrollar. De acuerdo a la clasificación de porcentaje de flujo en el hemisferio superior e inferior de la horizontal tenemos las siguientes clases de luminarias:

CLASE DE LUMINARIA	% DE FLUJO	
	<i>Hemisferio Superior</i>	<i>Hemisferio Inferior</i>
Directa	0 - 10	90 - 100
Semi-directa	10 - 40	60 - 90
Directa-indirecta / general difusa	40 - 60	40 - 60
Semi-indirecta	60 - 90	10 - 40
Indirecta	90 - 100	0 - 10

Figura 25. Clases de luminarias según su distribución de flujo.
Fuente: Guía técnica de Iluminación, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

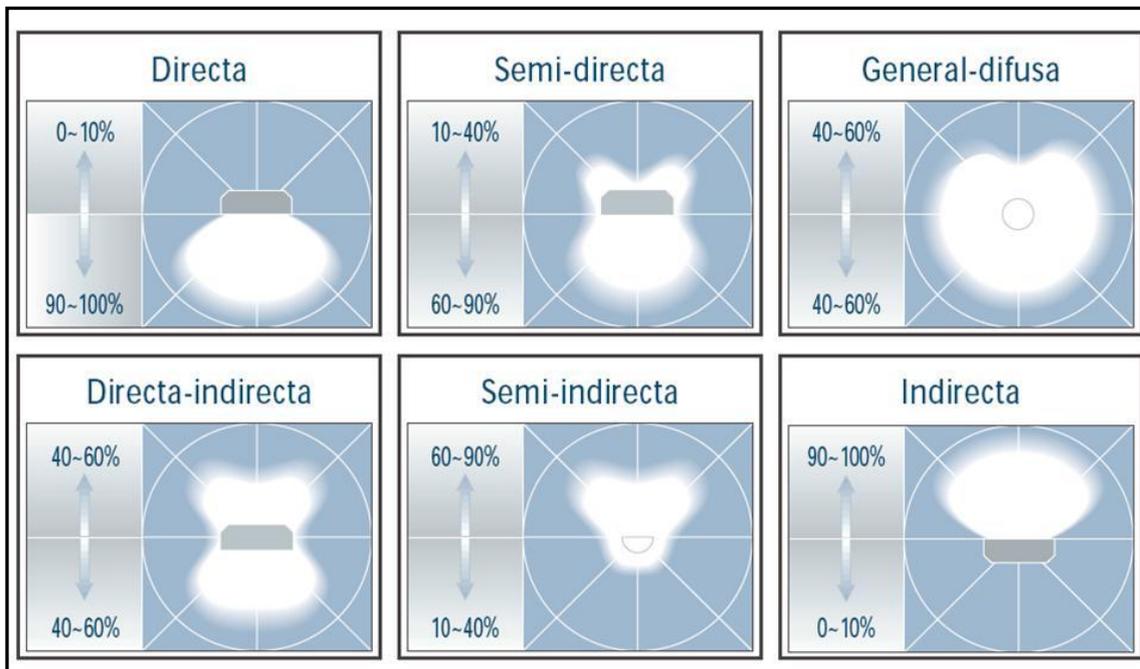


Figura 26. Distribución de flujo luminoso en luminarias.

Fuente: Guía técnica de Iluminación, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

A continuación se muestra una tabla con los rendimientos totales y con los rendimientos en el hemisferio inferior, para los diferentes tipos de luminarias. A modo de ejemplo, se observa que la regleta sencilla tiene un rendimiento global del 95%, pero solo un 60% de rendimiento hacia el hemisferio inferior, por lo que estamos perdiendo un 35% que se desvía hacia la parte superior de la estancia.

TIPO DE LUMINARIA	RENDIMIENTO TOTAL (%)	RENDIMIENTO HEMISFERIO INFERIOR (%)
Regleta sencilla	95	60
Regleta con cubeta de plástico opal	70	45
Con reflector y lamas en V	65	65
Con reflector y rejilla de retícula fina	55	55
De baja luminancia con reflectores parabólicos y rejillas de lamas	70	70
De baja luminancia con reflectores parabólicos y rejilla de lamas para lámpara T5	80	80

Figura 27. Comparación del rendimiento de algunos tipos de luminarias.

Fuente: AVEN, Agencia Valenciana de la Energía

El criterio fundamental será seleccionar aquel modelo de luminaria que tenga el mayor rendimiento, para la distribución fotométrica deseada. Esta información se obtiene de los diagramas polares de distribución de intensidades luminosas que aportan los fabricantes.

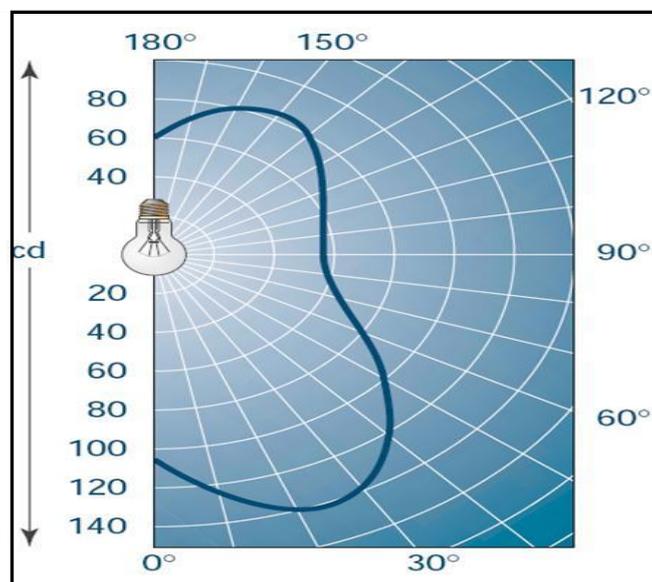


Figura 28. Ejemplo de un diagrama polar de distribución de intensidad luminosa.

3.3 CONTROL Y REGULACIÓN

La utilización de un sistema de control de luz abarca la adaptación funcional de la iluminación individual necesaria, la optimización del consumo energético, así como la configuración diferenciada de la arquitectura, exposición y presentación. Un buen sistema de control de iluminación proporciona una iluminación de calidad sólo cuando es necesario y durante el tiempo que es preciso. Con un sistema de control apropiado pueden obtenerse sustanciales mejoras en eficiencia energética de la iluminación de un hotel. Un sistema de control de la iluminación completo combina sistemas de control de tiempo, sistemas de control de la ocupación, sistemas de aprovechamiento de la luz diurna y sistemas de gestión de la iluminación.

Los sistemas de control de tiempo permiten apagar las luces según un horario establecido para evitar que las mismas estén encendidas más tiempo del necesario. En este punto cabe destacar la instalación de interruptores horarios para el control del alumbrado de jardines y exteriores y de zonas comunes con horarios de uso limitados. Son uno de los dispositivos más simples, económicos y eficientes en materia de ahorro de energía.



Temporizador digital de pared.



***Temporizador multicanal.
Puede controlar hasta 16
lámparas.***

Por otro lado los sistemas de control de ocupación permiten mediante detectores de presencia, la conexión y desconexión de la iluminación en función de la presencia de usuarios en los lugares controlados. Estos sistemas se pueden instalar en los pasillos de acceso a las habitaciones, en las zonas de servicio y mantenimiento, en tocadores, entre otros.



Figura 29. Sensor de presencia infrarrojo.

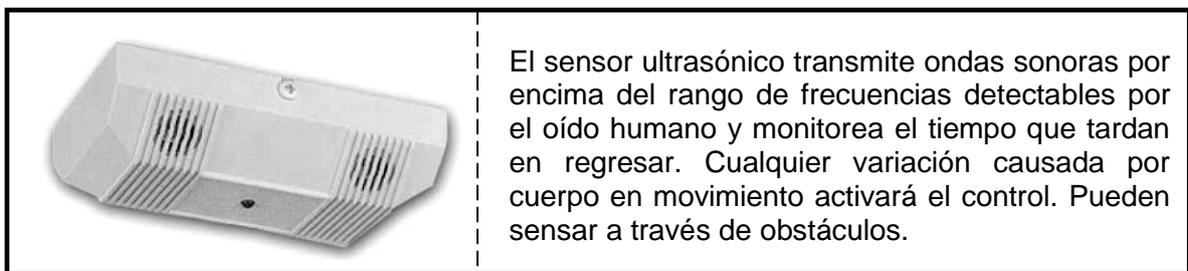


Figura 30. Sensor de presencia ultrasónico

En la figura 31 se muestra el potencial de ahorro que puede tener la implementación de sensores de presencia en áreas estratégicas donde no es necesario mantener las luces encendidas permanentemente.

APLICACIÓN	AHORRO EN ENERGÍA (%)
Tocadores	30 - 75
Pasillos	30 - 40
Zonas de mantenimiento	45 - 65
Lugares de lectura	25 - 50

Figura 31. Ahorro de energía debido a la iluminación mediante el uso de sensores de presencia.

Fuente: U.S, Department of Energy.

Respecto a los sistemas basados en el control de la luz natural que penetra en un lugar por medio de fotocélulas, consisten en un sensor de luz, colocado habitualmente en el techo, que mide la cantidad de luz natural y ajusta automáticamente la aportación de luz artificial necesaria para la correcta realización de la tarea que se desarrolla en la sala.



Fotosensor

Existen dos tipos de sistemas de regulación:

- *Todo/Nada*: La iluminación se enciende y apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación prefijado.
- *Regulación progresiva*: La iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz exterior hasta conseguir el nivel de luz prefijado.

La alternativa más adecuada es la de utilizar luminarias con balastos electrónicos de alta frecuencia regulables, que controlados por fotocélulas, hace variar la aportación de flujo luminoso emitido por las lámparas en función de la variación de la luz natural.

La figura 32 nos muestra el potencial de ahorro que se puede lograr utilizando el control de la luz natural.

ENTRADA DE LUZ NATURAL	SISTEMA DE REGULACIÓN	AHORRO DE ENERGÍA (%)
Ventana	Todo/Nada	32
	Regulación progresiva	56
Claraboya	Todo/Nada	52
	Regulación progresiva	62

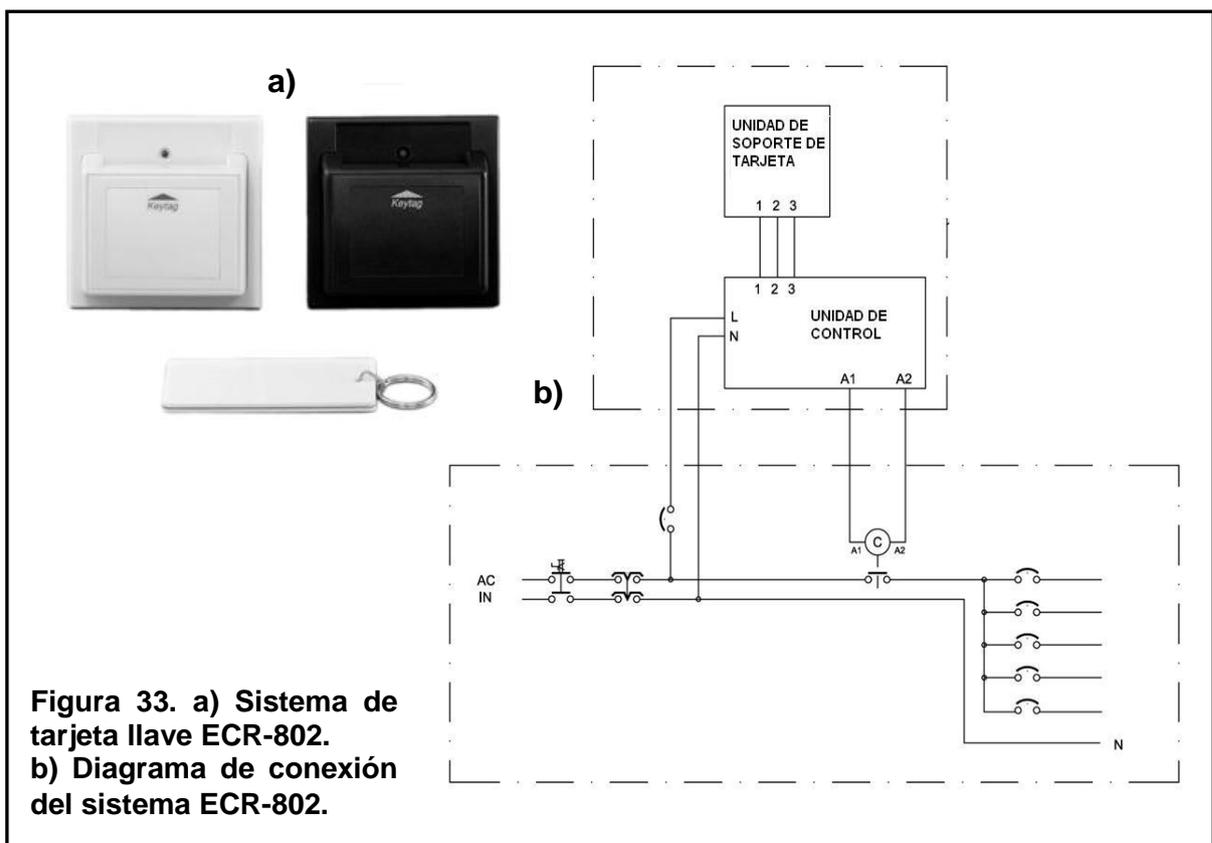
Figura 32. Ahorro de energía debido a la iluminación mediante el uso de control de luz natural.

Fuente: Laboratorio Lawrence Berkeley

Sistema de tarjeta llave

Es un sistema que consiste en desactivar los aparatos de consumo eléctrico (como aire acondicionado, lámparas, radio y televisión) en el momento en que el huésped sale del cuarto y activarlos cuando entra. Asegurando así que sólo los cuartos con huéspedes consumen energía.

Funciona con una tarjeta magnética que el huésped utiliza como llave lo que le permite al sistema detectar cuando hay huéspedes dentro del cuarto.



Otro elemento a considerar dentro de las estrategias de control del sistema de iluminación es la instalación de interruptores localizados que permitan la desconexión de toda la iluminación de una zona cuando sólo es preciso en una pequeña parte de la misma.

Los sistemas se pueden perfeccionar integrando todos los elementos anteriores en un sistema de gestión centralizado que permita controlar todos los elementos anteriormente descritos, mediante el uso de PLC's (Controladores Lógicos Programables) y de esta forma optimizar el consumo de energía debido a la

iluminación, e incluso integrar este sistema de control en un sistema de gestión técnica del hotel que controle además la climatización. En este caso, los ahorros energéticos son más elevados pero su implementación también es mucho más costosa por lo que se suele recomendar su instalación en la etapa de proyecto del hotel o cuando se va a realizar una reforma importante del mismo que suponga una reestructuración de las instalaciones.

De la misma manera, la implementación de uno u otro sistema de control dependerá de las condiciones de cada hotel por lo que en la figura 34 se muestra un diagrama de toma de decisiones para el control y regulación en sistemas de iluminación.

Perfil de uso de iluminación	Selección	Sistema a utilizar
 <p>Lugares con periodos concentrados de uso.</p>	Controles que reduzcan la demanda.	Sensores de presencia, fotosensores. Temporizadores en áreas públicas.
 <p>Lugares con horas extendidas de uso.</p>	Controles que reduzcan el uso imprevisto.	Sensores de presencia. Regulación manual.
 <p>Lugares con uso las 24 horas.</p>	Controles que reduzcan la iluminación día y noche.	Fotosensores. Regulación manual. Interruptores localizados.
 <p>Lugares con iluminación orientada a una a específica.</p>	Controles manuales.	Regulación manual. Interruptores localizados.

Figura 34. Recomendación de uso de controles.
Fuente: Lighting Equipments, Dr Anne Rialhe. AERE.

3.4 MANTENIMIENTO

El paso del tiempo hace que disminuya la eficiencia energética de la iluminación debido a la depreciación del flujo luminoso de las lámparas a lo largo de su vida útil y la suciedad acumulada en las luminarias. Un mantenimiento de la iluminación permite alcanzar ahorros de hasta el 50 %⁶.

⁶ Guía técnica de Iluminación eficiente, Dirección General de Industria, Energía y Minas, 2006.

El mantenimiento incluye:

- Limpieza de las luminarias.
- Sustitución de lámparas. Debe hacerse al final de la vida útil indicada por el fabricante, ya que, aunque no hayan fallado, su eficacia habrá disminuido. En grandes instalaciones es aconsejable sustituir las lámparas por grupos en lugar de individualmente para mantener los niveles de iluminación adecuados.
- Revisión periódica del estado de los distintos componentes de la instalación.

4. AHORRO DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

Los sistemas de climatización dentro de un hotel permiten la adaptación de un espacio para mantener el confort térmico del ocupante, equilibrando factores como la humedad, la temperatura, la velocidad y la calidad del aire.

Por otro lado es el principal responsable del consumo energético en los hoteles, obteniendo sus mayores picos de consumo en temporadas de climas extremos. Por este hecho los hoteles en construcción deben considerar los aspectos de diseño desde un punto de vista de ahorro energético, sin dejar de ser compatible con otros factores de diseño como el estético o el confort. Mientras que, los hoteles ya establecidos pueden encontrar grandes beneficios al aplicar técnicas que permitan reducir el consumo energético en estos sistemas.



4.1 CONFORT TÉRMICO

Las necesidades de confort térmico y calidad del aire interno, son exigencias en los sistemas de calefacción y aire acondicionado. Las condiciones de espacio que afectan el confort de los ocupantes, debido a que dañan el índice de pérdida de calor del cuerpo son:

- *La temperatura del aire en el cuarto.-* Afecta la capacidad de convección y evaporación de pérdida de calor del cuerpo. Por lo general el cuerpo se siente más confortable en un rango de temperatura entre 22 y 26 °C durante el invierno y de 22 - 24 °C durante el verano.
- *El contenido de humedad.-* Afecta el índice de pérdida de calor por evaporación del cuerpo, una alta humedad provoca que el aire circundante absorba menos calor del cuerpo, haciendo que se sienta más calor. En cambio una baja humedad conduce a que el aire absorba mayor cantidad de calor del cuerpo, provocando que se sienta más frío.
- *La temperatura en las superficies que rodean la superficie del cuarto.-* Afectan las pérdidas de calor por radiación del cuerpo.
- *El índice de movimiento del aire.* Afecta al calor transferido por el cuerpo por convección y evaporación, un incremento en el movimiento del aire aumenta el índice de evaporación del calor del cuerpo para ayudar a mantenerlo fresco.

Para determinar las zonas de confort deseable, se hacen experimentos que dan distintos rangos a las variables anteriores y se expresan en gráficas como la figura 35.

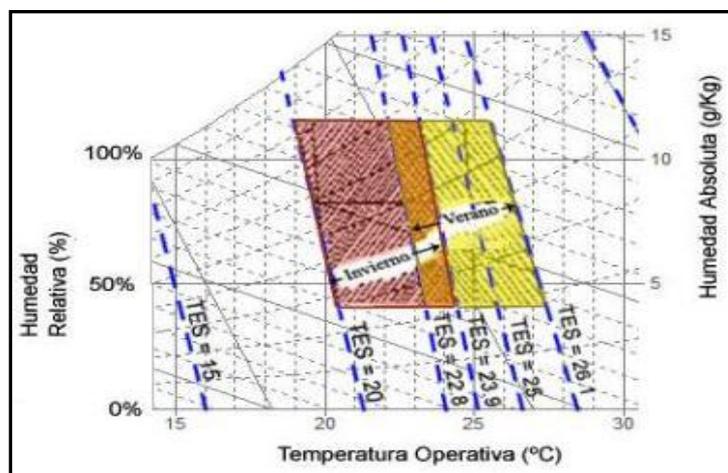


Figura 35. Líneas de igual sensación térmica y zonas de confort para verano e invierno.

Fuente: Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

La figura anterior muestra las zonas de confort cuando la actividad que se realiza es ligera y se lleva puesto ropa de invierno o ropa de verano.

Nótese que cada zona de confort está limitada por dos valores de temperatura efectiva estándar (para ropa de invierno: 20 y 23.9 °C y para ropa de verano: 22.8 y 26.1 °C). Nótese también que en ambos casos los valores de humedad relativa están comprendidos entre 20 y 75%.

4.2 AISLAMIENTO

El aislamiento exterior del hotel es fundamental para obtener un buen comportamiento energético del edificio, por lo que es importante partir de un buen diseño que incluya el aislamiento tanto de las paredes, las ventanas, el suelo y el tejado, de forma que se minimicen las pérdidas a través de los cerramientos del hotel.

Características constructivas

La cubierta es generalmente el elemento de mayor ganancia térmica por radiación solar. Las características principales que una cubierta debe considerar son la forma, la orientación, la altura y los materiales para su construcción. Para amortiguar las ganancias térmicas producidas por el sobrecalentamiento de la cubierta en verano existen soluciones, como es la utilización de un buen aislante térmico, mediante cubiertas ventiladas o parcialmente ventiladas. En las fachadas hay que considerar la opción de disponer de alguna solución constructiva que permita crear una cámara de aire entre el material exterior de acabado y el cerramiento interior. De esta manera, se amortigua de manera considerable tanto la ganancia de calor en verano, como la pérdida de calor durante los meses de invierno. En este último caso, las pérdidas de calor se pueden reducir hasta la sexta parte mediante la aplicación de este aislamiento con pared hueca. Las puertas y ventanas son otro elemento importante a considerar con vistas al ahorro energético y tienen la ventaja de ser elementos de fácil sustitución, comparadas con los cerramientos.

Puertas y ventanas

Las puertas y ventanas son otro elemento importante a considerar con vistas al ahorro energético y tienen la ventaja de ser elementos de fácil sustitución. Los vidrios de las ventanas actúan como una trampa de calor dado que dejan pasar la luz solar y calientan los elementos del ambiente, pero la radiación calórica invisible que estos emiten a su vez no pasa a través del vidrio, por lo cual el calor almacenado no puede escapar denominándose efecto invernadero, de modo que las reflexiones sucesivas de la radiación calórica en las paredes, pisos y mobiliario de un recinto hacen que éste actúe prácticamente como una caja negra que absorbe toda la radiación incidente. Si bien en invierno este efecto invernadero es sumamente beneficioso, no lo es en verano, debiéndose dotar de una buena protección solar a las ventanas. En cuanto a las puertas es recomendable que sean principalmente de madera o aglomerado y con material aislante en su parte media. Las puertas que dan al exterior deben disponer de cintas o selladores en su marco.

Protecciones solares

La utilización de protecciones solares es un buen sistema para reducir la ganancia solar en verano, existiendo diferentes tipos de protecciones, siendo más adecuado un tipo u otro en función de la orientación. Si la orientación es Sur las más adecuadas son las protecciones solares fijas o semifijas. Para una orientación Oeste o Noreste se recomienda el uso de protecciones solares con lamas horizontales o verticales móviles. Para una orientación Este u Oeste se recomiendan protecciones móviles, siendo agradable, tanto al amanecer como al atardecer, la entrada de la luz solar en épocas frías o templadas. En la figura 36 se muestran los distintos tipos de protecciones solares y los ahorros energéticos que se pueden obtener con cada uno de ellos.

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

Figura 36. Potencial de ahorro al usar diferentes protecciones solares.
Fuente: Plan de ahorro y eficiencia energética de la comunidad de Valencia.

4.3 CALEFACCIÓN

Las necesidades de calefacción de un hotel dependen, en primer lugar, de las condiciones ambientales exteriores e interiores, que aumentan a medida que disminuye la temperatura exterior. Las pérdidas de calor se producen por transmisión a través de los cerramientos y por ventilación, y aumentan con la diferencia entre las temperaturas exterior e interior. Cuanto mayor sea la temperatura interior que se alcance en el hotel mayor será también el consumo de calefacción. Para evaluar las necesidades caloríficas de un hotel existen diferentes métodos que permiten optimizar el dimensionamiento del sistema de calefacción. Las condiciones exteriores se obtienen de los datos climáticos de cada región, y la potencia a instalar depende de la temperatura exterior mínima. Sin embargo, el consumo es función de las temperaturas exteriores medias, un índice de las cuales son los grados día. Para determinar la potencia mínima necesaria de la instalación de calefacción, conociendo el coeficiente de transmisión térmica del edificio K_G^7 del hotel, se utiliza la siguiente expresión:

⁷ Se define como el flujo de calor por unidad de tiempo que atraviesa un cerramiento de caras paralelas en su unidad de superficie, cuando entre los dos ambientes se establece una diferencia de temperatura de 1 °C.

$$P = (\sum S_i) \cdot (K_g) \cdot (T_{int} - T_{ext}) + (0.000337) \cdot (V) \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

donde :

P = Potencia de calefacción.

S_i = Superficie de los elementos que encierran el edificio (m²).

K_g = Coeficiente de transmisión térmica del edificio (kW / (m² °C)).

V = Volumen a climatizar del hotel.

T_{int} = Temperatura interior del edificio (en el rango de 20 – 22 °C)

T_{ext} = Temperatura exterior mínima.

El primer sumando representa las pérdidas de calor a través de los cerramientos, y el segundo las pérdidas de calor por la ventilación.

Y para conocer la energía necesaria durante un periodo determinado se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = P \cdot G \cdot 24 \cdot u \cdot i / (T_{int} - T_{ext})$$

donde:

Q = Energía necesaria (Kw - hr).

G = Grados día en el periodo considerado.⁸

u = Coeficiente de uso (desde 0 hasta 1, siendo 1 su uso durante todo el año).

i = Coeficiente de intermitencia (desde 0 hasta 1, siendo 1 su uso ininterrumpido durante el periodo considerado).

Una vez conocida la energía necesaria, se puede obtener el costo aproximado en calefacción:

$$\text{Costo} = 860 \cdot Q \cdot Pr / PCI \cdot \eta$$

donde:

η = Eficiencia de la instalación (carbón entre un 50 – 70 %, gasóleo y gas natural entre 60 – 80%).

PCI = Poder calorífico inferior del combustible utilizado (Kcal / Kg).

Pr = Precio por cada Kg del combustible (\$ / Kg).

⁸ La obtención de grados día se puede consultar en el anexo de este documento.

Los sistemas de calefacción pueden clasificarse de múltiples formas y según diversas características. En la figura 37 se muestran diferentes formas de clasificación de estos sistemas.

Criterio de clasificación	Sistema de calefacción
Según la fuente energética	Calefacción termodinámica (por bomba de calor) Calefacción eléctrica (por resistencia y efecto joule) Calefacción por energía solar
Según el grado de concentración	Calefacción convencional (calderas) Unitaria (calor producido y emitido desde un aparato que calienta total o parcialmente un lugar) Individual (producción de calor por unidad de consumo: vivienda, oficina, etc.) Colectiva (producción de calor por diferentes unidades de consumo: edificio, conjunto de edificios)
Según el fluido caloportador	Por aire Por agua Por vapor Por otros fluidos térmicos
Según el dispositivo calefactor	Por radiadores Por convectores Por fan-coils Por aerotermos Por sol radiante
Según el modo de distribución	Monotubo Bitubo de retorno directo Bitubo de retorno invertido Tres tubos (para utilizar con fan-coils o similares) Cuatro tubos (para utilizar con fan-coils o similares)

Figura 37. Clasificación de los sistemas de calefacción.
Fuente: Instalaciones de calefacción, Martí Rosas i Casals.

4.3.1 Calefacción convencional

Es un conjunto formado por el cuerpo de caldera y el quemador destinado a producir agua caliente o vapor a baja presión, para después transmitirlo a un equipo terminal instalado dentro del lugar a calentar. Un combustible y un comburente (aire) se inyectan en el interior de la caldera a través del quemador y se inflaman con ayuda de la llama que alimentan. La reacción es altamente exotérmica generando gases a altas temperaturas. El contenido energético de estos gases se aprovecha en calderas para calentar un fluido mediante una superficie de intercambio.

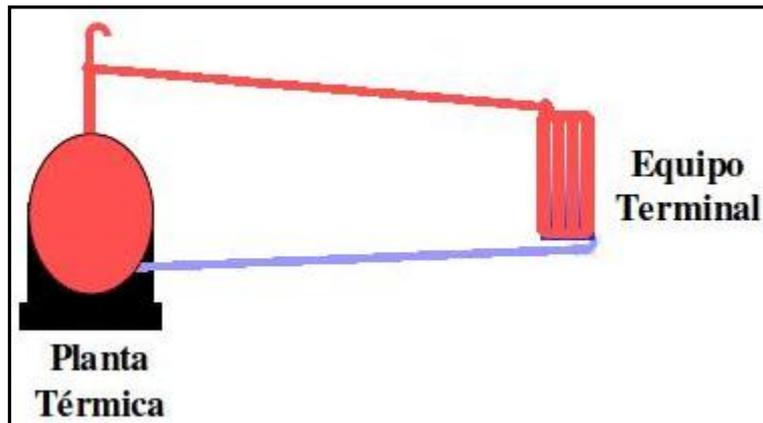


Figura 38. Calefacción mediante agua ó vapor.

Fuente: Acondicionamiento térmico en edificios, Victorio Santiago Díaz, Raúl Oscar Barreneche.

Optimización del rendimiento en calderas

Para obtener óptimos rendimientos en una caldera es necesario un buen dimensionamiento, adecuando su potencia a la demanda.

Es conveniente un sistema que controle de manera eficiente la instalación para evitar excesivas pérdidas de calor cuando la caldera está en posición de espera, y también la revisión periódica de las calderas, de forma que se mantenga funcionando en sus niveles óptimos de rendimiento. Se estima que la combinación de sobredimensionamiento, pérdidas en posición de espera y bajo rendimiento, resulta en un rendimiento global anual inferior en un 35% en comparación con las calderas nuevas, correctamente dimensionadas e instaladas. Cuando se realice la revisión periódica de las calderas se debe realizar un análisis de la combustión. El rendimiento de la combustión depende de:

- El exceso de aire: es necesario suministrar un determinado exceso de aire al combustible, además del necesario para que se lleve a cabo la combustión. Si se reduce el exceso de aire, el rendimiento de la combustión será menor al no lograr oxidarse completamente los componentes del combustible. Si aumentara el exceso de aire, el rendimiento de la combustión también disminuiría ya que una parte del calor de la combustión se dedicaría a calentar la mayor cantidad de aire introducido. Es conveniente por tanto un análisis periódico de los gases de combustión.

- Temperatura de los gases de combustión: Cuanto mayor es la temperatura de los gases de combustión, mayor es la cantidad de calor que se pierde por la chimenea y menor es el aprovechamiento del calor liberado por el

combustible. Para solucionarlo, habría que proceder a una limpieza periódica que mejorará la transferencia térmica en el interior de la misma. Por cada 20 °C que se consiga disminuir la temperatura de los gases, se reduce el consumo de combustible en un 1% aproximadamente.

Calderas de alta eficiencia

Tanto en el caso de haber superado la vida útil o de haber detectado serias anomalías en la caldera, es recomendable sustituirla por una de alto rendimiento. Las calderas convencionales trabajan con temperaturas de agua caliente entre 70 °C y 90 °C y con temperaturas de retorno del agua superiores a 55 °C, en condiciones normales de funcionamiento.

Una caldera de baja temperatura, en cambio, está diseñada para aceptar una entrada de agua a temperaturas menores a 40 °C. Por ello, los sistemas de calefacción a baja temperatura tienen menos pérdidas de calor en las tuberías de distribución, que las calderas convencionales.



Calderas de baja temperatura

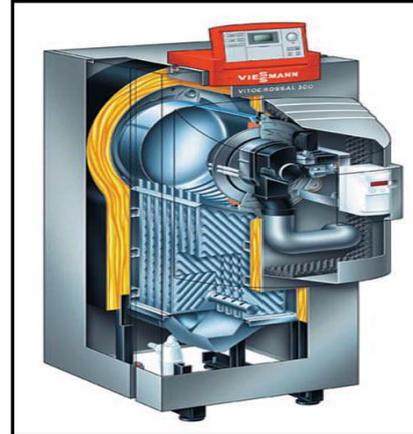


Vista seccionada de caldera de baja temperatura de Viessmann

Las calderas de condensación están diseñadas para recuperar más calor del combustible quemado que una caldera convencional, y en particular, recupera el calor del vapor de agua que se produce durante la combustión de los combustibles fósiles. De esta manera, se consiguen rendimientos energéticos más altos, en algunos casos superiores al 100%, referido al poder calorífico inferior del combustible.



Calderas de condensación



Vista seccionada de caldera de condensación de Viessmann

La diferencia estriba en la mayor inversión de este tipo de calderas, que suele ser entre un 25-30% más para las de baja temperatura y hasta duplicar la inversión en el caso de las calderas de condensación.

En la figura 39 podemos comparar el rendimiento de diferentes tipos de calderas. En el rango habitual de trabajo los rendimientos de las calderas de baja temperatura y de condensación, superan ampliamente al de una convencional. Pero conforme incrementa la carga de trabajo, como cuando se produce agua caliente sanitaria en una caldera mixta, la diferencia de rendimientos se hace menor.

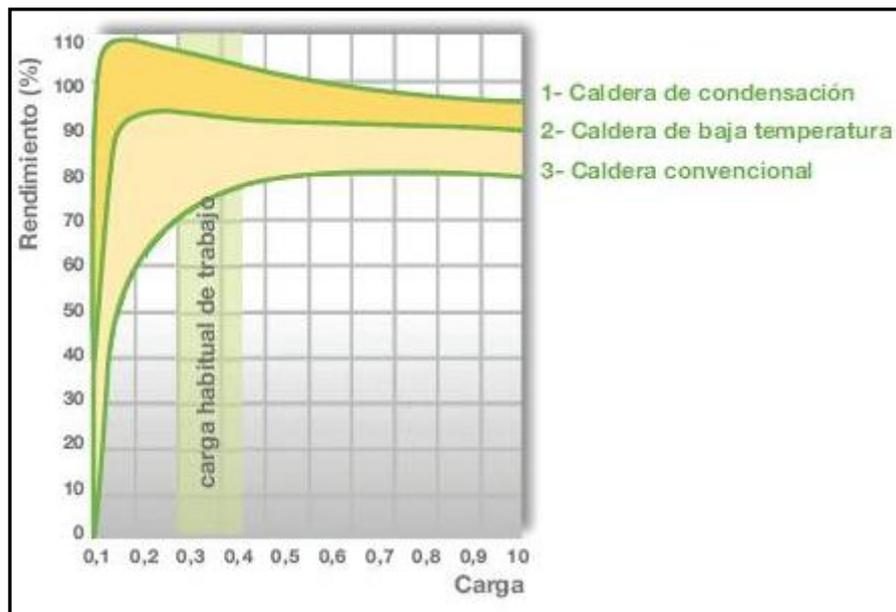
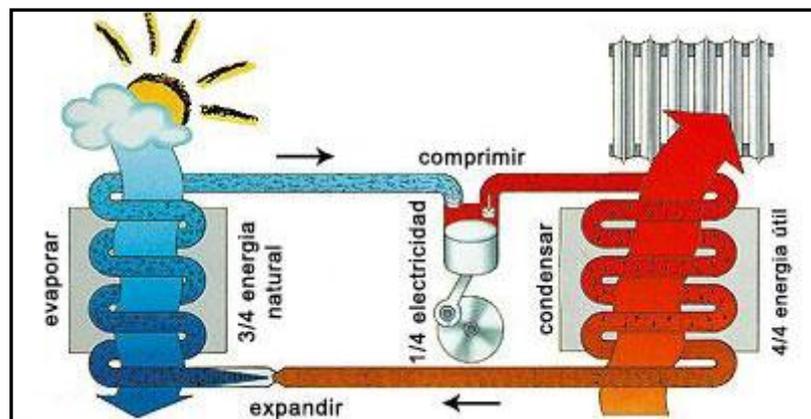


Figura 39. Rendimiento de diferentes tipos de calderas.
Fuente: Guía de eficiencia energética en centros docentes, FENERCOM 2011.

4.3.2 Bomba de calor

Es un sistema reversible que puede suministrar calor o frío a partir de una fuente externa, cuya temperatura es inferior o superior a la del lugar a calentar o refrigerar, utilizando para ello una cantidad de trabajo relativamente pequeña. En ciclo de refrigeración, el sistema disipa el calor del refrigerante en un intercambiador exterior (el condensador) y absorbe el calor del lugar a través de un intercambiador interior (el evaporador). De manera inversa, cuando el sistema trabaja en ciclo de calefacción, el intercambiador exterior pasa a funcionar como evaporador, mientras que el interior funciona como condensador. Su ventaja fundamental consiste en que es capaz de suministrar “más energía que la que produce”. Esta aparente contradicción, se explica con el hecho de que el equipo es capaz de recuperar energía del aire o agua exteriores. Su costo en consumo de energía puede llegar a representar hasta un 50% menos que un sistema convencional de calefacción en invierno. Mientras que en verano su consumo es similar al de un sistema de aire acondicionado. Su desventaja frente a un sistema convencional es su inversión inicial que es más elevada.



Ciclo de funcionamiento de una bomba de calor.

Tipos de bombas de calor

Se clasifican generalmente en función del medio de intercambio de calor, morfología y funcionalidad del equipo:

Criterio de clasificación	Sistema de calefacción
Medio con el que intercambian calor	Aire-Aire Aire-Agua Geotérmica
Morfología	Compactas: todos los componentes están juntos en una sola unidad. Split: Los componentes se separan en una unidad interior y otra exterior. Multisplit: En el interior hay varias unidades para climatizar espacios diferentes
Funcionalidad	Reversible: pueden calefactar o refrigerar. No reversibles: Sólo produce calor o frío. Termofrigobombas: produce ambos a la vez.

Figura 40. Clasificación de las bombas de calor.

Fuente: Instalaciones de calefacción, Martí Rosas i Casals.

- Bombas de calor *aire-aire*: Toman el calor del aire exterior o del de extracción y calientan el aire interior o el de recirculación. Tiene eficiencias menores a las de aire-agua, pero tiene la ventaja de ser reversible (no necesita ningún complemento para generar frío en verano).

- Bombas de calor *aire-agua*: Extrae calor del aire exterior y lo cede al agua que circula por el sistema de calefacción. Esto permite que pueda adaptarse perfectamente a una instalación de calefacción ya existente y que sea muy útil para climatizar piscinas.

- Bombas de calor *agua-aire*: Toman calor del agua (niveles freáticos, ríos, aguas residuales, etc.) y lo ceden al aire. Este tipo de bombas presenta rendimientos energéticos superiores a las que utilizan aire exterior, debido a la mayor uniformidad de temperaturas a lo largo del año.

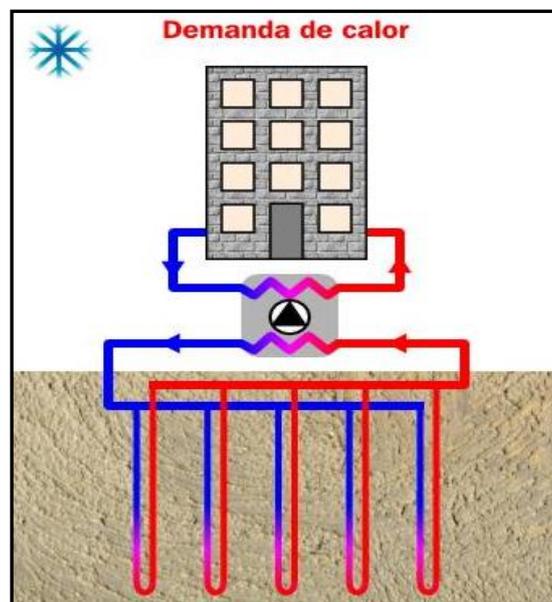
- Bombas de calor *agua-agua*: Son similares al tipo anterior, excepto que el calor se cede al agua. Se utiliza en sistemas de distribución como radiadores a baja temperatura, fan-coils, o suelo radiante.

- *Geotérmica*: se basa en los principios de la geotermia; el intercambio de calor se hace con el subsuelo, porque ofrece temperaturas más ventajosas que las del aire exterior, siendo consecuentemente aún más eficiente, aunque la instalación también es más costosa.

Algunos tipos de bombas de calor pueden producir simultáneamente frío y calor, lo cual es especialmente interesante en hoteles donde, debido a diferencia de niveles de carga o de orientación de fachadas, se presenten simultáneamente

zonas que demanden calefacción y zonas que necesiten ser refrigeradas. En estos casos pueden utilizarse también las bombas de calor para transferir el calor sobrante de unas zonas del edificio a otras.

La energía geotérmica es una energía limpia y renovable que aprovecha el calor del subsuelo para climatizar y obtener agua caliente sanitaria de forma ecológica. La instalación para climatización con bomba de calor geotérmica es actualmente el sistema más eficiente energéticamente hablando, y puede proporcionar ahorros energéticos superiores al 70% con respecto a otros sistemas convencionales como las bombas de calor, las calderas de gas o de gasoil, etc.



Esquema básico de un sistema cerrado con bomba de calor geotérmica.

Otra posibilidad es la utilización de bombas de calor con motor de gas. Estos sistemas son iguales a los sistemas de compresión eléctrica, sustituyendo el motor eléctrico por un motor alternativo alimentado con gas. Presentan la ventaja, frente a la compresión eléctrica, de un menor costo de operación, al ser menor el costo del gas que la electricidad. Por otra parte la inversión requerida para su implantación es mayor que en el caso de la compresión eléctrica,

Rendimiento de una bomba de calor

La eficiencia de las bombas de calor se mide según su coeficiente de operación COP (por sus siglas en inglés de Coefficient Of Performance) que representa la

relación entre la potencia calorífica ó frigorífica entregada y la potencia absorbida por el equipo.

$$COP_t = P_c / P_e \quad (\text{Watts térmicos} / \text{Watts eléctricos})$$

$$COP_f = P_f / P_e \quad (\text{Watts térmicos} / \text{Watts eléctricos})$$

Donde:

COP_f = Eficiencia frigorífica.

COP_t = Eficiencia calorífica.

P_c = Potencia calorífica (Calor aportado).

P_f = Potencia frigorífica (Calor extraído).

El COP depende de varios factores, siendo el factor esencial la temperatura de funcionamiento. En efecto, el rendimiento de una bomba de calor disminuye con la diferencia de temperatura que debe proporcionar.

Las bombas de calor tienen un rendimiento mayor que la unidad. Aunque esto puede parecer imposible, se debe a que en realidad se está moviendo calor usando energía, en lugar de producir calor como en el caso de las resistencias eléctricas. Una parte muy importante de este calor se toma de la entalpía del medio desde donde se bombeará calor.

Los sistemas de mayor potencia pueden alcanzar un COP de 7. Los sistemas de aire menos potentes tienen un COP de 2 a 5.2, rendimientos que están muy por encima del de una caldera de combustible, por lo que, aunque la electricidad tiene un precio más elevado, estos equipos en muchos casos representan una alternativa más competitiva que la utilización de calderas para la producción de calor, dependiendo del costo del combustible utilizado.

4.3.3 Control y regulación

Si se quiere mantener la instalación existente y evitar grandes desembolsos para obtener el máximo rendimiento del sistema de calefacción actual, lo más sencillo es la instalación de dispositivos de control y regulación. Estos sistemas permiten adecuar el funcionamiento del equipo a las condiciones ambientales exteriores e interiores, mejorando el confort de los ocupantes y obteniendo un ahorro de

energía en calefacción aproximado del 20%⁹. Los sistemas de control avanzados pueden instalarse en un sistema de calefacción existente y la inversión puede amortizarse en un corto período de tiempo. Los dispositivos de regulación y control más adecuados son:

- *Reloj programable*: se instala en la propia caldera y controla, junto con el termostato remoto, su encendido en función de las horas programadas.

- *Cronotermostato*: termostato programable que permite regular la temperatura deseada, hora a hora, diaria o semanalmente.

- *Válvulas termostáticas*: se instalan en cada radiador y permiten regularlos individualmente en función de la temperatura local deseada.

- *Centralita de regulación por zonas*: permite programar independientemente las temperaturas deseadas por zonas. Para ello se precisan varios circuitos de radiadores independientes, controlando cada uno de ellos mediante válvulas motorizadas accionadas desde la centralita, así como sondas de temperatura interior en cada zona conectadas a la centralita.

Los sistemas de calefacción abastecen a edificios con, distinta orientación, distinto grado de ocupación y en definitiva, distintas necesidades térmicas a lo largo del día. Es por esto que resulta conveniente instalar un sistema con termorregulación autónoma de las temperaturas y de contabilización individual del calor de cada usuario o espacio en el hotel.

4.4 DISTRIBUCIÓN TÉRMICA

Además de la elección apropiada del equipo generador de calor ó frío, otro de los aspectos a tomar en cuenta para un uso eficiente de la energía térmica es la forma en la que se distribuye. Existen básicamente tres alternativas:

Radiadores

Son dispositivos destinados a transmitir la energía térmica transportada por el fluido calefactor a través de las tuberías. Es el sistema más económico y sencillo. Es recomendable la distribución bitubular sobre la monotubular, ya que favorece la distribución de calor uniforme.

⁹ Disminución de costes energéticos en la empresa, Amaya Martínez García.

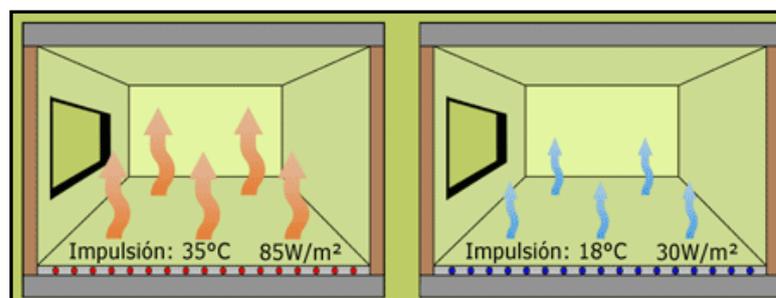
El calor sólo puede ser transferido óptimamente cuando los radiadores están colocados en lugares adecuados, y éstos son exactamente las paredes externas cercanas a ventanas. Esta ubicación provoca una relación equilibrada entre calor de convección y calor de radiación. Su temperatura superficial es de 60 - 80 °C.



Radiadores modernos y estéticos

Suelo radiante

El suelo radiante está constituido por una red de tuberías uniformemente esparcida y enterrada bajo el pavimento. La temperatura a la que el agua fluye por su interior es moderada, de 35 a 45 °C para calentar y 14 a 18 °C para enfriar. Es uno de los sistemas de distribución más eficientes que existen debido a que para funcionar no necesita una temperatura tan elevada como la calefacción mediante radiadores, con el consiguiente ahorro de combustible. La energía utilizada para calentar mediante suelo radiante puede provenir de distintas fuentes: caldera de condensación o una bomba de calor, ambas opciones suponen un consumo de energía altamente eficiente. Es un sistema recomendado por la OMS, ya que el hecho de trabajar a baja temperatura, no reseca el ambiente ni las mucosas nasales, y la baja velocidad con la que se mueve el aire caliente producido mediante el suelo radiante, no levanta polvo.



Suelo radiante para calefacción y enfriamiento

Forjado radiante

El sistema consiste en una tubería de polietileno que se fija directamente en el mallazo de los techos o suelos antes de hormigonar. Por estos tubos circula el agua y calienta o enfría toda la masa de hormigón, así se aprovecha su gran capacidad de inercia. Trabaja con temperaturas de impulsión de máximo 27 °C para calentar y 18 °C para enfriar.

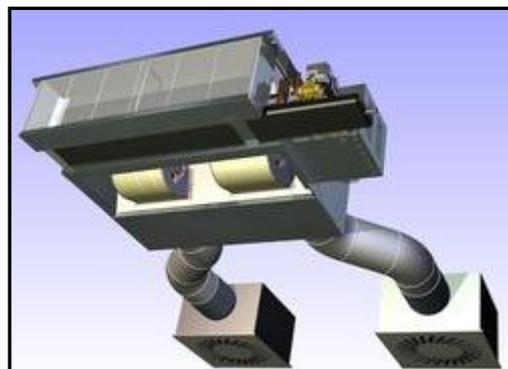
Esta instalación se suele ocupar con bombas de calor, calderas y enfriadoras.



Instalación de forjado radiante.

Fan-coils

Son equipos dotados de un radiador por cuyo interior circula agua caliente y un ventilador obliga al aire a pasar a través del mismo, calentándolo. Este equipo puede emplearse también para refrigerar. Se suelen utilizar en sistemas de bomba de calor. Trabajan con temperaturas de 45 °C para calentar y 7 °C para enfriar.



Fan-coil

Sistema	Temperatura de impulsión para calefacción (°C)	Temperatura de impulsión para enfriamiento (°C)	Uso
Radiador	60 - 80	-	Calentar
Fan-coil	45 - 50	7	Calentar y enfriar
Suelo radiante	35 - 45	14 - 18	Calentar y enfriar
Forjado radiante	27	18	Calentar y enfriar

Figura 49. Temperaturas de impulsión de diferentes sistemas de distribución térmica. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de ASHRAE.

4.5 AIRE ACONDICIONADO

Podemos entender como instalación de aire acondicionado aquella que es capaz de mantener con un cierto grado de automaticidad, sin ruidos molestos, a lo largo de todo el año y en todos los ambientes acondicionados: las condiciones de temperatura y humedad relativa deseadas, asegurando además, la pureza en el aire del ambiente y manteniendo simultáneamente la velocidad del aire adecuada en las zonas ocupadas, para proporcionar un máximo confort en los ocupantes. Antes de adquirir un nuevo sistema de aire acondicionado, hay que asegurarse que realmente se necesita. Los aires acondicionados son equipos bastante caros cuando se comparan con ventiladores y consumen grandes cantidades de electricidad. Si no se puede prescindir de este, la selección de un equipo adecuado puede representar un ahorro económico durante años. Los mejores sistemas actuales tienen un costo inicial mayor que el resto pero pueden ser hasta 50% más eficientes, lo que significa que serán amortizados varias veces durante su tiempo de vida.

4.5.1 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

La función de un sistema de enfriamiento es la de transportar calor de un punto a otro con el apoyo de cierta cantidad de trabajo. El refrigerante es el vehículo utilizado para llevar el calor. Tienen la propiedad de pasar a fase vapor con temperaturas muy bajas, en torno a 5 °C. Conforme el refrigerante pasa a través del evaporador (unidad situada en el interior del recinto), el calor Q_e tomado de la región a refrigerar se utiliza para vaporizar el refrigerante. Cuando el refrigerante sale del evaporador, se comprime utilizando energía W_c y posteriormente pasa a través del condensador (unidad situada normalmente en el exterior del recinto),

donde condensa cediendo calor Q_s al entorno que está más frío. Finalmente, se expande hasta la presión del evaporador, cerrando el ciclo (ver figura 41).

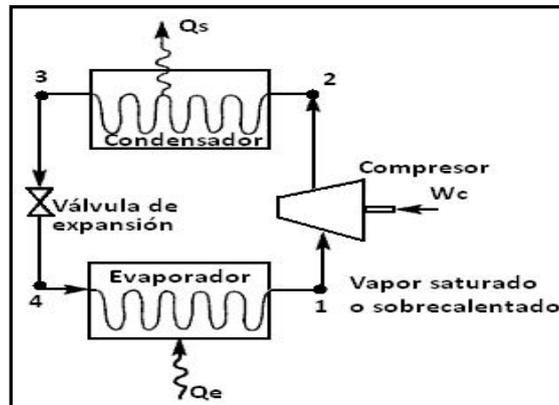


Figura 41. Esquema de un sistema de enfriamiento

Fuente: Disminución de costes energéticos en la empresa, Amaya Martínez García.

A continuación se detallan las características de los principales sistemas de enfriamiento:

Criterio de calcificación	Sistema de enfriamiento
Según la fuente energética	Enfriamiento termodinámico (enfriadoras) o compresión mecánica. Enfriamiento por energía solar. Enfriamiento evaporativo.
Según la concentración	Sistema de absorción. Centralizados (centralizan la generación del fluido térmico encargado de transportar la energía a los lugares a acondicionar). Individuales (Son equipos autónomos diseñados para acondicionar espacios puntuales).
Según el fluido portador de frío	Por aire. Por agua. Por refrigerante.
Según la transmisión de frío	Expansión directa (el aire a enfriar está en contacto directo con la serpentina por la cual circula el gas refrigerante). Expansión indirecta (El aire a enfriar está en contacto directo con la serpentina por donde circula el agua previamente enfriada en un intercambiador de calor).
Según su funcionamiento	Reversibles (Producen frío y calor. Bombas de calor). Irreversibles (Solo producen frío).
Según el equipo	Compactos (Tienen en un solo equipo la parte de evaporación y condensación). Divididos (Tienen la unidad de condensación en el exterior y una o varias unidades de evaporador en el interior).

Figura 42. Clasificación de los sistemas de enfriamiento. Fuente: Acondicionamiento térmico en edificios, Victorio Santiago Díaz, Raúl Oscar Barreneche.

Relación de eficiencia energética (REE)

Es la relación del enfriamiento total de un equipo de aire acondicionado en watts térmicos (Wt), transferidos del interior al exterior, dividido entre la potencia eléctrica total suministrada al equipo en watts eléctricos (We) durante el mismo lapso. Los equipos de aire acondicionado según las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-011-ENER-2006¹⁰, NOM-021-ENER/SCFI-2008 y NOM-023-ENER-2010 deben cumplir con una relación de eficiencia energética mínima según el tipo de equipo (ver figura 43 y 44), así como también, incluir una etiqueta en el equipo como la de la figura 45 donde viene indicado el valor de REE del equipo y el porcentaje de ahorro que tiene el producto, obtenido con el siguiente cálculo:

$$Ah = \left[\left(\frac{REEe}{REEm} \right) - 1 \right] \times 100$$

donde:

Ah = Ahorro que representa el equipo respecto a la REEE mínima (%).

REEe = Relación de eficiencia energética estacional del equipo (Wt / We).

REEm = Relación de eficiencia energética mínima (3.81 Wt / We).

Tipo de acondicionador de aire	Capacidad de enfriamiento (W)	REE mínimo (Wt/We)
Con ranuras laterales	2638	2.84
	3517	2.87
	5275	2.84
	7034 - 10551	2.49
Sin ranuras laterales	2638	2.64
	3517 - 10551	2.49
	5275	2.49
	7034	2.49
	8792	2.49
	10551	2.49

Figura 43. REE mínima para acondicionadores de aire tipo ventana.

Fuente: NOM-021-ENER/SCFI-2008.

¹⁰ En esta norma se utiliza el valor de Relación de eficiencia energética estacional (REEE) que considera las pérdidas cuando el equipo se pone en marcha y las paradas, así como la energía perdida durante el ciclo de descongelación.

Tipo de acondicionador de aire	Capacidad de enfriamiento (W)	REE mínimo (Wt/We)	NOM
Minisplit	2638 - 17584	2.72	NOM-023-ENER-2010
Central	8800 - 19050	3.81	NOM-011-ENER-2006

Figura 44. REE y REEE mínima para acondicionadores de aire tipo central y minisplit.
Fuente: NOM-011-ENER-2006, NOM-023-ENER-2010.

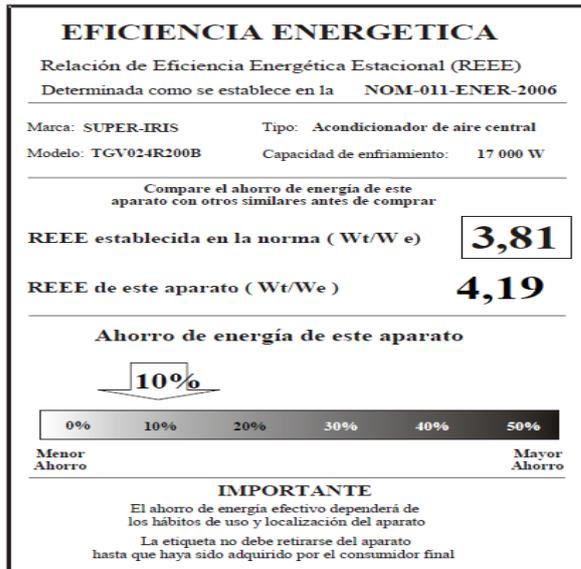
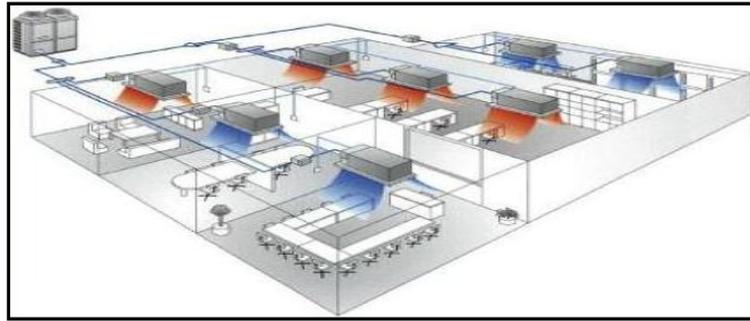


Figura 45. Ejemplo de etiqueta para acondicionadores de aire tipo central.

Fuente: NOM-011-ENER-2006

4.5.2 TECNOLOGÍA VRF (FLUJO DE REFRIGERANTE VARIABLE)

Este tipo de tecnología funciona con unidades multisplit que constan de una unidad exterior que monta el compresor y una o más unidades interiores. La unidad exterior se suele propulsar eléctricamente o mediante un motor a gas. Las unidades interiores aspiran el aire del lugar, lo filtran y lo refrigeran. Este sistema permite enviar refrigerante en diferente estado a diferentes evaporadores, de manera que, mientras en una parte del hotel se puede demandar calor, en otra se puede dar refrigeración simultáneamente con el mismo equipo. El sistema de climatización VRF-Multisplit es capaz de incluir más de cuarenta aparatos interiores individualmente regulables por cada unidad exterior. Dependiendo de los requisitos del edificio, el refrigerante se puede transportar hasta una distancia de más de 500 m y con diferenciales en altura superiores a 50 m. Dentro de sus principales ventajas están su excelente rendimiento a cargas parciales y su alta eficiencia en aplicaciones de calefacción y refrigeración. Mientras que su principal desventajas es su alto costo inicial.



Desviación del calor con tecnología VRF.

4.5.3 EQUIPOS CON TECNOLOGÍA INVERTER

A diferencia de los sistemas convencionales, la tecnología “inverter” adapta la velocidad del compresor a las necesidades de cada momento, permitiendo consumir únicamente la energía necesaria. De esta manera se reducen drásticamente las oscilaciones de temperatura y se goza de mayor estabilidad ambiental y confort. La tecnología inverter en los equipos de climatización consiste en un dispositivo electrónico que regula las revoluciones del motor del compresor en función de la potencia demandada por las necesidades de calor o frío del lugar, de esta manera, cuando están a punto de alcanzar la temperatura deseada, los equipos disminuyen la potencia para evitar los picos de arranque del compresor, reduciendo el ruido y el consumo de energía.

El sistema inverter aporta un grado de confort superior con un mayor ahorro energético.

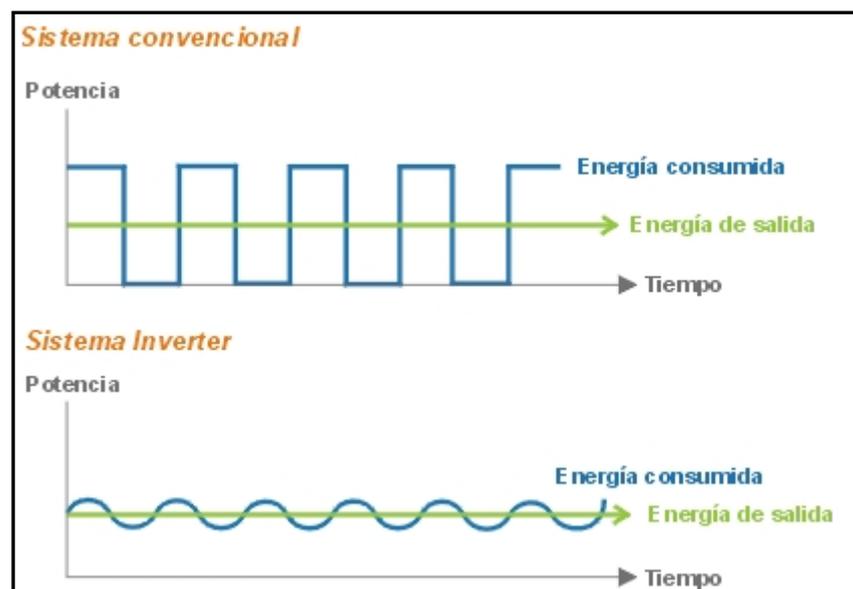


Figura 46. Comparación del comportamiento de equipos con y sin tecnología inverter.

Fuente: www.solliclima.com

En la figura 46 podemos observar como un equipo sin tecnología inverter funciona como encendido o apagado, mientras que uno con tecnología se adapta a la temperatura del lugar aportando mayor confort y notables ahorros energéticos.

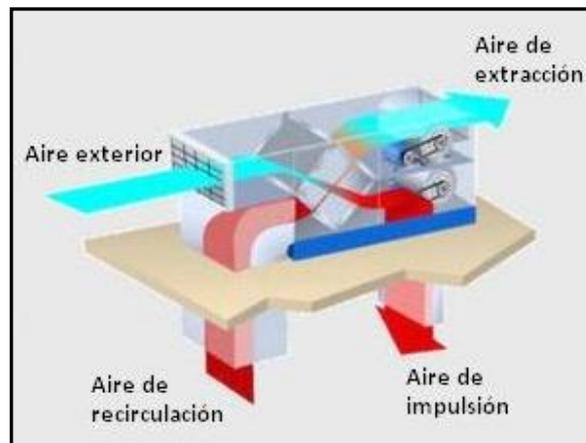
4.5.4 RECUPERACIÓN DE CALOR DEL AIRE DE VENTILACIÓN

Esta técnica consiste en la instalación de recuperadores de calor donde se produce un intercambio de energía térmica entre el aire extraído del edificio y el aire exterior de renovación. De esta manera se consigue disminuir el consumo de energía asociado a calefacción y aire acondicionado. Se recomienda su instalación cuando el caudal de un subsistema de climatización sea mayor a 3 m³/s y su régimen de funcionamiento supere las 1000 horas/año.

Existen diferentes tipos de recuperadores de energía del aire de ventilación como son:

Recuperador aire-aire

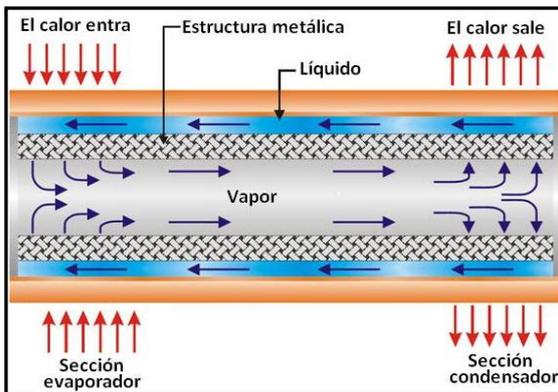
El intercambio de calor se produce a través de una placa corrugada, al provocarse dos flujos de aire cruzados que no llegan a mezclarse. Consiste en una trama de canales cuyas paredes siempre están bañadas por aire primario en una cara y por aire secundario en la otra, con una disposición que impide la mezcla de flujos y garantiza la absoluta separación de los aires.



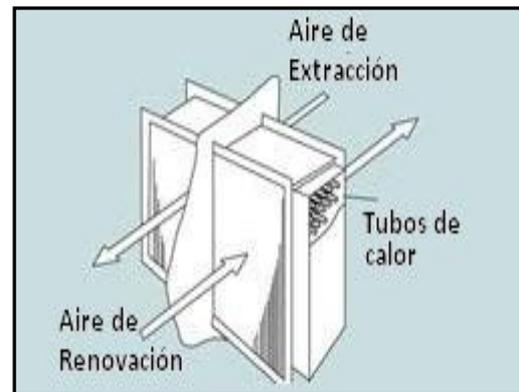
Funcionamiento de un recuperador de calor aire – aire

Recuperador por tubo de calor "Heat pipe"

La captación de energía se produce a través de una batería intercambiadora, cargada con gas refrigerante, la cual incorpora una separación intermedia que la divide en dos zonas, por donde se harán pasar el aire expulsado y el aire exterior. Los flujos de aire se establecen a contracorriente. El gas refrigerante, en fase líquida, recibe el flujo caliente, se evapora, pasando en fase gaseosa al flujo frío y cediéndole calor. Al cederle calor, condensa y cae por gravedad en fase líquida para reiniciar el ciclo.



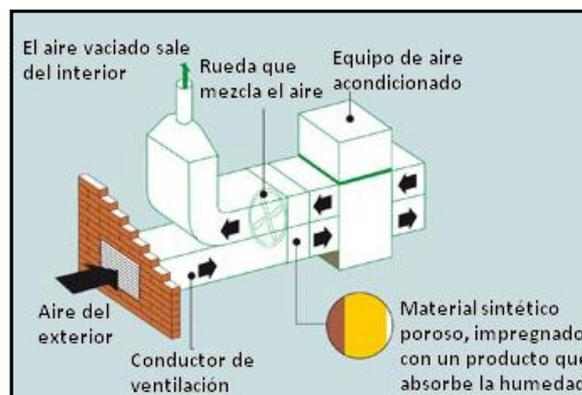
Principio de funcionamiento de los tubos de calor



Configuración externa de un recuperador de tubos de calor

Recuperador rotativo

El intercambio energético se produce por termoacumulación en una aleación resistente a la corrosión revestida de un absorbente inorgánico. La masa acumuladora permeable, capta calor del flujo de aire caliente y al girar, lo cede al flujo de aire frío. La eficiencia del recuperador varía con velocidad de rotación, la velocidad frontal del aire y la densidad del rotor. La velocidad de rotación puede ser constante, dado por el fabricante o variable mediante regulación electrónica, que optimiza la eficiencia del intercambio térmico.



Detalle esquemático de montaje de un recuperador rotativo

A continuación se muestran las principales características de los recuperadores de calor del aire de ventilación donde podemos observar que existen recuperadores rotativos y aire-aire que recuperan calor sensible y latente, lo que aporta mayores rendimientos, mientras que los de tubo de calor son más fáciles de adaptar pero son de los que menos rendimientos podemos obtener.

Tipo de recuperador	Principales ventajas	Desventajas
Aire - aire	» Mantenimiento mínimo. » Recuperan calor sensible ó sensible y latente.	» Ocupan mucho espacio.
Rotativo	» Recuperan calor sensible ó sensible y latente. » Tienen el mejor rendimiento de recuperación.	» Requiere de mayor mantenimiento que los demás recuperadores.
Tubo de calor	» No necesita mantenimiento mecánico. » Fácil adaptación a un climatizador.	» Solo pueden recuperar calor sensible. » Son los de menor rendimiento de recuperación.

Figura 47. Ventajas y desventajas de los recuperadores de calor del aire de ventilación.

Fuente: Elaboración propia con base en el documento: Recuperación de energía en sistemas de climatización, ATECYR.

Tipo de recuperador	Calor que puede recuperar	Rendimiento de recuperación
Aire - aire	Sólo sensible ó sensible y latente.	60 - 70 %
Rotativo	Sólo sensible ó sensible y latente.	60 - 90%
Tubo de calor	Sólo sensible	50 - 60 %

Figura 48. Rendimiento de diferentes tipos de recuperador de calor.

Fuente: Elaboración propia con base en el documento: Recuperación de energía en sistemas de climatización, ATECYR.

4.5.5 APROVECHAMIENTO DE CALOR DE LOS EQUIPOS DE FRÍO

En las instalaciones de aire acondicionado, el calor del condensador que extraen los equipos frigoríficos puede ser utilizado, mediante intercambiadores de calor, para la producción de agua caliente que puede ser requerida en otra parte del hotel.

Este aprovechamiento puede suponer por un lado un ahorro importante de energía para la producción de agua caliente sanitaria y por otro, un ahorro por

menor consumo eléctrico del condensador. Hoy en día existen en el mercado equipos de climatización que incluyen en su diseño esta recuperación de calor, por lo que es muy interesante en el caso de los hoteles donde existe una demanda importante de agua caliente simultánea a la de aire acondicionado, que se tenga en cuenta, a la hora de realizar una nueva instalación o de renovar los equipos existentes, la opción de compra de este tipo de equipos ya que, aunque tienen una inversión un poco superior a los convencionales, se llega a amortizar con los ahorros energéticos que se consiguen. En la figura 49 se muestra un ejemplo de la aplicación de esta mejora. Se trata de un hotel urbano, de tres estrellas, en el cual la calefacción y la climatización del edificio se realizan mediante el uso de bombas de calor. En este hotel se ha instalado un sistema de recuperación en las bombas de calor, utilizándose este calor recuperado para la producción de agua caliente sanitaria, obteniéndose con ello una importante reducción del consumo de gasóleo, que es el combustible utilizado en este caso para la producción del agua caliente sanitaria ACS.

Características del hotel	
Tipo de hotel:	Urbano de 3 estrellas
Habitaciones:	380
Sistema de climatización:	Bomba de calor
Combustible en agua caliente sanitaria	Diesel
Descripción de la mejora	
Recuperación de energía de las bombas de calor, mediante intercambiadores de calor para la producción de ACS	
Consumo de gasóleo	
Consumo de diesel sin recuperación de calor:	83500 litros/año
Consumo de diesel con recuperación para ACS:	50000 litros/año
Ahorro de diesel:	33500 litros/año
Ahorro porcentual:	40%
Ahorro económico	
Precio del Diesel:	\$ 9.84 / litro ¹¹
Ahorro económico anual:	\$329,640 ¹²

Figura 49. Ejemplo de aplicación de aprovechamiento de calor para producción de agua caliente sanitaria.

Fuente: Plan de ahorro y eficiencia energética de la comunidad de Valencia.

¹¹ Se tomó en cuenta el precio del diesel en septiembre del 2011 en México.

¹² El valor se transportó al ahorro que hoy en día se podría lograr en pesos en un hotel en México con características similares al hotel mencionado. El ahorro real de este hotel fue € 15,075.00 en un año.

4.5.6 ENFRIADORES EVAPORATIVOS

Es un proceso de transferencia de masa de agua en una corriente de aire por contacto directo, en la que se obtiene el enfriamiento sensible del aire por evaporación del agua. Como se observa en la figura 52, el agua se evapora en contacto directo con el aire de suministro, produciendo su enfriamiento y aumentando su contenido de humedad en un proceso de cambio adiabático de calor. El aire suministra el calor al agua produciendo su evaporación, de modo que su temperatura de bulbo seco baja y se incrementa la humedad. De esa manera, el calor intercambiado desde el aire iguala a la cantidad de calor absorbida por la evaporación del agua y el agua se recircula por el aparato, su temperatura se aproxima a la de bulbo húmedo del aire del proceso, tal como se indica en el lado derecho de la siguiente figura.

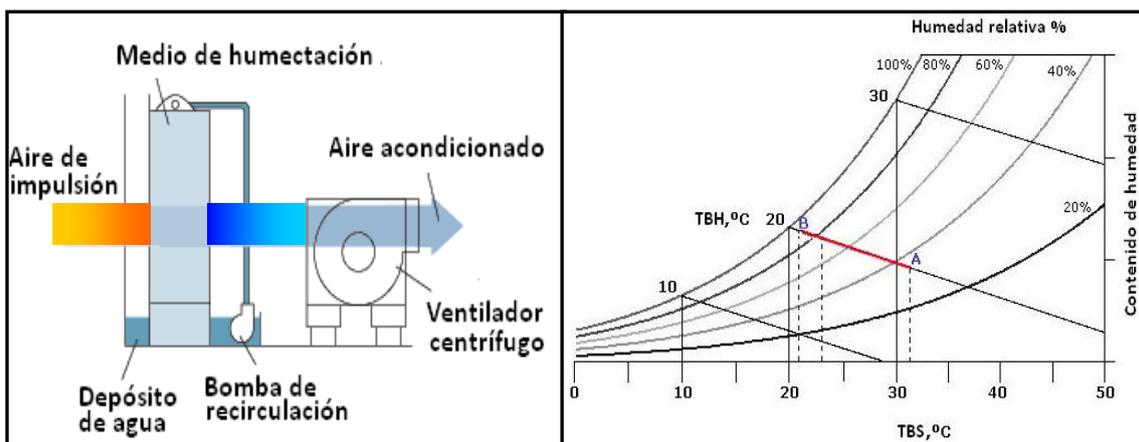


Figura 52. Funcionamiento de un sistema evaporativo directo.

Fuente: www.Platts.com

Para realizar el enfriamiento evaporativo de una instalación de aire acondicionado es necesario que se den en el clima exterior dos requisitos:

- Elevadas temperatura exteriores de bulbo seco.
- Temperatura de bulbo húmedo relativamente baja.

En general para temperaturas exteriores mayores de 35 °C y temperaturas de bulbo húmedo menores de 24 °C, de modo que el mayor rendimiento de estos equipos se obtendrá en hoteles con climas exteriores cálidos y secos como Hermosillo, Coahuila, Durango, Chihuahua, Ciudad Juárez y Mexicali.

También es cierto que el enfriamiento evaporativo no es exclusivo de estas zonas, se ha comprobado que también es funcional en zonas semiáridas y zonas de altiplano, lo que permite su uso y aplicación debido a lo funcional y económico que resulta acondicionar con este sistema de enfriamiento.

Los sistemas indirectos enfrían aire sin añadir humedad al ambiente. Esto debido a que no existe un contacto directo entre el aire de impulsión y el agua de recirculación. El enfriamiento se hace mediante un intercambiador de calor como se muestra en la figura 53 donde el aire de impulsión cede su calor al aire secundario que es enfriado previamente al entrar en contacto directo con el agua. En comparación con los sistemas directos son más caros y consumen más energía, pero pueden significar ahorros de energía en lugares donde no sea necesario agregar humedad al ambiente.

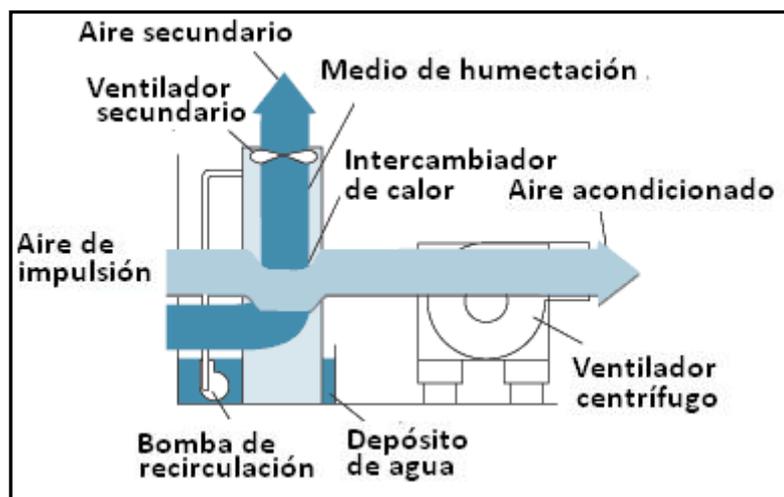


Figura 53. Funcionamiento de un sistema evaporativo indirecto. Fuente: www.Platts.com

En general la mayor ventaja del enfriamiento evaporativo es su costo de inversión y de operación, que bien puede representar la mitad del costo de una unidad de aire acondicionado convencional. Mientras que su mayor desventaja es el tener un menor control sobre la temperatura del lugar a enfriar.

A continuación se presenta la lista de las temperaturas que se pueden alcanzar en el aire de suministro de los lugares a enfriar, en función de la temperatura y la humedad relativa del aire exterior. Las celdas amarillas presentan rangos de funcionamiento óptimo del sistema.

		HUMEDAD RELATIVA																
		2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Temperatura del aire	24	12	13	14	14	15	16	17	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22
	27	14	14	16	17	17	18	19	19	20	21	22	22	23	23	24	24	25
	29	16	17	17	18	19	20	21	22	22	23	23	24	24	25	26	27	
	32	18	18	19	21	21	22	23	24	25	26	26	27	28	28	29	30	
	35	19	20	21	22	23	24	26	26	27	28	29	29	30				
	38	21	22	23	24	26	27	28	28	29	31	31						
	41	22	23	25	26	27	29	30	31	32								
	43	24	25	27	28	29	31	32	33									
	46	26	27	28	30	32	33	34										
	49	27	28	30	32	34	35											
52	28	30	32	34	36													

Figura 54. Temperatura interior en función de la temperatura del aire de entrada y la humedad relativa.

Fuente: Arizona Almanac.

4.5.7 MÁQUINAS DE ABSORCIÓN

Su principio de funcionamiento es muy similar al de un sistema convencional de refrigeración con la diferencia de que en lugar de comprimir un vapor entre el evaporador y el condensador, el refrigerante es absorbido por una sustancia secundaria llamada absorbente para formar una solución líquida. Esta solución se bombea a mayor presión con un aporte de trabajo considerablemente menor que el que se necesita para la compresión del refrigerante en los sistemas convencionales. Utilizan como energía básica la energía térmica por lo que son recomendables cuando se dispone de fuentes de calor sobrantes, aunque también puede utilizarse gas natural o algún otro combustible.

EL costo de inversión inicial para estos equipos es mayor que para un equipo de compresión mecánica y cuenta con rendimientos COP alrededor de 0.7 y hasta 1.2, rendimientos que están muy por debajo de los sistemas convencionales de enfriamiento. Aún así son una alternativa de uso debido al bajo costo de la energía térmica frente a la energía eléctrica y una excelente opción en caso de contar con fuentes de calor sobrantes o utilizarse con energías renovables.

La figura 55 muestra un esquema de funcionamiento de este tipo de equipos.

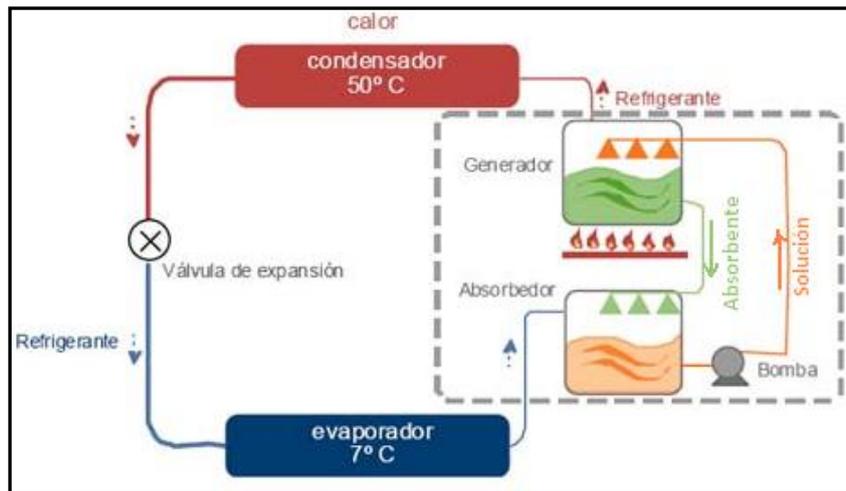


Figura 55. Ciclo de una máquina de absorción.
Fuente: www.caloryfrío.com

4.5.8 FREE-COOLING

Una de las formas de reducir el consumo energético es el empleo del sistema economizador de aire exterior, denominado free-cooling, para aprovechar su baja entalpía cuando las condiciones exteriores son favorables como en verano, para disminuir el uso de los equipos de aire acondicionado.

En el esquema de la figura 56 se detalla el procedimiento más usual para llevar a cabo el free-cooling, contando el sistema con un ventilador en la línea de retorno, que puede canalizar dicho aire eliminándolo hacia el exterior, o recirculándolo hacia la unidad de tratamiento de aire. La regulación de la proporción de aire eliminado o recirculado se realiza mediante un juego de persianas en función del grado de apertura o cierre y una tercera persiana en la toma de aire exterior opera sincronizadamente con el aire eliminado al exterior y de esa manera, al aumentar el caudal de aire exterior a medida que la persiana se abre, se va cerrando la del aire recirculado y se abre la del aire expulsado.

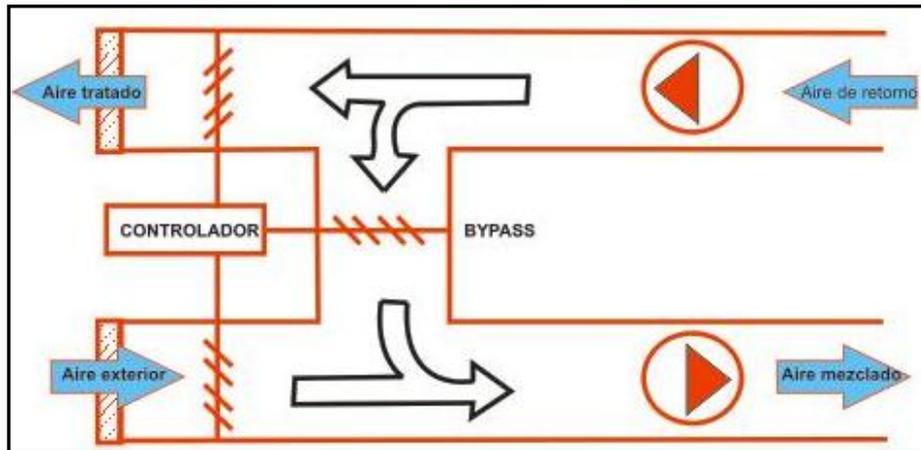


Figura 56. Esquema de funcionamiento de Free-cooling.
 Fuente: Sistemas de aire acondicionado, calidad del aire interior, Nestor Quadri.

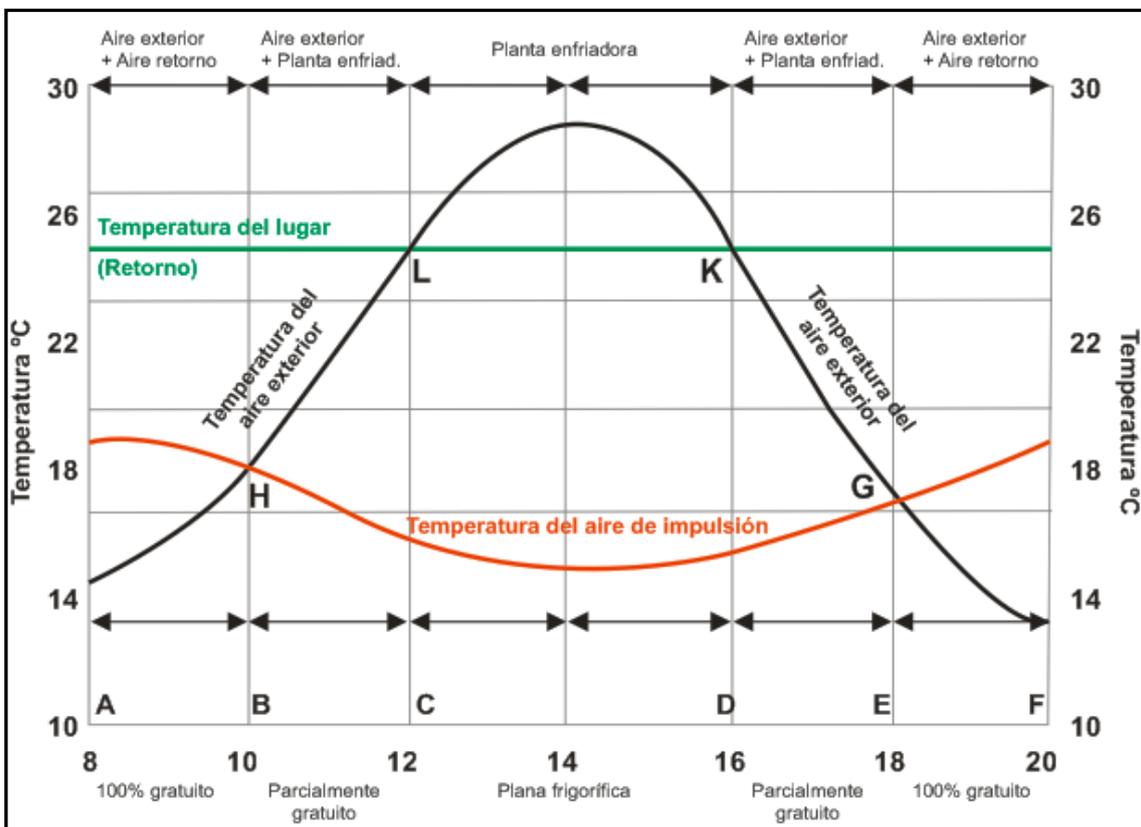


Figura 57. Gráfico de regulación de un Free-cooling.
 Fuente: Sistemas de aire acondicionado, calidad del aire interior, Nestor Quadri.

Condiciones de operación

En la figura 57 se observa que durante el intervalo horario AB, la temperatura del aire exterior es menor que el de impulsión de modo que el sistema modula las compuertas hasta lograr que la mezcla del aire exterior con el aire recirculado alcance el valor determinado por la curva de temperatura de impulsión, siendo

innecesaria la producción de frío, por lo que, el enfriamiento se hace gratuito. En el intervalo BC el aire exterior es mayor que la temperatura de impulsión pero inferior a la temperatura de retorno que es el del lugar, en ese lapso el sistema frigorífico debe operar parcialmente para bajar la temperatura del aire exterior que se introduce en un 100% hasta alcanzar la temperatura de impulsión requerido por el lugar y cuando la temperatura del aire exterior alcanza a la del lugar constituye el límite del enfriamiento gratuito. Por último, durante el período CD, donde la temperatura del aire exterior es superior a la temperatura de retorno del lugar, la instalación funciona en forma convencional, para satisfacer las necesidades de ventilación. Los intervalos DE y EF son similares a los BC y AB.

4.5.9 ACUMULACIÓN TÉRMICA

El propósito del almacenamiento térmico en sistemas de aire acondicionado consiste en la acumulación de energía en un horario determinado, para utilizarlo a otro diferente, constituyendo lo que se denomina volante térmico. Los sistemas de acumulación para refrigeración pueden clasificarse en:

- Sistemas de calor sensible: Utilizan Agua fría.
- Sistemas de calor latente: Utilizan Agua - hielo o Sales hidratadas.

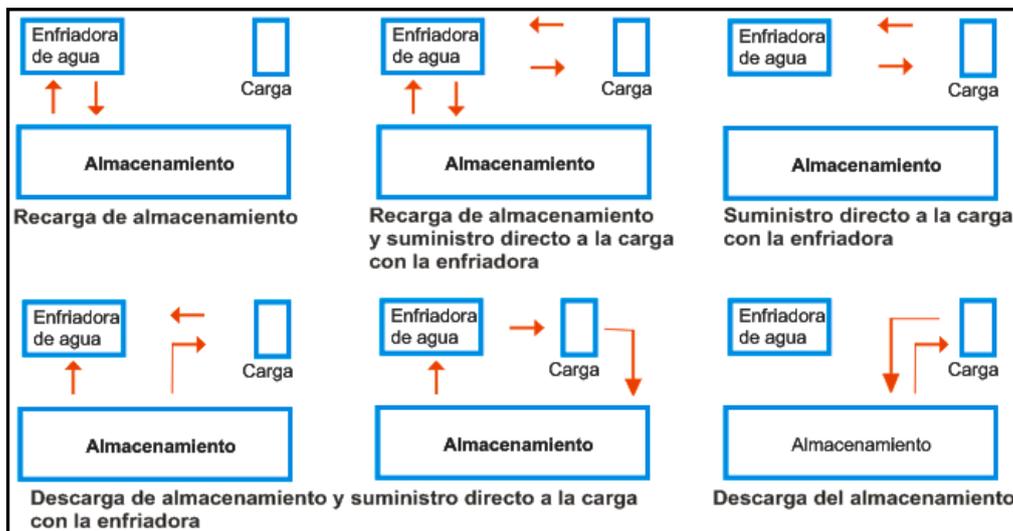


Figura 50. Estrategia operativa de un sistema de almacenamiento de frío.

Fuente: Sistemas de aire acondicionado, calidad del aire interior, Nestor Quadri.

En la figura 50 se detalla la estrategia operativa para el caso de almacenamiento con agua fría mediante una unidad enfriadora, para satisfacer las cargas de un sistema de aire acondicionado, de acuerdo al empleo descrito en la figura 51.

Modo de operación	Empleo
Recarga de almacenamiento	Cuando no existen necesidades en el edificio, generalmente de noche
Recarga de almacenamiento y suministro al edificio	Durante las cargas parciales.
Suministro directo al edificio	Durante las cargas elevadas
Descarga del almacenamiento y carga de trabajo.	Durante las cargas pico.
Descarga del almacenamiento.	En caso de falta de energía, tareas de mantenimiento, requerimiento de cargas parciales muy pequeñas

Figura 51. Selección del modo de operación según las necesidades del hotel.

Fuente: Sistemas de aire acondicionado, calidad del aire interior, Nestor Quadri.

Dentro de las ventajas de la utilización de estos sistemas tenemos:

- Se pueden recortar los picos de demanda de cargas térmicas que se producen durante el día, permitiendo el diseño de equipos de climatización más pequeños, pero funcionando más horas durante el día.
- En casos de corte de suministro eléctrico, se cuenta con cierto tiempo de seguridad de mantenimiento de la temperatura ambiente debido a la carga térmica almacenada y se pueden contemplar paradas de la instalación para realizar mantenimientos de emergencia durante el día.
- Disminución de consumo de energía eléctrica en horas pico. Esto debido a la acumulación de energía térmica en horarios base para su uso en horas pico.

CONCLUSIONES

Para el sector hotelero en México existe una amplia gama de métodos para ahorrar energía, trayendo consigo diferentes beneficios como lo son ahorros económicos, reducción de emisiones de CO₂ y una mejor imagen al mostrar preocupación por el medio ambiente, al tiempo de mejorar, en muchos casos, el confort que ofrecen los hoteles a sus ocupantes. Esto convierte a esos hoteles en establecimientos más competitivos y con una mejor participación en el mercado.

Los servicios que mayor energía demandan en las instalaciones de un hotel son los sistemas de iluminación, calefacción y aire acondicionado, por lo que una buena estrategia es poner especial atención en conseguir la disminución del consumo de energía en estos aspectos. Existen diferentes medidas para ahorrar energía en cada uno de los sistemas mencionados, pero el potencial de ahorro que se puede conseguir depende de factores externos como la ocupación, el clima, la arquitectura y tipo de hotel.

La implementación de un sistema eficiente de iluminación debe considerar el uso de equipos eficaces y adecuados, acordes a cada aplicación, tener en cuenta las oportunidades en el control de la iluminación, buscar oportunidades para la utilización de la luz natural e implementar un programa adecuado de mantenimiento a las instalaciones.

En lo referente a la calefacción y aire acondicionado, un sistema bien proyectado y ejecutado, orientado hacia el ahorro de energía, debe contar con un buen uso de los elementos pasivos, equipos eficientes, uso de combustibles económicos o fuentes de energía gratuitas y a esto debe agregarse una correcta operación, mediante temperaturas, velocidad de distribución de fluidos, tiempos de utilización y sistemas de control óptimos. Por otra parte, la aplicación de un adecuado aislamiento térmico y la mejora en la hermeticidad de los hoteles es fundamental, dado que ello implica equipos más pequeños con menor consumo de energía durante toda la vida útil.

Por último es importante no perder de vista que aunque el ahorro de energía puede suponer inversiones iniciales importantes, se obtiene con frecuencia una apropiada recuperación de la inversión y se asegura un ahorro económico a mediano y largo plazo.

REFERENCIAS

1. *A Guide to Energy-Efficient Heating and Cooling*, EPA 2009.
2. *Acondicionamiento térmico de edificios*, Victorio Santiago Díaz, Raúl Oscar Barreneche. Nobuko, 2005.
3. *Ahorro de energía y eficiencia energética en sistemas de aire acondicionado y refrigeración*, Scientia et Technica Año X, No 24, Mayo 2004. UTP.
4. *Ahorro y gestión eficiente de la energía*, Begoña María-Tomé Gil. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), 2010.
5. *An empirical approach for ranking environmental and energy saving measures in the hotel sector*, Beccali M, La Gennusa M, Lo Coco L, Rizzo G. Renewable Energy 2009.
6. *Análisis de mercado para la aplicación de tecnologías de energías renovables y eficiencia energética en hoteles en México, y mercado potencial para el sector financiero*, Transénergie, Junio 2009.
7. *Assessment of practices and technologies of energy saving and renewable energy sources in hotels in Crete*, Nikolaos Zografakis et al, Renewable Energy 36 (2011).
8. *Balance Nacional de Energía 2010*, SENER.
9. *Development of energy efficiency improvement in the Tunisian hotel sector: a case study*, Abdelhak Khemiria, Mohamed Hassairib.
10. *Disminución de costes energéticos en la empresa*, Amaya Martínez García, Fundación Confemetal, 2006.
11. *El ahorro energético*. Mario Aguer, Luis Jutglar.
12. *Energy conservation and retrofitting potential in Hellenic hotels*, M. Santamourisa, C.A. Balarasb, E. Dascalakia, A. Argirioub and A. Gagliaa.
13. *Energy studies*, W. Shepherd & D.W. Shepherd imperial college press, second edition.
14. *Energy-Efficiency and conservation in hotels-towards Sustainable Tourism*, Paulina Bohdanowicz, Angela Churie-Kallhauge, Ivo Martinac. International Symposium on Asia Pacific Architecture, Hawai'i, April 2001.
15. *Estudio Energético, Económico y Ambiental Mediante Simulación de Diferentes Tipos de Recuperadores de Calor aplicados a un Centro de Salud*, F. J. Rey, C. Cano, E. Velasco, F. Flores Murrieta, F. Varela Diez, E. Hernandez Gallego.
16. *Facility Type: Hotels and Motels*, ENERGY STAR Building Manual.
17. *Gestión energética en hoteles*, Juan Nuñez Cacho del Águila, FENERCOM.
18. *Good lighting for Hotels and Restaurants*, Fördergemeinschaft Gutes Licht.

19. *Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Establecimientos Hoteleros de la comunidad Valenciana*, AVEN 2003.
20. *Guía de eficiencia energética en centros docentes*, FENERCOM 2011.
21. *Guía de iluminación*, ERCO Light Scout.
22. *Guía para el uso eficiente de la energía en hoteles*. CONUEE, 2009.
23. *Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. El aislamiento, la mejor solución*, Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMA), 2008.
24. *Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en edificios de viviendas*, Ricardo García San José. IDAE 2008.
25. *Guía técnica de iluminación eficiente*, Dirección General de Industria, Energía y Minas, 2006.
26. *Guide to energy management*, Barney I. Capehart, wayne c. turner & william j. kennedy, fifth edition.
27. *Hotels*, Niki Hendrikx Laborelec, November 2008. Power Quality & Utilization Guide, Leonardo Energy.
28. *HVAC Assesment Handbook: A practical Guide to Performance Measurements in Mechanical Heating, Ventilating and Air Conditioning Systems*, Trust Science Inovation 2007.
29. *HVAC: Evaporative Cooling*, Platts 2004.
30. *Instalaciones de Calefacción*, Martí Rosas I Casals.
31. *Instalaciones de refrigeración y aire acondicionado*, Daniel García Alminaña. UOC, 2007.
32. *Las fuentes de energía*, Carlos J. Pardo Abad. Colección: espacios y sociedades.
33. *Lighting Equipments*, Dr Anne Rialhe, AERE. Appliances & Lighting 2007.
34. *Lighting*, Rob van Heur Laborelec June, 2007. Energy Efficiency, Leonardo ENERGY.
35. *Manual de instalaciones electromecánicas en casas y edificios*, Enríquez Harper. Limusa 2003.
36. *Medición y registro de la energía en PYMES*, CONUEE, 2009.
37. *NORMA Oficial Mexicana NOM-011-ENER-2006*.
38. *NORMA Oficial Mexicana NOM-021-EER/SCFI-2008*.
39. *NORMA Oficial Mexicana NOM-023-ENER-2010*.
40. *Opiniones Vinculatorias para las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal*, CONUEE 2010.
41. *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*.
42. *Recuperación de energía en sistemas de climatización*, ATECYR. Valladolid 1996.

43. *Refrigeración por absorción. Interés energético e impacto ambiental*, José María Cano Marcos.
44. *Sistemas de aire acondicionado, calidad del aire interior*, Nestor Quadri. Editorial Alsina.
45. *Sistemas eficientes de climatización y uso de energías renovables*, Fabricantes de generadores y emisores de calor para agua caliente sanitaria FEGECA, 2011.
46. *Turismo en México 2008*, SECTUR, Gobierno Federal.
47. *Ventilation and air-conditioning*, Bohdan Soroka, Laborelec. September 2007. Energy Efficiency, Leonardo ENERGY.

- www.ashrae.org
- www.caloryfrio.com
- www.ceisp.com
- www.conae.gob.mx
- eartheasy.com
- www.eere.energy.gov
- www.elaireacondicionado.com.ar
- www.energystar.gov
- www.energystar.gov
- www.erco.com
- www.fenercom.com
- www.funtener.org.mx
- www.greenthehotels.com
- www.idae.es
- www.iesna.org
- www.inescc.pt
- www.leonardo-energy.org
- www.lumisistemas.com
- www.pandelta.com
- www.sectur.gob.mx
- sener.gob.mx
- www.soliclima.com

ANEXO

I. Poder calorífico neto de los combustibles más utilizados en México

Combustible	Unidades	Año 2004	Año 2005
Gas licuado	(MJ/bl)	3,812	3,765
Gasolinas y naftas	(MJ/bl)	5,331	4,872
Diesel	(MJ/bl)	5,757	5,426
Combustóleo	(MJ/bl)	6,388	6,019
Gas natural	(KJ/m3)	3,3913 ¹³	-

Poder calorífico neto. Fuente: Balance Nacional de energía, 2005, México.

II. Estructura de un recibo de energía eléctrica de CFE en tarifa OM y 3



1

Comisión Federal de Electricidad

Adeudo anterior	Pagos	Cargos/créditos	Monto a pagar
\$26,722.46	\$26,722.00-	\$23,981.27	\$23,981.00

Fecha límite de pago: 14 SEP 01
Corte a partir de: 15 SEP 01

Ubicación del suministro:
EMPRESA S.A. de C.V.
PARQUE INDUSTRIAL No. 5
GUADALUPE, N.L.

Número de Servicio: 996 991 200 012

Periodo: 02 AGO al 31 AGO 01

Domicilio fiscal:
TORRE DIAMANTE 3ER PISO
MORELOS 102, MONTERREY, N.L.
EMSA 991231 EMS

AVISO-RECIBO
9969991200012239813

2

Carga conectada kW: 110
Tarifa: OM
Demanda contratada kW: 105
Multiplicador: 60

Unidad	No. Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Diferencia	Totales
kWh	1234YZ	26307	25842	465	37,200
kW	1234YZ	1.0998	0.0	1.0998	88
MWh	1234YZ	131110	12898	212	16,960

3

Año	Días del mes	Consumo prom. diario	Energía kWh	Precio \$/kWh	Importes \$
108	29	1,282.7586	37,200	0.4260	15,847.71

4

Mes	Factor de proporción	Demanda máxima kW	Precio \$/kW	Importes \$	Factor de potencia %
108	0.9355	68	56.59	4,658.71	90.99

Datos históricos

6



Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	FR %	FC %	Promedio
SEP 00	90	38,240	88.99	59	0.673
OCT 00	90	38,320	89.26	57	0.659
NOV 00	83	29,280	90.41	49	0.630
DIC 00	75	25,040	89.95	47	0.672
ENE 01	67	25,280	89.78	47	0.673
FEB 01	67	23,680	90.87	49	0.626
MAR 01	74	23,120	92.80	46	0.756
ABR 01	79	26,560	91.74	43	0.609
MAY 01	89	31,040	90.17	48	0.665
JUN 01	91	35,200	90.72	53	0.685
JUL 01	93	38,720	91.11	55	0.698
AGO 01	88	40,560	91.13	61	0.729
SEP 01	88	37,200	90.99	60	0.5606

Conceptos

Conceptos	Importes \$
Cargo por Energía	15,847.20
Cargo por Demanda	4,658.71
Cargo 2% Baja Tensión	410.11
Bonificación Factor de Potencia	62.74-
Subtotal	20,853.28
IVA	3,127.99
Facturación del Periodo	23,981.27
Adeudo Anterior	26,722.46
Su Pago	26,722.00-
Total	\$23,981.73

5

7

Fecha y lugar de expedición: 04 SEP 01, MONTERREY, N.L.

Son: (VEINTITRES MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y UN PESOS 73/100 M.N.)

Secretaría de la Contraloría, Quejas y Denuncias al Teléfono: 01 800 712 09 82

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Total a pagar: \$23,981.00

(VEINTITRES MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y UN PESOS 00/100 M.N.)

58 DY 10 01 001 0680
Clave de envío: Retardar

TALÓN DE CASH

Sección 1

1 Adeudo anterior	2 Pagos	3 Cargos/créditos	4 Monto a pagar
\$26,722.46	\$26,722.00-	\$23,981.27	\$23,981.00
5 Fecha límite de pago		6 Corte a partir de	
14 SEP 01		15 SEP 01	

¹³ Corresponde a volúmenes medidos a 20 °C y a 100 kPa de presión.

80

1. **Adeudo anterior.** Valor de la facturación anterior. Se recomienda verificar este valor revisando la facturación anterior en "monto a pagar".
2. **Pagos.** Pago cubierto del mes anterior. En caso de no tener pendientes adeudos anteriores, este valor será igual al del adeudo anterior.
3. **Cargos/créditos.** Facturación que se carga o se acredita en este recibo de energía, en caso de ser crédito el valor tendrá signo negativo.
4. **Monto a pagar.** Valor a pagar por el consumo de energía en este recibo.
5. **Fecha límite de pago.** Fecha límite para cubrir el monto a pagar.
6. **Corte a partir.** Fecha a partir de la cual el servicio puede ser suspendido por falta de pago.

Sección 2

7 Ubicación del suministro: EMPRESA S.A. de C.V. PARQUE INDUSTRIAL No. 5 GUADALUPE, N.L.	8 Domicilio fiscal: TORRE DIAMANTE 3ER PISO MORELOS 102, MONTERREY, N.L. EMSA 991231 EMS	AVISO-RECIBO 9969991200012239813 
9 Número de Servicio: 996 991 200 012		
10 Período: 02 AGO al 31 AGO 01 11 Carga conectada kW: 110 13 Tarifa: OM 12 Demanda contratada kW: 105 14 Multiplicador: 80		

7. **Ubicación del suministro.** Aquí se describe el nombre de la empresa y su dirección; como única observación, verifique que sus datos sean correctos.
8. **Dirección fiscal.** En este espacio se especifican los datos de la cédula de identificación fiscal de la empresa.
9. **Número de servicio.** Número de identificación de la empresa ante la Comisión Federal de Electricidad. Verifique con recibos anteriores que el número sea igual.
10. **Período.** Intervalo de tiempo que comprende el consumo y demanda de energía en este recibo.
11. **Carga conectada.** Suma de todas las cargas existentes en la empresa. Conviene verificar este valor en el contrato existente con la CFE. En caso de incremento en la carga, es necesario informarlo a la Comisión.
12. **Demanda contratada.** Valor de la demanda que se estipuló en el contrato de suministro.
13. **Tarifa.** Indica el tipo de tarifa en la cual factura CFE a la empresa; en este caso, OM o tarifa 3.
14. **Multiplicador.** Valor numérico que se utiliza para obtener el valor real de las lecturas del equipo de medición de la Comisión Federal de Electricidad. Se aplica multiplicándolo por la diferencia de lecturas del equipo de medición. En muchos de los casos, este valor aparece en el equipo o en la lámina donde se encuentra el mismo; es conveniente verificar y comparar este valor.

Sección 3

15 Función	16 No. Medidor	17 Lectura actual	18 Lectura anterior	19 Diferencia	20 Totales
kWh	1234YZ	26307	25842	465	37,200
kW	1234YZ	1.0998	0.0	1.0998	88
kVArh	1234YZ	13110	12898	212	16,960

15. **Función.** En esta columna se especifica el parámetro eléctrico que registra el equipo de medición de CFE. El primer concepto corresponde a consumo de energía (kWh), el segundo a demanda de potencia (kW) y el tercero a energía reactiva (kVArh). De esos tres conceptos, sólo el de consumo y el de demanda representan un cobro, mientras que el de energía reactiva se utiliza para calcular el factor de potencia.

16. **No. medidor** Serie de números que identifican al equipo de medición de CFE instalado en la empresa. Se recomienda verificar que el número que aparece en el recibo sea el mismo que está en el equipo de medición. Algunas empresas cuentan con más de un equipo de medición, por lo tanto, es necesario realizar la misma operación para todos.

17. **Lectura actual.** Columna que describe el consumo registrado por el equipo de medición, con base en la función que se especificó en las columnas anteriores. Esta lectura se obtiene de forma directa en equipos digitales y de forma indirecta en equipos analógicos. Corresponde a la fecha en la cual concluyó el periodo de facturación. Normalmente, el número contenido en esta columna debe ser mayor que el de la columna "LECTURA ANTERIOR", excepto para equipos de medición analógicos, en los cuales este valor puede ser menor debido a que se reinicializa el equipo (por ejemplo, de 9999 a 0001, donde 9999 es lectura anterior y 0001 es lectura actual).

18. **Lectura anterior** Columna que describe el consumo registrado por el equipo de medición, con base en la función que se especificó en las columnas anteriores. Esta lectura se obtiene de forma directa en equipos digitales y de forma indirecta en equipos analógicos. Corresponde a la fecha en la cual se inició el ciclo de facturación. Normalmente, debe ser un número menor al de la columna "LECTURA ACTUAL", excepto para equipos de medición analógicos en los cuales este valor puede ser menor debido a que se reinicializa el equipo (por ejemplo de 9999 a 0001, donde 9999 es lectura anterior y 0001 es lectura actual).

19. **Diferencia.** Valor que se obtiene de la diferencia de lecturas (lectura actual - lectura anterior). Esta operación se realiza para cada uno de los parámetros eléctricos, consumo de energía (kWh), demanda de potencia (kW) y consumo de energía reactiva (kVArh). Dado que esta cifra no representa el valor real de cada parámetro en cuestión, es necesario multiplicarlo por el multiplicador para encontrar el valor real.

20. **Totales.** Este concepto se obtiene al multiplicar el resultado de la columna anterior (DIFERENCIA) por la constante del equipo explícita en la sección 2, número 14. Este resultado representa el valor real del parámetro eléctrico en cuestión, y es el que se toma en cuenta para facturar el consumo de la energía eléctrica por parte la empresa.

Sección 4

21 Mes	22 Días del mes	23 Consumo prom. diario	24 Energía kWh	25 Precios \$/kWh	26 Importes \$
0108	29	1,282.7586	37,200	0.4260	15,847.71
27 Mes	28 Factor de proporción	29 Demanda máxima kW	30 Precios \$/kW	31 Importes \$	32 Factor de potencia %
0108	0.9355	88	56.59	4,658.71	90.99

21. **Mes.** Año y mes en el cual se factura el consumo de energía eléctrica.
22. **Días del mes.** Número de días que comprende el período de facturación del recibo de energía.
23. **Consumo por día.** Energía eléctrica que se utilizó cada día en promedio; se obtiene al dividir el valor del consumo de energía encontrado en la sección 3, número 20, entre el número de días especificado en la columna anterior "DIAS DEL MES".
24. **Energía Kwh.** Representa la cantidad de kilowatts hora (kWh) consumidos en el período de facturación. Se obtiene al multiplicar los valores de las columnas "días del mes" y "consumo por día".
25. **Precios \$/kWh.** Representa el precio por cada kilowatt hora que se aplicará para la facturación. Se recomienda verificar este valor en la página de CFE (www.cfe.gob.mx)
26. **Importe.** Valor que indica el monto en pesos por el consumo total de energía (producto de multiplicar el valor de la columna "PRECIOS \$/kWh" por "ENERGÍA kWh").
27. **Mes.** Año y mes en el cual se factura el recibo de energía eléctrica.
28. **Factor de proporción.** Valor que se obtiene al dividir el número de días comprendido en el período de facturación: columna de la sección 4, número 22, entre el número de días del mes calendario en cuestión.
29. **Demanda máxima kW.** Indica la demanda máxima registrada por el equipo de medición de CFE, que sea mayor a cualquier otro registro en el período de facturación.
30. **Precio \$/kW.** Representa el precio por cada kilowatt que se aplicará para la facturación. Se recomienda verificar este valor en la página de CFE (www.cfe.gob.mx).
31. **Importe \$.** Valor que indica el monto en pesos por el total de potencia demandada (producto de multiplicar el valor de la columna "PRECIO \$/kW" por "DEMANDA MÁXIMA kW").
32. **Factor de potencia %.** Especifica el valor mensual del factor de potencia registrado durante el período de facturación. Como recomendación para corroborar el valor estipulado, realice la siguiente operación con el valor real de kWh y de kW .

$$\text{Factor de Potencia} = \frac{\text{kWh}}{\sqrt{(\text{kWh})^2 + (\text{kW})^2}}$$

Sección 5

33 Conceptos	34 Importes \$
Cargo por Energía	15,847.20
Cargo por Demanda	4,658.71
Cargo 2% Baja Tensión	410.11
Bonificación Factor de Potencia	62.74-
Subtotal	20,853.28
IVA	3,127.99 □
Facturación del Periodo	23,981.27 □
Adeudo Anterior	26,722.46
Su Pago	26,722.00-
Total	\$23,981.73

33. **Concepto.** Columna en la que se define el concepto que se cobrará en la factura total. La primera fila representa el cargo por los kWh que se consumieron en el período, mismo valor que el de la sección 4, número 26. La segunda fila es el cargo económico por cada kW de demanda, que aparece en la sección 4, número 31.

La tercera fila es un cargo que sólo se aplica cuando las empresas cuentan con su equipo de medición en el lado del secundario del transformador y se calcula agregando un 2% al monto de la suma de "Cargo por energía" más "Cargo por demanda". La cuarta fila indica una bonificación económica cuando el factor de potencia es mayor a 90% ó un recargo económico si es menor a 90%. Las fórmulas de obtención de porcentajes de bonificación o recargo son las siguientes:

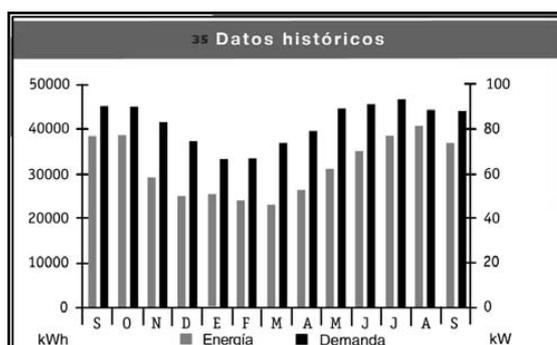
$$\text{Recargo} = \text{Facturación} \times \frac{3}{5} \left(\frac{90}{\text{FP}} - 1 \right) \times 100$$

$$\text{Bonificación} = \text{Facturación} \times \frac{1}{4} \left(1 - \frac{90}{\text{FP}} \right) \times 100$$

La quinta fila cinco es la suma parcial de las primeras 4 filas. La sexta indica el valor del Impuesto al valor agregado (IVA) que se calcula a partir de la quinta fila. La séptima fila indica el valor de la facturación actual, correspondiente al período en cuestión. La octava y novena indican el importe de la factura anterior y si éste fue cubierto o no. La décima fila es igual a la séptima, en caso de no existir adeudo anterior.

34. **Importe.** Valor en pesos para cada concepto especificado.

35. **Datos históricos.** Representación gráfica del comportamiento del consumo de energía (kWh) y demanda de potencia (kW) en los últimos 12 meses.



36					
Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	FP. %	FC. %	Precio medio
SEP 00	90	38,240	88.99	59	0.6173
OCT 00	90	38,320	89.26	57	0.6159
NOV 00	83	29,280	90.41	49	0.6330
DIC 00	75	25,040	89.95	47	0.6472
ENE 01	67	25,280	89.78	47	0.6473
FEB 01	67	23,680	90.87	49	0.6626
MAR 01	74	23,120	92.80	46	0.7156
ABR 01	79	26,560	91.74	43	0.6609
MAY 01	89	31,040	90.17	48	0.6365
JUN 01	91	35,200	90.72	53	0.6185
JUL 01	93	38,720	91.11	55	0.6098
AGO 01	88	40,560	91.13	61	0.5729
SEP 01	88	37,200	90.99	60	0.5606

36. Mes, demanda máxima,

consumo total, fp, fc y

precio medio. Tabla que indica el valor numérico mensual de 4 parámetros eléctricos en los últimos 12 meses, y el precio medio de la energía eléctrica correspondiente a cada mes en cuestión.

III. Indicadores de consumo eléctrico para diferentes niveles de eficiencia energética, kWh/habitación-año.

HOTELES EN CIUDAD

Estrellas	Excelente	Buena	Pobre	Deficiente
Intervalo de habitaciones 5 - 20				
	<i>Menor a</i>	<i>Entre</i>	<i>Entre</i>	<i>Mayor a</i>
1 estrella	1000	1000 - 1400	1400 - 1800	1800
2 estrellas	1200	1200 - 1600	1600 - 2000	2000
3 estrellas	1400	1400 - 1750	1750 - 2250	2250
4 estrellas	1600	1600 - 1900	1900 - 2500	2500
5 estrellas	1750	1750 - 2250	2250 - 2750	2750
Intervalo de habitaciones 20 - 50				
1 estrella	1250	1250 - 1650	1650 - 2050	2050
2 estrellas	1450	1450 - 1800	1800 - 2300	2300
3 estrellas	1650	1650 - 1950	1950 - 2550	2550
4 estrellas	1800	1800 - 2300	2300 - 2800	2800
5 estrellas	1950	1950 - 2450	2450 - 2950	2950
Intervalo de habitaciones 50 - 150				
1 estrella	1500	1500 - 1850	1850 - 2350	2350
2 estrellas	1700	1700 - 2000	2000 - 2600	2600
3 estrellas	1850	1850 - 2350	2350 - 2850	2850
4 estrellas	2000	2000 - 2500	2500 - 3000	3000
5 estrellas	2250	2250 - 2750	2750 - 3750	3750
Intervalo de habitaciones Mayor a 150				
1 estrellas	1800	1800 - 2100	2100 - 2750	2750
2 estrellas	2050	2050 - 2550	2550 - 3050	3050
3 estrellas	2500	2500 - 3250	3250 - 4500	4500
4 estrellas	4000	4000 - 5000	5000 - 6950	6950
5 estrellas	5775	5775 - 6775	6775 - 8750	8750

Fuente: IPSE S.A. de C.V. / Transenergie.

HOTELES EN PLAYA

Estrellas	Excelente	Buena	Pobre	Deficiente
<i>Intervalo de habitaciones 5 - 20</i>	<i>Menor a</i>	<i>Entre</i>	<i>Entre</i>	<i>Mayor a</i>
1 estrella	2230	2230 - 3122	3122 - 4014	4014
2 estrellas	2676	2676 - 3568	3568 - 4460	4460
3 estrellas	3122	3122 - 3903	3903 - 5018	5018
4 estrellas	3568	3568 - 4237	4237 - 5575	5575
5 estrellas	3903	3903 - 5018	5018 - 6133	6133
<i>Intervalo de habitaciones 20 - 50</i>				
1 estrella	2788	2788 - 3680	3680 - 4572	4572
2 estrellas	3234	3234 - 4014	4014 - 5129	5129
3 estrellas	3680	3680 - 4349	4349 - 5687	5687
4 estrellas	4014	4014 - 5129	5129 - 6244	6244
5 estrellas	4349	4349 - 5464	5464 - 6579	6579
<i>Intervalo de habitaciones 50 - 150</i>				
1 estrella	3345	3345 - 4126	4126 - 5241	5241
2 estrellas	3791	3791 - 4460	4460 - 5798	5798
3 estrellas	4126	4126 - 5241	5241 - 6356	6356
4 estrellas	4460	4460 - 5575	5575 - 6690	6690
5 estrellas	5018	5018 - 6133	6133 - 8363	8363
<i>Intervalo de habitaciones Mayor a 150</i>				
1 estrella	4014	4014 - 4683	4683 - 6133	6133
2 estrellas	4572	4572 - 5687	5687 - 6802	6802
3 estrellas	5575	5575 - 7248	7248 - 10035	10035
4 estrellas	8920	8920 - 11150	11150 - 15499	15499
5 estrellas	12878	12878 - 15108	15108 - 19513	19513

Fuente: IPSE SA de CV / Transenergie.

IV. Grados-Día

Las zonas geográficas se dividen en zonas climáticas atendiendo a los grados día en cada lugar. Se define como grados-día a la suma de la diferencia entre una temperatura base y la temperatura media diaria (siempre que la diferencia sea positiva) para todos los días de un periodo, normalmente un año. Un grado día es una medida de la necesidad de enfriamiento o calefacción. De acuerdo a la versión 2004 de la norma ASHRAE-90.1 y al International Energy Conservation Code 2004, las zonas climáticas se establecen en función de los Grados Día, de temperaturas promedio mensuales y de precipitación pluvial. En México no se tienen registros de grados-día pero se pueden obtener con la siguiente expresión:

$$G_{B/B} = \sum_{d=1}^n (T_b - \bar{T}_d)$$

Donde:

G = Grados-día

T_b = La temperatura que se está tomando como base (en edificios se suele utilizar base 15 para determinar cargas de calefacción y base 25 para cargas de refrigeración).

n = Número de días de medición.

T_d = Temperatura media diaria.