

eficiencia  
energética



Proyecto de  
autodiagnóstico de  
**EFICIENCIA ENERGÉTICA  
EN ESCUELAS TÉCNICAS**

Manual de contenidos  
y guía de aplicación



Subsecretaría de  
Ahorro y Eficiencia Energética



Ministerio de Energía y Minería  
Presidencia de la Nación

Dirección de Educación en colaboración con:

Instituto Nacional de Tecnología Industrial | Programa Escuelas Verdes CABA | Dirección  
de Escuelas Técnicas de la Provincia de Jujuy | Instituto Nacional de Educación Tecnológica



---

# Prólogo

*La Dirección de Educación de la Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética tiene a su cargo el desarrollo de programas de educación para todos los niveles del sistema de enseñanza, con el propósito de educar en el uso responsable y eficiente de la energía y generar capacidades técnicas en la sociedad.*

*La implementación de estos programas se alinea dentro de las cien iniciativas prioritarias, presentadas por el Gobierno Nacional, con el propósito de promover un uso responsable de la energía, teniendo en cuenta su positiva influencia sobre la protección de los recursos no renovables y un mejor uso de los renovables, la disminución de los costos de provisión de los servicios energéticos y la mitigación del cambio climático.*

*La nueva Agenda Global de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), formulada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, incluye la Educación para el Desarrollo Sostenible como meta.*

*Este contexto internacional presenta una oportunidad única para la educación de calidad en materia energética y ambiental. Se trata de generar un cambio cultural que a través de las acciones informadas y educadas para que los individuos asuman las problemáticas sociales y ambientales comprometiéndose con el futuro del planeta.*

*Invitamos a todos los docentes del país a recorrer este material y a sumarse a este proyecto que constituye la primera iniciativa piloto del país orientada a la educación integral en eficiencia energética. Tiene por objetivo la formación de alumnos y docentes destinado a forjar competencias para la gestión de la eficiencia energética a través del desarrollo de un auto-diagnóstico en escuelas técnicas.*

<p><i>Desde la Dirección de Educación de la Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética, promovemos la educación en eficiencia energética para un desarrollo sostenible.</i></p>
--



---

# Índice

Prólogo.....	1
Índice.....	3
Presentación .....	11
1 Introducción a la Energía.....	13
1.1 Resumen .....	13
1.2 Introducción.....	14
1.3 Transformación de la energía.....	15
1.4 La energía primaria y la energía secundaria.....	15
1.4.1 Energía primaria .....	16
1.4.2 Energía secundaria .....	16
1.5 Tipos de Energía: Energía Renovable y No Renovable .....	16
1.5.1 Energías renovables.....	17
1.5.2 Energías no renovables .....	19
1.6 Impacto de la energía en el Ambiente.....	20
1.7 Cambio climático.....	21
1.8 ¿Cómo se produce y se consume la energía en Argentina?.....	23
1.9 Generación, transporte y distribución de la energía.....	24
1.9.1 ¿Cómo se genera, transporta y distribuye la electricidad?.....	24
1.9.2 ¿Cómo se genera, transporta y distribuye el gas natural?.....	26
1.10 Eficiencia Energética y uso racional de la energía.....	27
1.10.1 Consejos para un uso racional y eficiente de la energía .....	28

1.11	Referencias .....	32
2	Trabajo y Energía .....	33
2.1	Resumen .....	33
2.2	Trabajo y energía .....	34
2.3	Máquinas .....	36
2.3.1	Plano inclinado.....	36
2.3.2	Palanca.....	37
2.3.3	Máquina general .....	38
2.4	La conservación de la energía mecánica .....	40
2.5	La conservación de la energía mecánica II .....	42
2.6	La conservación de la energía .....	44
2.7	El segundo principio.....	46
2.8	Degradación de la energía .....	49
2.9	Referencias .....	50
2.10	Apéndice.....	51
2.10.1	El principio de la palanca .....	51
3	Calor.....	53
3.1	Resumen .....	53
3.2	Transferencia del calor en sólidos.....	54
3.3	El calor a través de una pared .....	55
3.4	Convección.....	58
3.5	Radiación.....	59
3.6	La energía en la tierra .....	60
3.7	Referencias .....	62

4	Introducción a la Gestión de la Energía .....	65
4.1	Resumen .....	65
4.2	Introducción.....	66
4.3	¿Qué es la gestión de la energía? .....	66
4.4	Primeros pasos.....	68
4.5	Planificar.....	70
4.6	Hacer .....	74
4.7	Verificar .....	76
4.8	Actuar .....	79
5	Estructura del edificio y construcción bioclimática .....	81
5.1	Resumen .....	81
5.2	Introducción.....	82
5.3	Incidencia del sector de la construcción en la demanda de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en nuestro país .....	82
5.4	Arquitectura y Clima .....	85
5.4.1	Análisis Climático.....	85
5.4.2	Definiciones .....	86
5.5	Confort higrotérmico .....	89
5.6	Zonas Bioclimáticas .....	91
5.7	Estrategias de diseño pasivo .....	96
5.7.1	Forma y Orientación del Edificio .....	97
5.7.2	Fachadas Norte, Noreste y Noroeste .....	101
5.7.3	Fachadas Este-Oeste .....	103
5.7.4	Fachadas Sur.....	104
5.7.5	Características de los vidrios .....	104

5.7.6	Iluminación Natural .....	109
5.7.7	Ventilación natural .....	110
5.7.8	Instalaciones de climatización .....	116
5.7.9	Factor de Forma .....	116
5.7.10	Zonificación interior .....	117
5.7.11	Protección del acceso .....	118
5.7.12	Diseñar la envolvente de un edificio.....	119
5.8	Conclusiones .....	127
5.9	Referencias .....	127
6	Climatización.....	129
6.1	Resumen .....	129
6.2	Introducción.....	130
6.3	Factores Ambientales Interiores que definen el Confort.....	130
6.4	Fundamentos de Refrigeración y Calefacción (Equipos - Rendimiento). ....	132
6.5	Consumos y Eficiencia Energética. Aplicaciones. ....	143
6.6	Agua Caliente Sanitaria.....	145
6.7	Colegios - Consumos.....	147
7	Iluminación.....	151
7.1	Marco de trabajo.....	151
7.2	Resumen .....	151
7.3	Introducción:.....	152
7.4	Fotometría, Luz y Óptica.....	152
7.5	Iluminación artificial. Magnitudes y unidades.....	156
7.6	Iluminación natural.....	166

7.7	Referencias .....	167
8	Consumos eléctricos.....	169
8.1	Resumen .....	169
8.2	Introducción.....	170
8.3	Potencia y Energía eléctrica .....	170
8.4	Energía y Potencia activa, Energía y Potencia reactiva. ....	171
8.5	El costo energético.....	172
8.6	El factor tarifario.....	173
8.7	Entendiendo los componentes tarifarios. ....	174
8.7.1	Cargo Fijo.....	174
8.7.2	Capacidad de Suministro (o Demanda de Potencia).....	174
8.7.1	Potencia Consumida .....	175
8.7.1	Consumo de Energía .....	176
8.7.2	Penalizaciones .....	177
8.7.3	Impuestos.....	181
8.8	Encuadramiento Tarifario.....	182
8.9	Cómo reducir los cargos por Demanda de Potencia.....	189
8.10	Cómo reducir las Penalizaciones por Energía Reactiva .....	199
8.10.1	Valores típicos de factor de potencia de diferentes equipos .....	205
8.10.2	Diferentes tipos de bancos de capacitores .....	206
8.11	Equipos y Eficiencia Energética .....	206
8.12	Consejos para ahorrar energía.....	207
8.12.1	Motores eléctricos .....	208
8.12.2	Bombas hidráulicas .....	208

8.12.3	Compresores de aire.....	208
8.12.4	Sistema de aire acondicionado. Uso del frío y calor.....	209
8.12.5	Ventiladores y sopladores .....	209
8.12.6	Iluminación.....	209
8.12.7	Ofimática.....	210
8.12.8	Electrodomésticos.....	210
9	Energía solar.....	213
9.1	Resumen .....	213
9.2	Introducción.....	214
9.3	Paneles Fotovoltaicos.....	216
9.3.1	Definición básica y conceptos. ....	217
9.3.2	Principio de Funcionamiento.....	221
9.3.3	Partes constitutivas de un Sistema Fotovoltaico.....	228
9.3.4	Dimensionamiento de Sistemas. Calculo de Reporte de Energía.....	232
9.4	Calefactores Termosolares. ....	246
9.4.1	Definiciones básicas y conceptos.....	246
9.4.2	Principios de funcionamiento.....	248
9.4.3	Partes constitutivas de un Colector Plano tipo Parrilla .....	255
9.5	Referencias .....	258
10	Herramienta informática de auto diagnóstico energético .....	259
10.1	Resumen .....	259
10.2	Introducción.....	260
10.3	MINEMSIC.....	261
10.4	MINEMADELA.....	263

10.5	MINEMPRISMA.....	265
10.5.1	El Método PRISM .....	266
10.5.2	Método ANAGRAM .....	268
10.6	Referencias .....	268
11	Oportunidades de Mejora .....	269
11.1	Resumen .....	269
11.2	Introducción.....	270
11.3	El edificio como una herramienta de aprendizaje.....	270
11.4	Medidas de Eficiencia Energética y su Implementación.....	271
11.5	Procedimiento Típico para un Diagnóstico Energético .....	272
11.6	El involucramiento de los usuarios y su comportamiento .....	276
11.7	La comunicación interna .....	277
11.8	Referencias .....	278
12	Guía de Auto diagnóstico.....	279
12.1	Introducción.....	279
12.2	El proceso de diagnóstico .....	280
12.3	Criterios de elección de las Oportunidades de Mejora.....	281
12.4	La comunicación.....	281
12.5	Anexo. Planillas .....	283
12.5.1	Datos generales .....	284
12.5.2	Superficies opacas.....	285
12.5.3	Superficies semitransparentes .....	286
12.5.4	Facturación histórica .....	287
12.5.5	Listado de equipos.....	288

12.5.6 Consumo eléctrico .....	289
12.5.7 Equipos de climatización.....	290
12.5.8 Consumo de combustible .....	291
12.5.9 Representación gráfica .....	291
12.5.10 Emisiones de CO2.....	292
12.5.11 Auditoría energética.....	293
12.5.12 Medidas propuestas .....	295

---

# Presentación

Como parte del Programa Nacional de Educación para la Eficiencia Energética que lleva adelante la Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minería se entrega este material didáctico a cada docente de escuelas técnicas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y de la Provincia de Jujuy. Ellos participan en el curso/taller sobre “Autogestión Energética en Escuelas Técnicas” que dictan especialistas del INTI en las instalaciones del Centro de Investigación y Desarrollo sobre Uso Racional de la Energía (INTI-Energía) del Parque Tecnológico Miguelete de la ciudad de San Martín, Provincia de Buenos Aires.

El documento pretende ser una modesta contribución y aporte para comprender y aplicar en la práctica cotidiana los conceptos, principios, buenas prácticas y técnicas que se emplean en el campo de la gestión energética en edificios, en particular en establecimientos educacionales dónde los actores involucrados, alumnos, docentes, personal no docente y directivos, son los “habitantes” del edificio que deberían saber, desde el punto de vista energético, como manejar eficientemente las instalaciones.

Los capítulos que integran la obra están agrupados en tres núcleos que abarcan desde las nociones y los conceptos básicos de energía, trabajo y transferencia de calor continuando con los aspectos tecnológicos vinculados con el comportamientos energético, tanto activo como pasivo, de un edificio y, finalmente, el conjunto de acciones organizativas que es necesario implantar para realizar el autodiagnóstico energético y detectar oportunidades de mejora en el desempeño energético del edificio.

Es de esperar que los docentes, con el apoyo de este material, las lecciones aprendidas en el curso/taller y el acompañamiento de los especialistas del INTI, tengan el camino expedito para transmitir a los alumnos las buenas prácticas y buen comportamiento al momento de aprovechar al máximo los recursos energéticos disponibles.



---

# 1 Introducción a la Energía

por Dirección de Educación, Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética, Ministerio de Energía y Minería

## 1.1 Resumen

En este capítulo se presenta una introducción a las nociones más básicas de la energía desde un punto de contable y no termodinámico, es decir que se la trata en su función como el recurso natural y productivo de una nación, sin dejar de lado la visión ambiental y la transformación climática que ésta produce. Se la clasifica en función de su estado de obtención y uso, y su renovabilidad. Y se caracteriza el uso de la energía particularmente en Argentina, tanto en su obtención como en su transporte, distribución y uso final. Por último se esbozan algunas recomendaciones para el uso racional de la energía en los distintos sectores de consumo.

## 1.2 Introducción

La energía es la capacidad de generar trabajo. La utilizamos para todo, desde saltar hasta encender una lámpara y puede encontrarse en diferentes formas:

- 1) **La Energía cinética** es el movimiento de ondas, átomos, electrones, moléculas, sustancias y objetos. Entre las cuales se incluyen las siguientes:

### Calor (termal)

Proviene del movimiento de los átomos y moléculas en una sustancia. Cuanto mayor es la velocidad de las mismas, mayor es la energía calórica o calor. La energía geotérmica es la energía de la tierra.

### Radiante

Es energía electromagnética que viaja a través del espacio en forma de ondas. Esta incluye la luz visible, rayos X, rayos gamma, ondas de radio. La luz solar es un tipo de energía radiante, la cual sirve para calentarnos, que crezcan las plantas y varios procesos que sustentan la vida en la tierra.

### Movimiento (cinética)

Es la energía contenida en el movimiento de los objetos. Cuanto más rápido se mueven, más energía acumulan. Se necesita energía para poner a un objeto en movimiento y se libera energía cuando este se desacelera. Un ejemplo es el viento.

### Sonora

Es el movimiento de la energía a través de sustancias (tanto sólidas, líquidas o gaseosas) en forma de ondas longitudinales. Es causado cuando una fuerza hace que un objeto o sustancia vibre. Generalmente la energía sonora es de menor magnitud que el resto de las energías.

### Eléctrica

Es causada por el movimiento de electrones a través de un conductor como puede ser un cable. Los rayos son los ejemplos naturales de energía eléctrica.

- 2) **La Energía Potencial** es la energía almacenada. Entre ellas existen:

### Química

Es la energía almacenada en los enlaces de los átomos. Las baterías, la biomasa, el petróleo, el gas natural y el carbón, son ejemplos de este tipo de

energía. Para poder utilizar esta energía, se suelen quemar los hidrocarburos en autos, estufas o plantas de generación eléctrica.

### Nuclear

Es la energía contenida en el núcleo de un átomo. Grandes cantidades de energía pueden ser liberadas a través de la fisión o fusión atómica. La fisión es la división de los átomos de material fisible (ej. Uranio) y que suele ocurrir en centrales nucleares. La fusión es la unión de dos elementos para formar otro, y es lo que ocurre en el núcleo del sol.

### Gravitatoria o potencial

Es la energía almacenada en un objeto gracias a la altura en la que está. Cuanto más alto se encuentra, más energía tiene. Cuando una pelota es soltada desde un edificio, esta tiene energía potencial que se va transformando en energía cinética a medida que cae. Es decir, la pelota acelera. La energía hidráulica, o de represas, es la que utiliza el paso del agua desde un lugar en la altura hacia otro más abajo para generar energía.

### Mecánica

Es la energía contenida en objetos sometidos a tensión, como un resorte. Los resortes comprimidos liberan su energía cuando son liberados.

## 1.3 Transformación de la energía

Es importante destacar esta **ley de la energía**:

La energía no se crea ni se destruye, **se transforma**.

Esto se denomina ley de conservación y transformación de la energía. Por ejemplo cuando quemamos el combustible de un auto, estamos transformando energía química en energía mecánica. Los molinos de viento transforman la energía cinética en energía eléctrica para abastecer industrias y casas. La diferencia entre la energía en una forma en trabajo nunca es perfecta, es decir, hay pérdidas. Cuanto **menores sean estas pérdidas, más eficiente** es el proceso de transformación.

## 1.4 La energía primaria y la energía secundaria

Cuando las personas utilizan electricidad en sus casas, la potencia eléctrica probablemente haya sido producida en una planta de generación térmica que utiliza gas, una represa hidroeléctrica a partir del paso de agua o en algún parque eólico o solar, por mencionar sólo algunas de las formas. Es por eso que se denomina fuentes

primarias de energía al gas, hidro o nuclear. Cuando utilizamos la energía contenida en el gasoil para mover un tractor, estamos hablando de energía secundaria.

### 1.4.1 Energía primaria

Aquella que está disponible en la naturaleza no se ha transformado aún.

Algunos ejemplos son:

- Gas Natural: proviene de los pozos gasíferos
- Petróleo crudo: proviene de los pozos petroleros
- Biomasa: proviene de sustancias orgánicas como caña de azúcar o madera
- Hidro: producida por el paso de agua a través de turbinas en represas
- Nuclear: producida por la fisión del uranio
- Carbón: proviene de minas de carbón
- Solar: producida con paneles fotovoltaicos
- Solar térmica: calentamiento de agua con energía del sol
- Eólica: producida por el paso del viento a través de molinos
- Eficiencia energética: Ahorro producido por utilizar maquinaria eficiente y no desperdiciar la energía
- Geotérmica: aprovechamiento del calor del interior de la tierra
- Mareomotriz: aprovechamiento de las mareas

### 1.4.2 Energía secundaria

Es el producto de una transformación o elaboración de recursos energéticos primarios. Entre ellas tenemos:

- Derivados del petróleo como nafta, gasoil, kerosene, coque, etc.
- Electricidad
- Hidrógeno
- Biocombustibles como el biodiesel o bioetanol

## 1.5 Tipos de Energía: Energía Renovable y No Renovable

Las fuentes de energía se dividen en dos grandes categorías según su posibilidad de regeneración: Energías Renovables y Energías No Renovables.

### 1.5.1 Energías renovables

Son aquellas que se obtienen de la naturaleza y son inagotables, es decir, las utilizamos y se regeneran. Entre ellas podemos encontrar:

#### 1.5.1.1 Solar térmica y fotovoltaica

Se basan en el aprovechamiento de la energía del sol que llega a la tierra. La energía solar térmica transforma esta energía en calor que puede aprovecharse para calentar agua o cocinar alimentos. La energía es usualmente colectada mediante placas que se calientan y pasan el calor al agua que es almacenada en un termotanque que conserva su temperatura. En el caso de las cocinas, la energía es recolectada mediante espejos que concentran los rayos solares o mediante una caja solar térmicamente aislada que se calienta.

La energía solar fotovoltaica es aquella que se produce a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica. Este caso es un ejemplo de la transformación de energía radiante en electricidad, y se da a través del efecto fotoeléctrico. Cabe destacar que no todos los lugares de la tierra tienen la misma capacidad de generación, ya que en ciertos puntos, como en el norte argentino, hay mayor irradiación solar que en otros como la Patagonia. Es por eso que existen puntos óptimos para coleccionar esta energía y en algunos casos, es la fuente de energía más barata del mundo. A su vez, cabe destacar que la energía es generada sólo de día, es por eso que se denominan fuentes intermitentes y deben ser compensadas con otros tipos de generación.

Ambos aprovechamientos, además de ser renovables y no emitir gases de efecto invernadero, se pueden aplicar tanto en pequeña escala (casas, comercios, edificios) como a gran escala (grandes empresas, generación para un país).

#### 1.5.1.2 Eólica

Es una fuente de energía renovable que no emite gases de efecto invernadero. El principal medio para obtenerla son los molinos de viento que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica, que luego se transforma en electricidad. Cuanto mayor es la velocidad del viento, hasta un cierto límite, mayor capacidad de generación tienen. Es por eso que hay zonas óptimas para la colocación de los mismos, como es el caso de la Patagonia argentina. En muchos lugares del mundo, la energía eólica es la fuente de energía más económica. Al igual que la energía solar, ésta es una energía intermitente que debe ser compensada con otros tipos de fuentes.

Existen molinos tanto en la tierra como en el mar (offshore). Si bien los ubicados en el agua son más caros, en ciertos países, a causa de la velocidad de viento y del espacio físico, son una buena alternativa.

### 1.5.1.3 Hidráulica

Es la electricidad generada aprovechando la energía cinética y potencial del agua. Si bien su uso más común es en represas hidroeléctricas, también se pueden aprovechar las mareas y los cambios de la altura del agua (mareomotriz). Cuando el agua de un río, o aquella que está almacenada en una represa, pasa a través de una turbina, se genera electricidad. Este tipo de energía se ha aprovechado desde hace siglos, por ejemplo con una pequeña corriente de un río que mueve una pala y genera trabajo.

Existen diferentes escalas, desde pequeños aprovechamientos hasta grandes represas hidroeléctricas como Yacyretá. A su vez existen los aprovechamientos de ríos que fluyen naturalmente y que se denomina "de pasada" (la energía que no se aprovecha se pierde). También existen represas construidas especialmente para contener agua y poder usarla cuando más se necesite. Esto permite un control más exacto de la energía generada y sirve como método de almacenamiento, especialmente útil para complementar fuentes intermitentes como solar y eólica.

Cabe destacar que la energía hidráulica no emite gases de efecto invernadero y en muchos casos es una forma de generación muy económica.

### 1.5.1.4 Biomasa y biocombustibles

La biomasa es un tipo de energía que podemos utilizar a partir de la materia orgánica o industrial formada en algún proceso biológico o mecánico. El aprovechamiento puede ser en forma directa, por ejemplo la quema por combustión, o por la transformación en otras sustancias como biocombustibles, como el bioetanol o biodiesel.

Existen diversos tipos de biomasa, según de donde viene la sustancia, por ejemplo la biomasa vegetal está relacionada con las plantas en general (troncos, ramas, tallos, frutos, restos y residuos vegetales, etc.); y la biomasa animal con los excrementos, grasas, restos, etc.

Si bien la biomasa es una fuente considerada renovable, su combustión produce CO<sub>2</sub>, lo que contribuye al calentamiento global. No obstante, es considerada una fuente menos contaminante que los combustibles fósiles ya que suele no emitir compuestos azufrados y nitrogenados. Además, las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas durante la combustión de la biomasa suele ser compensado por la captura de CO<sub>2</sub> que utilizó la biomasa para crecer.

### 1.5.1.5 Geotérmica

Es la energía que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor interno de la tierra. En general, cuanto más profundo más caliente se encuentra.

Existen diversas formas de aprovechar esta energía, desde pozos muy profundos con temperaturas de hasta 600°C, que permiten generar vapor de agua que luego es

transformado en energía eléctrica a gran escala, hasta pozos de muy poca profundidad que sirven para aclimatar una casa y reducen el consumo de energía tanto para calefacción en invierno como para enfriamiento en verano.

La geotermia es un tipo de energía renovable que no emite gases de efecto invernadero, pero no todos los lugares del mundo son aptos para la misma y pueden tener un costo más elevado que otras fuentes.

## **1.5.2 Energías no renovables**

Son aquellas cuyas reservas naturales son finitas, es decir, si las utilizamos no se regeneran en tiempos geológicamente cortos (pueden tardar millones de años). Entre ellas tenemos:

### **1.5.2.1 Gas Natural**

Es una mezcla de hidrocarburos que se extrae de yacimientos de gas o bien como gas asociado a petróleo o carbón. Existen diversos reservorios de gas en muchos países, siendo Loma de la Lata (gas convencional, de fácil extracción) y Vaca Muerta (gas no convencional, de difícil extracción) dos ejemplos de Argentina.

El gas es muy versátil y suele ser una fuente barata tanto para generar electricidad como para calefaccionarnos o calentar agua. Su uso está extendido tanto en industrias como en casas y comercios. Además, el gas natural comprimido (GNC) se suele utilizar como combustible para el transporte y el gas licuado de petróleo (GLP) en lugares donde no llega el gas natural de red dado que es relativamente fácil su transporte en garrafas.

Al ser un combustible fósil, el gas natural emite CO<sub>2</sub> contribuye al cambio climático, aunque en menor medida que otros combustibles fósiles como el carbón o el petróleo, es por eso que muchas centrales a carbón están siendo reemplazadas por centrales a gas.

### **1.5.2.2 Petróleo**

Es una mezcla de hidrocarburos que se encuentra en yacimientos debajo de la tierra. Al igual que el gas, existen reservorios convencionales y no convencionales en muchos países, siendo Argentina uno de ellos.

El petróleo no se utiliza en su forma natural, sino que se fracciona en refinerías para obtener diferentes productos como naftas, gasoil, carbón de coque, kerosene, combustible para aviones, fuel oil, entre otros.

Dependiendo de las características del yacimiento y del origen del mismo, los petróleos difieren considerablemente en su composición. Esto hace que existan petróleos livianos (suelen producir más naftas y compuestos de mayor valor) y pesados (producen compuestos más pesados como el fuel oil, usualmente de menor valor). A su vez, cada petróleo contiene impurezas que deben ser removidas para evitar problemas.

El petróleo es muy versátil y su gran disponibilidad hace que sea una fuente de energía primordial a nivel mundial, sobre todo en el sector transporte donde se utilizan sus derivados.

Al ser un combustible fósil, la combustión de los productos destilados en refinerías emite CO<sub>2</sub> contribuyendo al cambio climático.

### 1.5.2.3 Carbón

Es una roca mineral originada por la descomposición de vegetales hace millones de años. Al igual que el gas y el petróleo, existen diferentes calidades y tipos de carbón. Cada uno de estos tipos es usado en diferentes sectores como generación de energía o en la industria siderúrgica.

El carbón si bien es económico en muchas partes del mundo, su combustión libera grandes cantidades de CO<sub>2</sub> que contribuyen fuertemente al cambio climático, por lo que su uso es cada vez más limitado en el mundo, siendo muy bajo en Argentina.

### 1.5.2.4 Nuclear

Es la energía obtenida por la fisión (ruptura) de un elemento radioactivo como el uranio dentro de un reactor nuclear. La energía liberada calienta agua hasta transformarla en vapor de alta presión que luego mueve una turbina para generar electricidad.

La energía nuclear es utilizada en muchos países hace décadas y si bien hubo eventos de pérdida de material radioactivo como en Fukushima, no existe posibilidad de una explosión nuclear como ocurre cuando explota una bomba atómica. Cabe destacar que su seguridad mejora con el paso del tiempo y los avances tecnológicos.

Si bien es un recurso no renovable debido a que el uranio no se regenera, su uso no emite CO<sub>2</sub>. No obstante, es importante disponer de los residuos radioactivos de manera segura para evitar problemas.

## 1.6 Impacto de la energía en el Ambiente

Todas las formas de energía que utilizamos y recolectamos tienen un impacto en el Ambiente. Algunas son de menor magnitud y alcance que otras, pero cada vez que generamos electricidad o ponemos en marcha un auto, estamos generando un impacto en el ecosistema.

A continuación se detallan algunos de los compuestos que contaminan el ambiente al producirse la quema de carbón, gas y derivados del petróleo:

Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>): contribuye a la producción de lluvia ácida que daña cultivos y además genera problemas respiratorios.

Óxidos de nitrógeno (NOX): Contribuye al smog y a enfermedades respiratorias.

Particulado: Contribuye al smog y a diferentes enfermedades respiratorias y de pulmón.

Dióxido de carbono (CO2): Es el principal causante del efecto invernadero que contribuye al cambio climático.

Mercurio y otros metales pesados: Vinculados a enfermedades en seres humanos y otros animales.

Cenizas y otros residuos: Contaminan los sectores aledaños a la explotación.

Para ejemplificar, veamos algunos ejemplos de impactos en el ambiente:

En el caso de la energía nuclear, el mayor riesgo es la disposición de los residuos y una eventual fuga de material radioactivo. Si bien es muy poco probable que eso ocurra (ya que los materiales radioactivos suelen disponerse en cámaras especiales), han ocurrido algunos siniestros como la explosión en la central nuclear de Fukushima en 2011. Cabe mencionar que esta explosión es diferente a una explosión nuclear como la de una bomba atómica, la cual no podría ocurrir nunca en una central nuclear al no disponer de la suficiente cantidad de material radioactivo.

Si bien no emite gases de efecto invernadero, la energía hidráulica puede causar perturbaciones locales si no es planificada correctamente. Dado que grandes cantidades de agua son almacenadas, y los ríos pueden verse modificados, es indispensable hacer una correcta evaluación de los daños para evitar consecuencias irreparables en ecosistemas y especies.

En el caso de los paneles solares y los molinos eólicos, el mayor efecto es visual y por el uso de tierra. Estos suelen requerir grandes cantidades de tierras que no pueden ser empleadas para otros usos.

## 1.7 Cambio climático

Es el cambio de patrones meteorológicos que afecta a la vida en la tierra, desde plantas hasta seres humanos. Actualmente es considerado uno de los mayores riesgos y desafíos que enfrenta la humanidad, dado que tiene el poder de destruir muchas formas de vida en la tierra. Según informes del Panel Intergubernamental en Cambio Climático, el mayor contribuyente al calentamiento global es el CO2 emitido principalmente por la quema de combustibles fósiles desde la revolución industrial. Actualmente existe un acuerdo firmado y ratificado por la mayoría de los países del mundo en donde se comprometen a reducir el nivel de emisiones de CO2 (Acuerdo de París 2015).

Algunos de sus efectos más graves son:

Suba de temperatura media de la tierra: Como consecuencia de la liberación de gases se produce el efecto invernadero haciendo subir temperatura media de la tierra. Si bien el CO<sub>2</sub> es el principal contribuyente, existen otros gases que también contribuyen a este efecto.

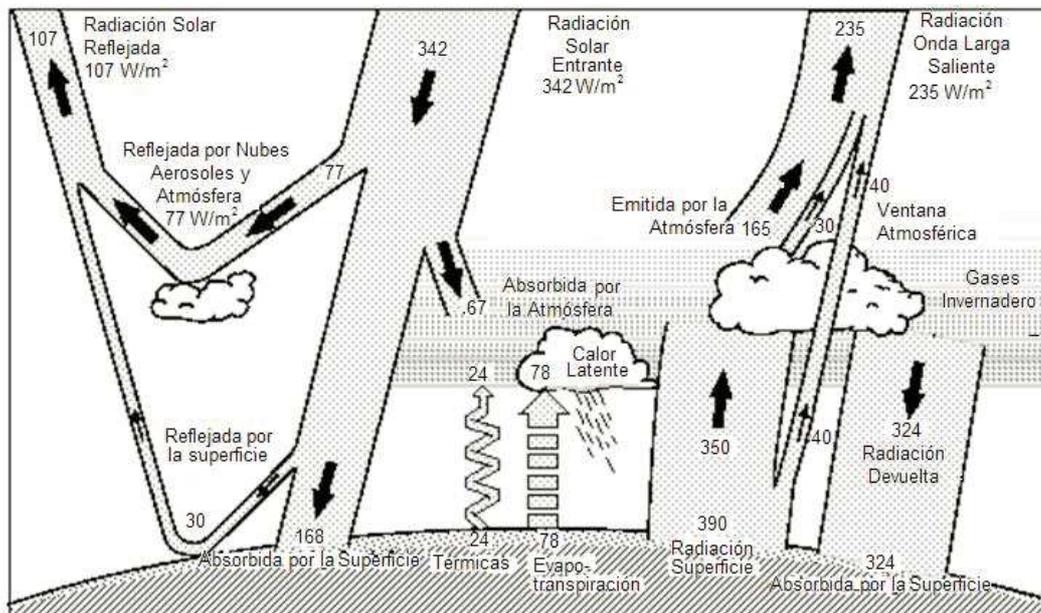


Figura 1-1: Figura traducida. Fuente: J. T. Kiehl and Kevin E. Trenberth, *Earth's Annual Global Mean Energy Budget*, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado.

Al subir la temperatura media de la tierra y con el cambio de patrones meteorológicos a gran escala, empiezan a haber perturbaciones cada vez más frecuentes e intensas que llevan a eventos tales como:

**Aumento de inundaciones y sequías extremas:** Al cambiar los patrones climáticos y al aumentar la temperatura media del ambiente, el aire puede acumular más agua resultando en lluvias y tormentas de grandes magnitudes y con mayor frecuencia, en lugares donde no ocurrían y llevando sequías cada vez más fuertes a lugares donde no eran comunes.

**Derretimiento de los polos:** Debido al aumento de temperatura media, los polos se calientan y comienzan a derretirse. Esto causa que cada vez haya menos reflexión de los rayos solares (el hielo es una superficie que refleja los rayos solares evitando ser absorbidos) que a su vez causa mayor absorción de calor solar, aumentando el calentamiento global. Este es un ejemplo de retroalimentación positiva, que se torna cada vez más grave.

**Suba del nivel del mar:** El derretimiento de los polos trae como consecuencia un aumento del nivel de los océanos que pone en riesgo grandes ciudades cerca de la costa como Buenos Aires o Nueva York y a países insulares enteros como Tuvalu.

**Migraciones en masa de animales y personas:** Los cambios en los patrones climáticos, sumadas a las sequías e inundaciones cada vez más fuertes y frecuentes, lleva a cambios en los hábitos migratorios de diferentes especies y cambios de hábitats, que terminan en migraciones masivas tanto de animales como de humanos en busca de mejores tierras y condiciones de vida.

**Extinción masiva de especies:** Los cambios masivos producidos en los hábitats generan grandes distorsiones en las cadenas alimenticias y stress en especies que no se adaptan lo suficientemente rápido a los cambios. Esto produce grandes eventos de extinción masiva en cortos períodos geológicos.

## 1.8 ¿Cómo se produce y se consume la energía en Argentina?

Cada país produce energía de diversas fuentes según su geografía, política y demás variables. Además, esta energía es consumida por sus habitantes (ya sea en el sector residencial, en las industrias, los comercios, etc.) de modo diverso. Esta situación se va modificando por la aparición de nuevas tecnologías, los cambios en los precios de las fuentes de generación o los cambios de hábitos en las sociedades, entre otros factores.

Esta representación de la totalidad de energía de un país indica la incidencia de las fuentes de las que precede cada tipo de energía y sus usos. Cada país confecciona en forma periódica su matriz energética para entender cuáles son las fuentes y sectores que consumen energía. Si bien no suelen cambiar mucho año a año, con el paso del tiempo se pueden dar cambios significativos. En el caso de Argentina, la matriz energética de Argentina se compone de la siguiente forma:

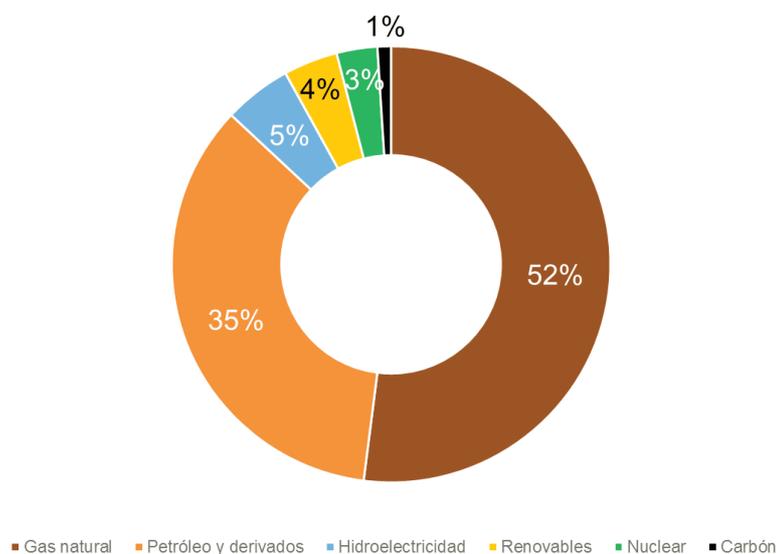


Figura 1-2: Oferta Interna Total de Argentina 2016.

Como podemos observar, la mayor participación es de gas y petróleo. El gas natural se utiliza para calefacción y generación de electricidad. A su vez, el petróleo se

utiliza mayormente como combustible para transportarnos. Las otras fuentes como hidro y renovables contribuyen a la generación de electricidad. Según la ley 27.191, sancionada y promulgada en 2015, se espera que las renovables suban su participación hasta alcanzar el 8% de la generación eléctrica para el 2018 y el 20% al 2025, lo que modificaría sustancialmente la matriz eléctrica.

Cuando uno analiza el consumo diario y estacional de energía puede observar que éste fluctúa intra diariamente y también durante el año. Esto se debe en gran parte a la temperatura y a la luz natural. En los días de calor, el pico de demanda energética suele estar a la tarde, en el momento más caluroso. A su vez, la demanda eléctrica suele ser mayor en verano que en invierno, mientras que la de gas suele ser mayor en invierno que en verano debido a las necesidades de calefacción.

Es por esta razón que no sólo hay que tener en cuenta la demanda total sino también las fluctuaciones de la misma con factores externos. Por esta razón es necesario contar con fuentes que generen sin intermitencia como puede ser una central nuclear o planta térmica y otras que se enciendan cuando se requiere más energía, como hidro de acumulación. En el caso de la energía solar y eólica, la generación es intermitente, por lo que debe aprovecharse la misma en el momento o bien almacenarla en algún reservorio. En la actualidad más del 90% de la energía almacenada se encuentra en forma de agua en altura que luego se turbinan para generar electricidad. No obstante, a medida que avanza la tecnología, se están desarrollando baterías a un costo cada vez menor para poder llevar a cabo la tarea de almacenamiento y despacho de energía cuando se necesite. También se están haciendo desarrollos en hidrógeno, fuente secundaria de energía, que permite ser almacenado para luego ser combustionado cuando se lo necesite.

Si uno observa las tendencias mundiales en consumo de energía, puede notar una creciente demanda. Pero si tomamos en cuenta a la eficiencia energética como una fuente más, es decir, la energía evitada como si fuera una fuente de energía, podemos ver que la demanda no sube tanto como debería por el desarrollo económico de los países. Esto es así sobre todo en los países desarrollados, en donde la eficiencia energética y el cuidado de la misma es una parte fundamental de su matriz energética.

## **1.9 Generación, transporte y distribución de la energía**

### **1.9.1 ¿Cómo se genera, transporta y distribuye la electricidad?**

La electricidad o energía eléctrica es una fuente secundaria de energía. Es decir, para utilizarla tuvo que ser generada a partir de una fuente primaria como el gas, carbón, energía solar o eólica entre otras. Se puede hablar de la electricidad como un portador de energía, ya que se puede transformar en energía mecánica o calor.

Si bien la electricidad ocurre naturalmente en los rayos, su uso cotidiano se remonta a unos 100 años aproximadamente. Si bien hoy en día su uso es

imprescindible, se requiere una gran cantidad de infraestructura, dinero, trabajo y demás para poder obtenerla, transportarla y usarla.

Se puede dividir el ciclo en 3 grandes sectores: generación, transporte y distribución.

### **Generación**

Consiste en la transformación de alguna clase de energía (cinética, térmica, nuclear, etc.) en energía eléctrica. Para ello se recurre a plantas de generación eléctricas en donde se aprovecha el calor de la combustión de combustibles fósiles, la energía contenida en el uranio o la energía del viento y del sol, entre otras.

En el caso de la generación térmica, que utiliza gas, derivados del petróleo, carbón o biomasa, se aprovecha el calor desprendido de la combustión para calentar agua en una caldera hasta transformarla en vapor de alta presión y temperatura que luego genera electricidad al pasar a través de una turbina de vapor. Existe también las centrales de ciclo combinado, en donde se combustiona el gas en una cámara y los gases liberados a alta temperatura y presión mueven una turbina de gas que genera electricidad. Luego, el calor remanente de los gases se utiliza para generar vapor en una turbina de vapor con el mismo objetivo. Este tipo de sistemas tienen una mayor eficiencia que la de los ciclos simples en donde no se aprovecha el calor residual de los gases.

La energía en una central nuclear se genera de una forma similar a la anterior, pero en vez de utilizar combustibles fósiles se utiliza combustible nuclear. Si bien existen diferentes tecnologías que utilizan diferentes elementos, el más común es el uranio (U235). La liberación de energía calienta agua que se transforma en vapor de alta temperatura y presión y al pasar por una turbina de vapor genera electricidad.

La generación a base del sol o del viento se realiza de forma directa, en granjas eólicas o solares que generan directamente electricidad cuando sopla el viento o brilla el sol. La diferencia con las anteriores es que el recurso natural debe estar presente, por lo que pueden estar alejadas de los grandes centros de consumo.

### **Transporte y distribución**

Una vez que la energía eléctrica es generada en las centrales, esta debe ser llevada hacia los grandes centros de consumo, como pueden ser ciudades o polos industriales. Para ello es necesario un tendido eléctrico de alta tensión.

La energía sufre un crecimiento en su tensión en una estación elevadora. Esta tensión puede crecer hasta los 750 KV en algunos casos. Esto es así dado que cuanto mayor es la tensión, menor es la corriente a igual potencia generada. Al ser menor la corriente, las pérdidas por los cables son menores, lo que hace que el sistema sea más eficiente y económico. Estos tendidos eléctricos suelen extenderse por muchos

kilómetros hasta llegar a la subestación de transformación, en donde se disminuye la tensión (media tensión).

Luego de reducida su tensión, cerca de los grandes consumos, la energía eléctrica es distribuida a las industrias que la utilizan. No obstante, para poder ser utilizada por casas y comercios, es necesario una última transformación, en donde la tensión es reducida hasta 220 V (en otros países este valor puede variar). Luego de reducida, la energía es distribuida a los usuarios finales.

### 1.9.2 ¿Cómo se genera, transporta y distribuye el gas natural?

El caso del gas natural es diferente a la electricidad dado que es extraído de pozos en vez de generado en centrales, pero en lo que respecta a transporte y distribución es similar a lo que ocurre con la electricidad. Para analizar el ciclo de vida del gas, conviene dividirlo en 3 etapas:

#### **Producción y tratamiento**

El gas que sale de los pozos gasíferos o de petróleo como subproducto es separado de demás compuestos como el agua y es enviado a una planta de procesamiento para remover otros gases y compuestos no deseados como el azufre. Este paso es muy importante dado que el gas de pozo no puede ser utilizado en nuestras casas o industrias.

#### **Transmisión**

Una vez tratado, el gas es enviado a una estación de compresores para poder ser transportado por gasoductos. El gas de alta presión circula por los mismos grandes distancias y luego es odorizado (el gas tratado es inodoro y se le agrega el olor para prevenir accidentes) y enviado a las empresas distribuidoras de gas natural.

#### **Distribución**

En esta etapa, las compañías distribuidoras envían el gas mediante gasoductos más pequeños a los usuarios finales como casas, comercios e industrias.

#### El caso del Gas Natural Licuado (GNL):

En este caso, el GNL llega típicamente por barcos a una planta regasificadora. El mismo es transformado en gas natural y distribuido por las compañías distribuidoras. Este gas suele ser más caro y es usado para suplir el consumo deficitario.

#### El caso del Gas Licuado de Petróleo (GLP):

El GLP consiste en una mezcla de propano y butano que es comprimido y distribuido en garrafas. Si bien los compuestos son diferentes al del gas natural (metano

mayormente), suelen servir para zonas donde la distribución no llega (por ejemplo el norte de Argentina).

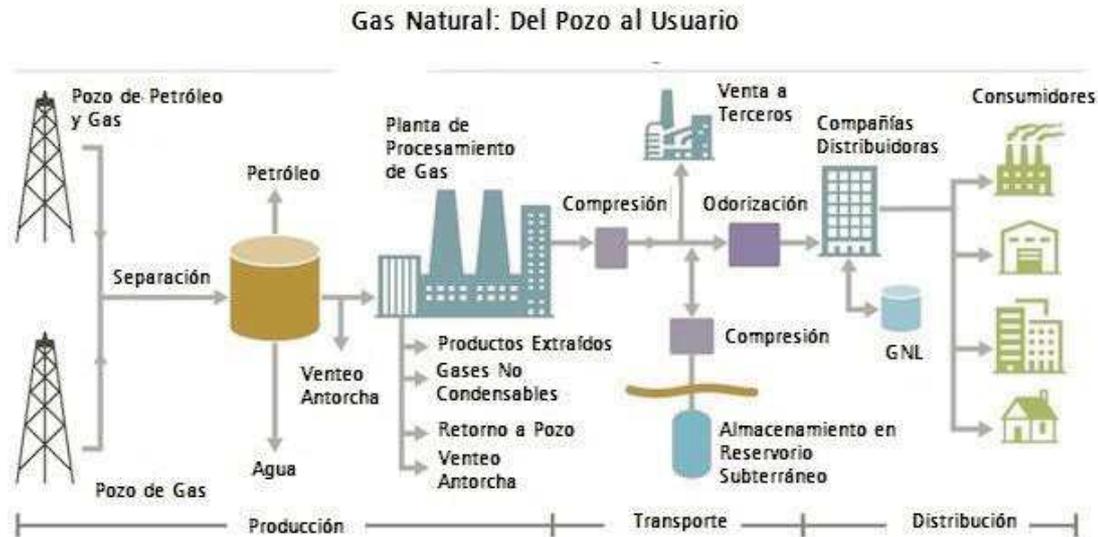


Figura 1-3: Fuente: [https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=natural\\_gas\\_delivery](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=natural_gas_delivery).

## 1.10 Eficiencia Energética y uso racional de la energía

La energía es fundamental para la vida humana y el desarrollo de los países, pero también es un recurso escaso en todo el mundo.

La Eficiencia Energética es una práctica/forma de gestionar el crecimiento de la energía, obteniendo un resultado igual con menor consumo o un resultado mayor consumiendo lo mismo. (IEA <http://www.iea.org/topics/energyefficiency/>)

Está asociada a la cantidad de energía útil que se puede obtener de un sistema o de una tecnología en particular, con el fin de desarrollar de manera óptima las tecnologías de productos, procesos y servicios que consumen energía para contribuir a la reducción de su demanda. Estas tecnologías y servicios utilizarían menos energía realizando la misma tarea y obteniendo los mismos beneficios finales.

Entre sus beneficios principales se encuentra la reducción de importaciones de energía, de gastos de energía en los hogares, de costos de operaciones de las empresas y del consumo de combustible en el transporte. Además, contribuye a la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (Cambio Climático) y a la seguridad energética del país.

### ¿Qué es el Uso Responsable de la energía (o Ahorro)?

El Uso Responsable apunta a complementar los esfuerzos de la Eficiencia Energética a través del cuidado y uso apropiado de todas las tecnologías. Es el conjunto

de actividades dirigidas a reducir el consumo de energía a través de un uso más eficaz o inteligente de la misma.

Como actividad, el Uso Responsable es pre existente a la Eficiencia Energética pues tiene que ver con los hábitos de consumo de cada individuo.

En muchos países se lo llama también Conservación o Uso Racional.

### **1.10.1 Consejos para un uso racional y eficiente de la energía**

Para hacer un uso racional y eficiente de la energía existen varias recomendaciones y consejos que permiten mantener la calidad de vida y consumir menor energía. A continuación se detallarán los enfocados al sector residencial y comercial.

Es importante destacar que muchos electrodomésticos y gasodomésticos tienen una etiqueta que da cuenta de la eficiencia del aparato. Siempre es recomendable leerla y entender los consumos promedios del mismo y de ser posible optar por un equipo de mayor eficiencia (Ej., es preferible un equipo con eficiencia A vs uno de eficiencia B o C). Las diferencias en consumo a lo largo del año pueden ser muy significativas y redundar en un gasto ineficiente para obtener el mismo servicio.

La Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minería de Argentina ha formulado una guía de buenas prácticas para hacer un uso racional y eficiente de la energía, entre las cuales se incluyen:

#### **Iluminación**

Siempre es recomendable comprar lámparas LED o en segundo lugar una bajo consumo. Las lámparas LED no sólo duran 10-15 veces más, sino que consumen hasta un 80% menos que una lámpara halógena. Si bien son más caras, la compra de una lámpara LED se repaga rápidamente.

Además, es muy útil contar con sensores de presencia en el caso de oficinas para evitar olvidar las luces prendidas y siempre apagarlas en caso de no necesitarlas. Siempre que se pueda, hacer uso de la luz natural y mantener las luminarias limpias para contar con toda la iluminación disponible.

También es deseable apagar la luz de aquellos ambientes en los que no sea necesaria una iluminación artificial o que no se estén usando.

#### **Calefacción**

Durante el invierno la calefacción representa un gran consumo en el hogar, sobre todo en gas. Es por eso que es importante poner el termostato en 20°C, tanto para calefacción con gas como para un Split frío/calor. Es importante destacar que estos

equipos son los más eficientes a la hora de calefaccionar, por lo que se recomienda su instalación.

Al igual que en la iluminación, es importante calefaccionar sólo los ambientes que se están utilizando y corroborar que haya las menores pérdidas posibles a través de ventanas y puertas, cerrando las persianas y cortinas a la noche. Siempre corroborar la seguridad del aire y para recambiar el aire, se pueden abrir las ventanas entre 5 y 10 minutos diarios.

Además, siempre es recomendable asegurar que los sistemas de calefacción se encuentran limpios y con un correcto mantenimiento para evitar pérdidas peligrosas y un uso ineficiente de la energía. Esto es fundamental en el caso de un Split frío/calor, donde se debe limpiar el filtro cada temporada.

Se aconseja estar vestido con ropa cómoda pero abrigada para evitar un uso excesivo de la energía para calefaccionar.

### **Enfriamiento**

Es aconsejable utilizar un enfriamiento natural abriendo las ventanas. De no ser posible o suficiente, se recomienda utilizar ventiladores y en el caso de necesitarlo, utilizar equipos de aire acondicionado lo más eficientes posibles y con la temperatura en 24°C. Cada grado por debajo de este puede representar un 7% más de gasto energético, por eso si se pone en 20°C se puede gastar casi un 30% más. También es aconsejable limpiar los filtros cada año para evitar un consumo mayor.

Al igual que en la calefacción, es importante sólo refrigerar los ambientes que utilizamos y siempre corroborar que haya la menor cantidad de pérdidas posibles. Se recomienda no estar abrigado dentro de la casa en días de calor para optimizar el uso de la energía en enfriamiento.

Además es aconsejable corroborar el estado de las aberturas (ventanas y puertas). Tanto sus vidrios, los sistemas de aislamiento y los burletes.

### **Conservación de alimentos**

Es importante abrir la heladera el menor tiempo posible dado que cada vez que se abre, se produce un gasto de energía para volver a enfriar. La heladera o freezer deben estar separados de la pared según indique el fabricante para evitar recalentamientos internos y debe estar alejado de focos de calor. También es aconsejable dejar enfriar comidas calientes antes de meterlas en la heladera siempre que se pueda para que el proceso de enfriamiento sea más rápido y demande menos energía.

Siempre es importante revisar los burletes para evitar pérdidas y en el caso de que la heladera no sea no-frost, evitar el acumulamiento de hielo mediante limpiezas.

## **Lavarropas**

Entre el 80-85% del consumo energético del lavado se utiliza para calentar agua. Es por esta razón que siempre que se pueda es aconsejable hacer un lavado en frío. Además, se recomienda utilizar el lavarropa cargado al máximo permitido y luego dejar secar la ropa al sol. Por otro lado, utilizar más jabón del indicado hace que el lavarropa tarde más en eliminarlo, produciendo un mayor consumo energético.

## **Hornos y hornallas**

Siempre que sea posible tapar las ollas que se estén utilizando para calentar agua. Esto no sólo reduce el tiempo de calentamiento, sino que también consume menos energía para mantener el calor dentro de la misma. Además, verificar que la llama no supere el diámetro de la olla o sartén para no desperdiciar energía.

Se debe verificar que estén limpios el horno y los quemadores y en caso de haber llama amarilla o roja y que crepita (intermitente), la limpieza es obligatoria.

Cuando se cocina en el horno, evitar aperturas innecesarias y verificar el estado de los burletes que evita escapes de calor. No dejar prendido el horno en caso de no utilizarlo.

Los ambientes destinados a la cocina, no se deben calefaccionar con el horno.

## **Calefones y termotanques**

Dado que el calefón sólo consume energía cuando se está utilizando, siempre que sea posible, es aconsejable su utilización en lugar de termotanque, que mantiene un volumen de agua siempre caliente, se utilice o no. En el caso de tener un calefón a gas, siempre son más eficientes aquellos que prenden el piloto cuando se utiliza (auto pilotados) ya que el mantenimiento de la llama del piloto puede representar hasta el 50% del consumo de gas en época no invernal.

En ambos casos, siempre verificar que se encuentren limpios y bien mantenidos para evitar riesgos e ineficiencias energéticas.

En el caso de los termotanques solares, se recomienda acoplarlos a un calefón para minimizar el uso energético ya que calientan el agua de entrada sólo cuando se la está utilizando.

## **Otros electrodomésticos**

Al igual que en los otros casos, solamente mantener prendidos aquellos que estemos utilizando. También es recomendable no dejar enchufados los electrodomésticos ya que muchos de ellos pueden consumir una gran cantidad de energía estando en modo espera (stand-by).

En el caso de televisores y monitores, siempre es recomendable utilizar tecnología LED. Las computadoras deben apagarse si no se van a utilizar en los próximos 30 minutos.

### **Aislamiento térmico**

Para minimizar el uso energético en calefacción es necesario contar con un buen aislamiento en las casas u oficinas para no perder el calor o el frío generado. Aislar térmicamente las paredes, techos y pisos puede llegar a representar una reducción del consumo de calefacción y aire acondicionado de entre un 35% a un 70%.

Las puertas y ventanas que disminuyen las infiltraciones de aire, incorporen el doble vidriado hermético (DVH) y eviten puentes térmicos, mejoran la envolvente de las casas.

En verano, los aleros, parasoles y persianas en ventanas con orientación Norte evitan el sol directo, reduciendo la necesidad de refrigeración.

### **Transporte**

Siempre que se pueda, es mejor caminar o andar en bici para circular, y si no se puede, utilizar el transporte público que es mucho más eficiente que el uso de automóviles. En el caso de utilizarlo, es conveniente llevar la máxima cantidad de personas posibles.

Arrancar el motor sin pisar el acelerador y comenzar la marcha inmediatamente después del arranque (salvo en el caso de los motores turboalimentados, en cuyo caso hay que esperar unos segundos antes de iniciar la marcha.)

Utilizar el cambio en 1era sólo para el inicio de la marcha; cambiar a segunda a los dos segundos o seis metros aproximadamente. Después de realizar el cambio de marcha, acelerar en forma ágil. Para los motores nafteros es conveniente realizar los cambios en torno a las 2.000 rpm (revoluciones), mientras que en los motores diésel se recomienda pasar los cambios en torno a las 1.500 rpm.

Siempre que sea posible es preferible circular en las marchas más largas y a bajas revoluciones.

Circular en marchas largas con el acelerador pisado en mayor medida (entre el 50% y el 70% de su recorrido), que en marchas más cortas con el acelerador menos pisado, ayuda a reducir el consumo.

Revisar la presión de los neumáticos y mantener la misma en los valores indicados en el manual del automóvil evita problemas en los mismos y reduce el consumo.

## 1.11 Referencias

- [1] Energy Information Administration (2016). What is energy? Explained Forms of Energy. Washington: Casa Publicadora. Recuperado de: [https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=about\\_forms\\_of\\_energy](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=about_forms_of_energy)
- [2] Energy Information Administration (2016). Energy Units and Calculators Explained. Washington: Casa Publicadora. Recuperado de: [https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=about\\_energy\\_units](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=about_energy_units)
- [3] Energy Information Administration (2016). Energy and the Environment Explained. Washington: Casa Publicadora. Recuperado de: [https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=environment\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=environment_home)
- [4] Energy Information Administration (2016). Renewable Energy Explained. Washington: Casa Publicadora. Recuperado de: [https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=renewable\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=renewable_home)
- [5] Energy Information Administration (2017). Nonrenewable Energy Explained. Washington: Casa Publicadora. Recuperado de: [https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nonrenewable\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=nonrenewable_home)
- [6] Energy Information Administration (2016). Energy Explained. Washington: Casa Publicadora. Recuperado de: [https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=secondary\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=secondary_home)
- [7] Ministerio de Energía y Minería de la Nación, Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética (2017). Guía de buenas prácticas para un uso responsable de la energía, Argentina. Recuperado de: <https://www.minem.gov.ar/consejos-eficiencia/>
- [8] Renewable Energy Policy Network (2016). Renewables Global Status Report. Recuperado de: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR\\_2016\\_Full\\_Report\\_lowres.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR_2016_Full_Report_lowres.pdf)
- [9] World Energy Council (2016). World Energy Perspectives. London: Casa Publicadora. Recuperado de: [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/Exec-Summary\\_EnergyEfficiency-A-straight-path-towards-energy-sustainability.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/Exec-Summary_EnergyEfficiency-A-straight-path-towards-energy-sustainability.pdf) Utilizado con permiso del Consejo Mundial de la Energía.
- [10] World Energy Council (2016). World Energy Scenarios. London: Casa Publicadora. Recuperado de: [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Scenarios-2016\\_Full-Report.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Scenarios-2016_Full-Report.pdf) Utilizado con permiso del Consejo Mundial de la Energía.

---

# 2 Trabajo y Energía

por Jorge Fiora

para Ministerio de Energía y Minería

## 2.1 Resumen

En este capítulo se define desde un punto de vista físico a la energía y sus distintas formas como trabajo, calor y demás; sus equivalencias y conservación. Además se exponen las limitaciones de las máquinas que la transforman y la consecuente degradación que ésta sufre por el proceso.

## 2.2 Trabajo y energía

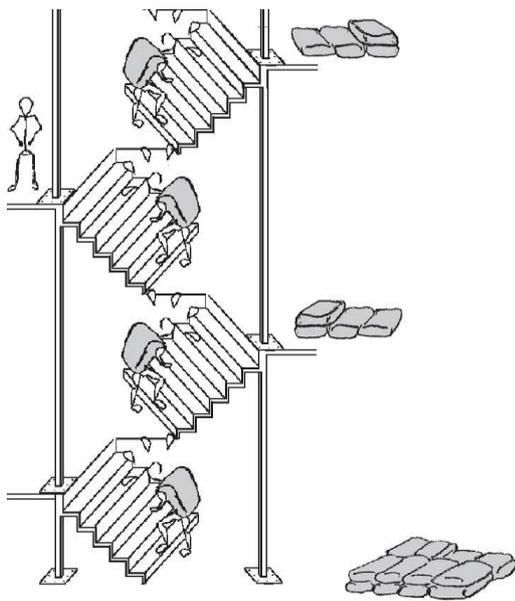


Figura 2-1

El arquetipo del trabajo, al menos como se lo entiende en mecánica, es la elevación de un cierto peso una cierta altura.

Consideremos el problema de la estimación de la mano obra necesaria para subir, digamos 10 pisos, un conjunto de 10000 bultos tal como se sugiere en la Figura 2-1.

Los bultos se encuentran inicialmente en la planta baja y son acarreados por trabajadores hasta el segundo piso donde otro grupo los toma por los dos niveles siguientes y así siguiendo. De esta manera 5 grupos de trabajadores completan el trayecto. Cada trabajador emplea 4 minutos en acarrear un bulto, regresar y recuperar el aliento, de tal manera que sube a razón de 15 bultos por hora hasta dos niveles. Salvo por la ubicación

inicial de los trabajadores, algunos de los cuales deben alcanzar sus lugares de trabajo en pisos superiores, el trabajo para subir dos niveles cualesquiera es el mismo, de manera que el trabajo es proporcional a la altura y claramente al número de bultos. De esta manera el trabajo total es de  $10000 \text{ bultos} \times 10 \text{ niveles} = 100000 \text{ b} \times \text{n}$ , y como cada operario es capaz de realizar un trabajo de  $\frac{15 \text{ bultos} \times 2 \text{ niveles}}{\text{horahombre}} = 30 \frac{\text{b} \times \text{n}}{\text{hh}}$ , tenemos que la mano de obra necesaria es

$$\frac{100.000 \text{ b} \times \text{n}}{30 \frac{\text{b} \times \text{n}}{\text{hh}}} = 3333,33... \text{hh}$$

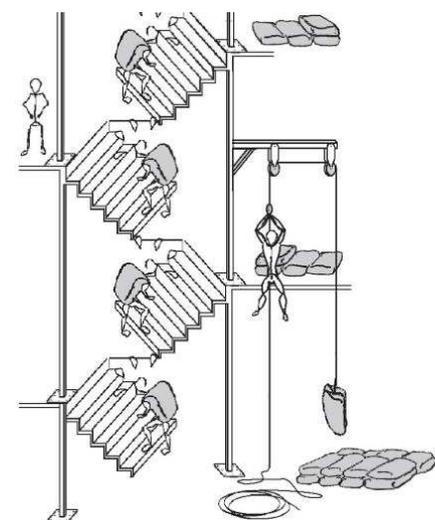


Figura 2-2

Con una dotación de 10 hombres esto insume unas 333,3... horas, que a 8 horas por día resultan 41,6... días, 42 jornadas de trabajo para todos los fines prácticos. Por supuesto que no hemos discutido una serie de aspectos importantes tales como la organización y supervisión de la actividad o el método empleado para subir efectivamente los bultos. Como sólo nos interesa la mecánica de la elevación sólo trataremos aquí los aspectos pertinentes a este objeto. Actividades tales como las del individuo observando el trabajo desde el tercer piso no nos interesan. En la Figura 2-2 se presenta una posible mejora del método: los operarios en vez de bajar por la escalera se descuelgan con una soga que gracias a un sistema de

roldanas eleva 2 bultos. Nuevamente no nos ocupamos de “detalles” como ¿quién engancha los bultos abajo?, ¿quién los desengancha arriba?... al margen de esto, el nuevo método parece prometedor: en cada ciclo cada operario sube 3 bultos<sup>1</sup> y no requiere un esfuerzo adicional. El rendimiento del trabajo pasa de  $30$  a  $90b \times n/hh$ . Con este método es posible triplicar el salario de los trabajadores.

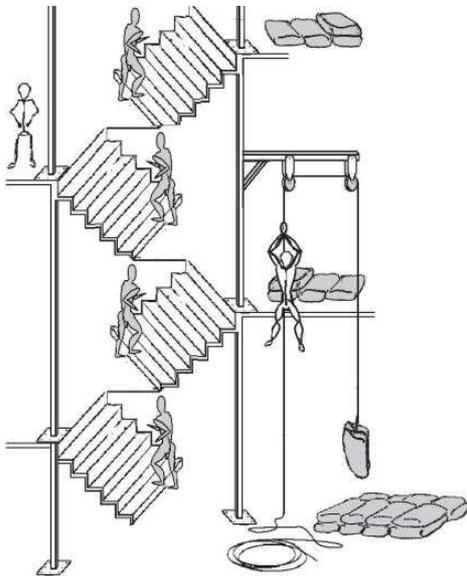


Figura 2-3

Un ulterior perfeccionamiento (Figura 2-3) consiste en que los operarios suban sin carga, de esta manera el ciclo que antes duraba 4 minutos se reduce a 2 minutos aunque ahora en cada ciclo se suben solamente 2 bultos. Como hay 30 ciclos por hora en los que se elevan 2 bultos 2 niveles, el rendimiento pasa a  $120b \times n/hh$ . Esto es cuatro veces el rendimiento inicial de  $30b \times n/hh$ .

Cabe preguntarse hasta qué punto puede mejorarse el proceso, es decir cuánto trabajo<sup>2</sup> puede obtenerse de una persona, no porque esta se esfuerce más, sino porque se emplea más adecuadamente el esfuerzo. Claramente hay un límite superior para este trabajo.

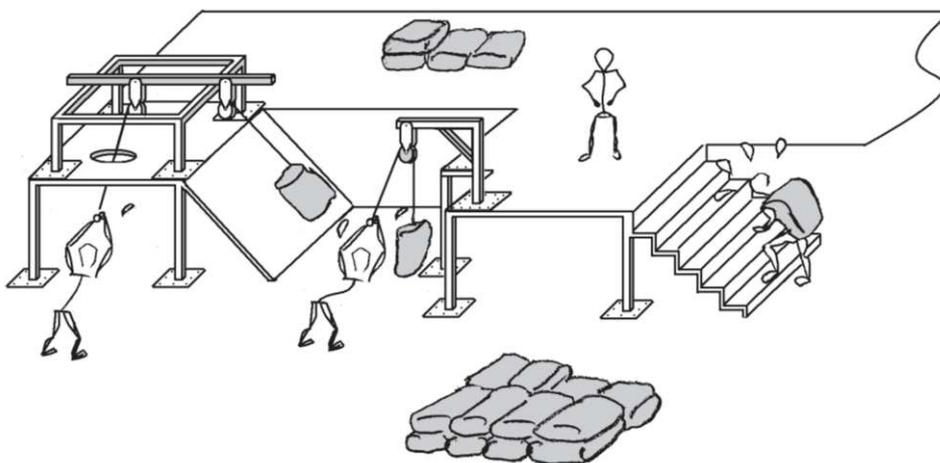


Figura 2-4

<sup>1</sup> A esta altura debería estar claro que los bultos son a nuestros fines una medida del peso de la carga, como los niveles una medida de la elevación (distancia).

<sup>2</sup> Es decir el producto del peso acarreado por la altura a la que se eleva, que venimos midiendo en bulto  $\times$  nivel o  $b \times n$

## 2.3 Máquinas

En el párrafo anterior establecimos, a grandes rasgos, que el "trabajo" es proporcional al número de bultos (peso o fuerza) y al número de niveles (desplazamiento de la fuerza).

$$L = F \cdot d \quad (2.1)$$

Si un dispositivo levanta un peso (hace fuerza hacia arriba<sup>3</sup> y desplaza la fuerza hacia arriba) el trabajo que realiza diremos que es positivo o que entrega trabajo. Si el dispositivo baja un peso (hace fuerza hacia arriba y la desplaza hacia abajo) diremos que realiza un trabajo negativo o que absorbe trabajo. En los puntos siguientes los trabajos se consideran siempre positivos y se especifica en cada caso si el dispositivo lo realiza o lo toma: con esta convención veremos que una serie de dispositivos reversibles tienen la característica de que entregan exactamente el mismo trabajo que toman, sin embargo es siempre posible construir un dispositivo que a partir de un trabajo tomado de una fuerza dada lo transforme en un trabajo de una fuerza deseada, digamos  $N$  veces superior, que se desplazará entonces una distancia  $N$  veces inferior.

Estas máquinas realizan efectivamente la equivalencia entre trabajos realizados por fuerzas de distinta magnitud.

### 2.3.1 Plano inclinado

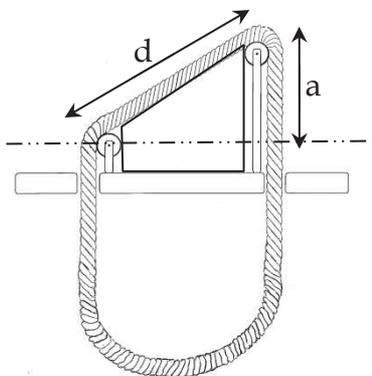


Figura 2-5

En la Figura 2-5 se presenta un dispositivo consistente en una soga circular homogénea que cuelga de un plano inclinado. Si el sistema no se hallara en equilibrio, como todas sus posiciones son equivalentes, colgando pequeños pesos de la rama ascendente y descolgándolos arriba, sería capaz de levantar continuamente estos pesos. Tendríamos un móvil perpetuo, lo que no suponemos posible, por lo tanto aceptaremos que el sistema se encuentra en equilibrio. Decimos entonces que, como el dispositivo es simétrico debajo de la línea de trazos, el peso del tramo vertical de soga de longitud  $a$  debe ser compensado por el tramo inclinado de longitud  $d$ . Dado que el peso de cada tramo es proporcional a su longitud, el tramo vertical que pesa  $a$  (metros de soga) se compensa con el tramo sobre el plano inclinado que pesa  $d$  (metros de soga), de manera que un peso  $P$  sobre la vertical compensa un peso  $P \cdot d / a$  sobre el

<sup>3</sup> Si el dispositivo levanta un peso, supondremos que realiza esa fuerza hacia arriba (con lo que equilibra la situación) y con una pequeña fuerza adicional durante un instante le imprime una pequeña velocidad para que suba. Esta pequeña fuerza adicional puede hacerse tan pequeña cuanto se quiera de tal manera que podemos despreciarla. Si el dispositivo baja un peso debe asimismo realizar una fuerza hacia arriba ligeramente más pequeña que el peso que baja. En ambos casos la fuerza es hacia arriba y puede considerarse igual al peso.

plano inclinado. Por ejemplo si  $d$  fuese el doble de  $a$ , cada kg sobre la rama vertical compensa 2 kg sobre el plano inclinado. Sin embargo es necesario descender una altura **doble** sobre la rama vertical que el ascenso obtenido sobre el plano inclinado. En general es necesario descender una altura  $d$  sobre la rama vertical para ascender una altura  $a$  sobre el plano inclinado. Así el producto de la altura por el peso es el mismo para la rama vertical que para el plano inclinado  $Pd$ .

$$\begin{array}{l} \text{Peso en la rama vertical} = P \quad \text{Descenso en la rama vertical} = h = d \\ \text{Peso en el plano inclinado} = P' = \frac{Pd}{a} \quad \text{Ascenso en el plano inclinado} = h' = a \end{array}$$

Es decir

$$Ph = P'h'$$

Si imaginamos ahora que la rama vertical está bajando muy lentamente y despreciamos el rozamiento, entonces  $Ph$  es el trabajo entregado a la rama vertical y  $P'h'$  el entregado por el plano inclinado. También podemos imaginar el dispositivo funcionando en sentido inverso. Este dispositivo supuesto sin rozamiento, entrega exactamente el mismo trabajo que recibe, en la Figura 2-6 se muestra un ejemplo.

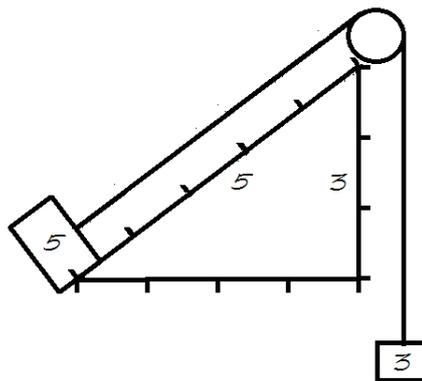


Figura 2-6: Un peso  $P = 3$  debe descender una altura 5 para que el peso 5 ascienda una altura 3, e inversamente un descenso de 3 del peso 5 provoca un ascenso de 5 del peso 3.

### 2.3.2 Palanca

El equilibrio de una palanca puede deducirse de algunos postulados simples como se sugiere con un ejemplo en la Figura 2-7. Se muestra como una fuerza doble equivale a una simple con brazo doble. El principio de la palanca en su forma general indica que si  $P$  y  $P'$  son los pesos colocados a uno y otro lado de la palanca con brazos  $r$  y  $r'$  entonces  $P \cdot r = P' \cdot r'$ .

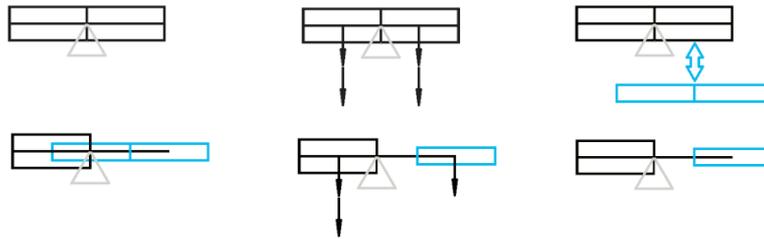


Figura 2-7: Se muestra como una fuerza doble equivale a una simple con brazo doble, suponiendo que

- un rectángulo puede reemplazarse por otro con la misma área y centro, y
- puede quitarse un rectángulo con el centro en el apoyo

El lector interesado puede ver el esquema de una demostración general en la Figura 2-18 del apéndice 2.10.1 *El principio de la palanca*.

### 2.3.3 Máquina general

En la Figura 2-8 se muestra una máquina basada en la palanca que se encuentra en equilibrio cuando se verifica

$$P r = P' r' \tag{2.2}$$

Si el peso  $P$  desciende una longitud  $h$ , el peso  $P'$  asciende  $d'$ , pero el descenso y ascenso corresponden a una rotación del eje un cierto ángulo  $\alpha$ , luego  $h = \alpha r$ ,  $h' = \alpha r'$  y así, multiplicando (2.2) por  $\alpha$ , tenemos

$$P h = P' h' \tag{2.3}$$

es decir que el trabajo entrante  $P h$  es igual al saliente  $P' h'$

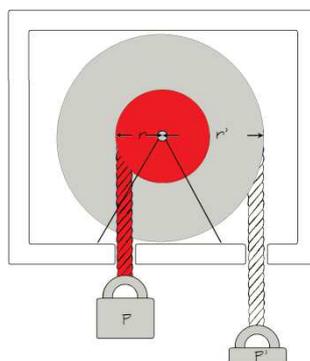


Figura 2-8: Una máquina basada en la palanca que consiste en dos poleas coaxiales de radios  $r$  y  $r'$

Despreciando los rozamientos esta máquina puede ascender un peso  $P'$  una altura  $d'$  mediante el descenso de un peso  $P$  una altura  $h$ , es decir que entrega exactamente el mismo trabajo que recibe.

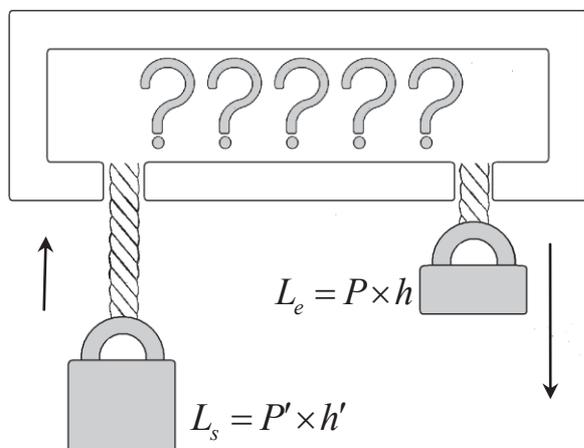


Figura 2-9: una máquina desconocida

Consideremos una máquina como la de la

Figura 2-9 sobre la que, a través de la soga de la derecha, se realiza un cierto trabajo (de entrada),  $L_e = P \times h$ , a través del lento descenso de un cierto peso  $P$  y que como resultado entrega otro cierto trabajo (de salida)  $L_s = P' \times h'$ , que se materializa en la elevación de un otro peso  $P'$ , en la soga de la izquierda. Independientemente de los detalles de su funcionamiento veremos que  $L_s \leq L_e$ . En efecto si por el contrario ocurriese que  $L_s > L_e$ , haríamos lo siguiente: el trabajo de salida, lo aplicaremos a un

conveniente plano inclinado<sup>4</sup> con lo que lograremos elevar el peso motor  $P$  más allá de su altura inicial: un móvil perpetuo. Por lo tanto es necesariamente  $L_s \leq L_e$ . Por otra parte si la máquina es reversible (es decir si pueden intercambiarse los papeles de la entrada y la salida) entonces  $L_e \leq L_s$  y así  $L_s = L_e$ . Tal es el caso del plano inclinado (sin rozamiento) o la máquina de la Figura 2-8 (supuesta asimismo sin rozamientos).

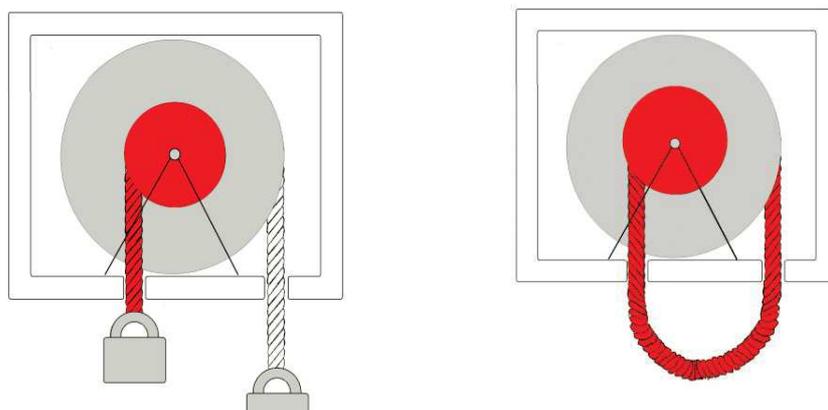


Figura 2-10: Izquierda, dos poleas coaxiales unidas, derecha ¿el movimiento perpetuo?

<sup>4</sup> Un plano inclinado tal que  $\frac{P'}{P} = \frac{d}{a}$ . Con el descenso del peso  $P'$  una altura  $h'$ , mediante el plano inclinado se eleva el peso  $P$  una altura  $h''$  tal que  $P'h' = P \frac{a}{d} h' = Ph''$  pero como  $Ph'' = P'h' > Ph$ , resulta  $h'' > h$

## 2.4 La conservación de la energía mecánica

La experiencia común sobre los movimientos de los objetos materiales en la tierra pareció a los eruditos, durante siglos, confirmar la teoría Aristotélica de que "la continuación del movimiento depende de la acción continuada de la fuerza", aunque, ya en el siglo VI, Juan Filópono aceptaba sólo parcialmente ésta, modificándola para incluir su idea de que el cuerpo arrojado adquiere cierta potencia motriz o inclinación al movimiento proporcionada por el agente que produjo el movimiento inicial y que asegura la continuación del mismo. Sin embargo, argumenta que esta virtud es meramente temporal y tiende a auto extinguirse y así el movimiento violento llega a su fin. Es lo que se conoce como la Teoría del Ímpetu.

Los movimientos de los cuerpos celestes, por otra parte, se consideraban eternos e inalterables. Estos movimientos se explicaban con superposición de movimientos circulares uniformes.



Figura 2-11: La portada del Diálogo de Galileo Sobre los Dos Sistemas Máximos del Mundo de 1632. El autor firma Galileo Galilei "Linceo", como miembro de L'Accademia dei Lincei, la Academia de los Linceos (de vista aguda).

Galileo en su Diálogo Sobre los Dos Sistemas Máximos del Mundo [19], establece que la velocidad adquirida por un objeto es suficiente para restituirlo a la altura desde donde ha caído:

## Salviati

E se io dirò che l'impeto acquistato in qualsivoglia luogo del suo moto sia tanto che basterebbe a ricondurla a quell'altezza donde si partí, me lo concedereste?

*(¿Y si digo que el ímpetu adquirido en cualquier lugar de su movimiento es tanto que bastaría para reconducir (la pelota) a la altura de la que ha partido, me lo concedería?)*

## Sagredo

Concedere'lo senza contradizione, tuttavolta che la potesse aplicar, senz'esser impedita, tutto il suo impeto in quella sola operazione...

*(Lo concederé sin contradicciones siempre que se pueda aplicar todo su ímpetu a esa sola operación...)*

La energía empleada en subir la pelota se transforma durante su caída en un ímpetu que puede restituirla a su altura original. Este tipo de afirmaciones surgen de un análisis crítico de los hechos: así ocurriría si pudiera despreciarse la influencia del aire, como ocurre aproximadamente en el movimiento de un péndulo (que es una caída retrasada) que recupera casi totalmente la altura original. Lo que ocurre en una caída real en el aire es que parte de la energía se transforma en un movimiento desordenado de las moléculas del aire y del objeto, la energía de este movimiento desordenado es lo que llamamos calor. En los movimientos reales parte del "ímpetu" se transforma en calor.

El principio de la equivalencia mecánica del calor fue establecido por primera vez<sup>5</sup> en su forma moderna por el cirujano alemán Julius Robert von Mayer en 1842. En un viaje a las Indias Orientales Neerlandesas (actual Indonesia) encontró que la sangre de sus pacientes era de un rojo más profundo debido a que consumían menos oxígeno y así menos energía para mantener su temperatura en un clima caluroso.

En 1845 James Prescott Joule sugirió que una determinada cantidad de trabajo siempre genera la misma cantidad de calor.

Herman Helmholtz establece el principio de la conservación de la energía de una manera general en 1847 en su memoria [20] " On the Conservation of Force".

---

<sup>5</sup> Referencia [21]

## 2.5 La conservación de la energía mecánica II

Consideremos una partícula de masa  $m$  a una altura  $h_0$  de la superficie terrestre que inicia desde el reposo una caída libre. Si  $t$  es el tiempo desde el inicio de la caída en cuestión y si suponemos que la partícula no está sometida a otra fuerza que la de su propio peso, caerá con una aceleración constante  $g$ . La velocidad adquirida al tiempo  $t$  es entonces

$$v = gt \quad (2.4)$$

y como ha partido del reposo, su velocidad media en este instante es precisamente la mitad, es decir

$$v_m = \frac{1}{2}gt. \quad (2.5)$$

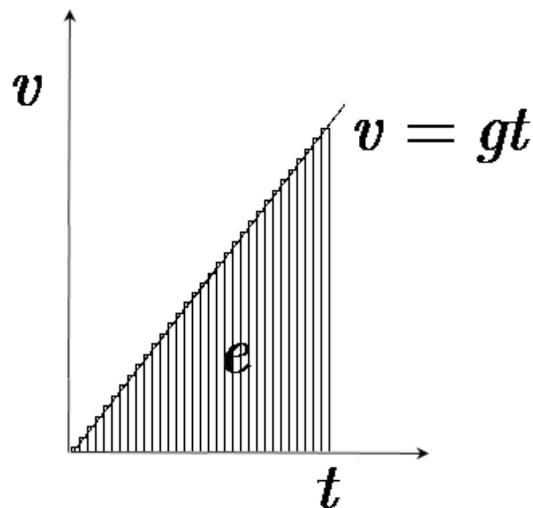


Figura 2-12: El espacio recorrido puede pensarse como la suma de los espacios recorridos a distintas velocidades constantes, el área de cada pequeño rectángulo es el espacio recorrido a la velocidad correspondiente. La suma de todas estas áreas es, cuando las bases se hacen más y más pequeñas, la del triángulo bajo la recta  $v = gt$ . Si la velocidad inicial es cero, el espacio recorrido después de un cierto tiempo es el que se hubiera recorrido a una velocidad constante igual a la mitad de la velocidad final.

Así la distancia recorrida resulta  $h_0 - h = v_m t$ , o mejor, usando (2.5)

$$h_0 - h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2.6)$$

Multiplicando ambos miembros por el peso  $p = mg$

$$ph_0 - ph = \frac{1}{2} m gt^2$$

por fin teniendo encuenta  $v = gt$  y reagrupando

$$ph_0 = ph + \frac{1}{2} mv^2 \quad (2.7)$$

Ahora bien el miembro izquierdo  $E = ph_0$  que es una constante denominada la energía (total) se expresa como la suma de la energía potencial  $U = ph$  que depende sólo de la altura y la cinética  $K = \frac{1}{2} mv^2$  que depende sólo de la velocidad.

Se demuestra en general en mecánica, que para un sistema de partículas sometidas a los campos de fuerza naturales, una cierta cantidad denominada energía, se conserva. Esta cantidad puede ponerse como la suma de una parte que depende sólo de las posiciones de las partículas y otra que depende solamente de sus velocidades. La energía cinética de un sistema de partículas es la suma de las energías cinéticas de cada una de ellas  $\sum_i \frac{1}{2} m_i v_i^2$ , la energía potencial, por otra parte depende solo de las posiciones.

Como ya hemos dicho, en una caída real parte de la energía se transforma en calor y la energía mecánica decrece con el tiempo sobre todo cuando la velocidad es alta. En el choque final contra el piso, toda la energía restante se transforma en calor. Supongamos, para fijar ideas, que la masa en cuestión es 1kg de agua y que cae (en el vacío) desde una altura de 100 metros. Así en la ecuación (2.7)  $h_0 = 100m$ ,  $h = 0m$ ,  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$  de manera que la energía evaluada como el miembro izquierdo es

$$1\text{kg} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 100\text{m} = 981 \frac{\text{kgm}^2}{s^2} = 981\text{J}$$

Esta energía, dado que 1 kcal (es decir el calor necesario para aumentar un grado la temperatura de un kg de agua) es 4168 Joules. Resulta entonces que cuando la masa choque con el piso su temperatura aumentará (si toda la energía se transforma en calor en el agua)  $\frac{981}{4168} \text{°C} \simeq 0,24\text{°C}$ . Claro que parte de la energía pasará al piso con lo que el aumento de temperatura será todavía menor y no se percibe fácilmente aun cuando la velocidad a la que se estrella es de unos  $159 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  como puede calcularse de igualar la energía total a la energía cinética al llegar al suelo.

## 2.6 La conservación de la energía

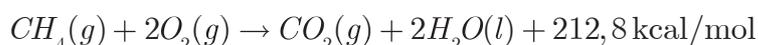
*«It is important to realize that in physics today, we have no knowledge of what energy is»*

*R. Feynman*<sup>6</sup>

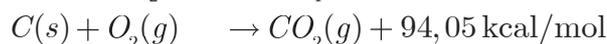
El primer principio de la termodinámica establece la conservación de la energía. Para un sistema simple tal como el de una partícula en un campo gravitatorio constante —el caso ideal del punto anterior—, la energía depende de la posición y la velocidad, es decir, podemos calcularla si conocemos estos datos en un cierto instante; pero aunque la posición y velocidad de la partícula varían con el tiempo, esta cantidad —la energía— permanece constante. Cuando pasamos al caso real de una cierta masa de agua que termina chocando contra el piso, la conservación de la energía se sostiene sobre una base mecánica bajo la idea de que la energía cinética ha pasado a movimientos desordenados de las moléculas y se conserva aún —bajo una forma que denominamos calor— y que se manifiesta como una variación de temperatura.

Cuando se quema un combustible, se libera una cantidad de calor que estaba almacenada en sus enlaces químicos. Esta energía liberada como calor es la diferencia entre la energía potencial de estos enlaces en el combustible y el oxígeno con el que reacciona y la de los productos de la combustión. Podría sospecharse que esto es una petición de principio y que todo déficit o superávit de energía puede conciliarse alegando un nuevo tipo. El lector interesado podrá ver a continuación que este no es el caso, advertimos no obstante que puede saltarse la siguiente explicación (en letra pequeña) sin comprometer la comprensión general del punto.

Por ejemplo cuando se quema gas natural —que es principalmente metano— tiene lugar la siguiente reacción



El calor obtenido en la reacción anterior (que puede medirse) debe ser compatible con los calores involucrados en las siguientes que también se miden




---

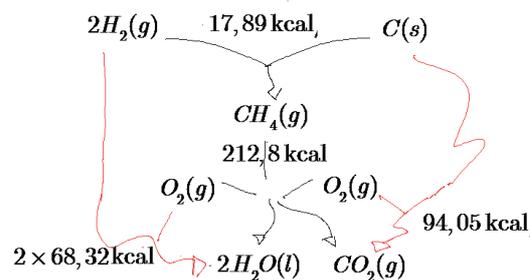
<sup>6</sup> Es importante comprender que en la física de hoy día no sabemos qué es la energía. Tomado de [22].

Esto puede verse en la Figura 2-13 donde se usaron las ecuaciones anteriores: quemando separadamente  $H_2$  y  $C$  se obtiene por los caminos rojos  $H_2O$ ,  $CO_2$  y

$$2 \times 68,32 + 94,05 \text{ kcal} = 230,69 \text{ kcal}.$$

Por otra parte generando metano  $CH_4$  a partir de  $H_2$  y  $C$  –por el camino negro– y luego quemándolo se obtiene lo mismo pues

$$17,89 + 212,8 \text{ kcal} = 230,69 \text{ kcal}.$$



**Figura 2-13: Confirmación experimental de la conservación de la energía, los calores obtenidos por distintos caminos (rojo y negro) coinciden.**

Como se ve, no solamente debemos tener en cuenta las energías gravitatoria, cinética y el calor, sino que hemos debido apelar a la energía química. Cuando quemamos gas convertimos energía química en energía térmica, lo que se manifiesta en un aumento de la temperatura. Los productos de la combustión –agua y dióxido de carbono– tienen menos energía química que el metano y el oxígeno del que se produjeron pero están mucho más calientes.

El principio de conservación de la energía establece que la energía de un cierto sistema se conserva en el sentido de que la energía final del sistema es igual a la inicial más la energía que ha entrado, menos la que salió. Si un sistema está aislado –es decir si no entra ni sale energía– la energía del sistema permanece constante.

Hay muchas formas de la energía: energía gravitatoria, cinética, térmica, elástica, eléctrica, química, radiante, nuclear y la masa misma es una forma de energía. Para el cálculo de la energía total de un sistema deben calcularse todas y sumarse.

En particular el principio de la conservación de la energía niega que pueda existir un dispositivo cíclico y aislado que produzca trabajo. Decimos cíclico en el sentido de que después de la producción de un cierto trabajo el dispositivo se encuentra en el mismo estado inicial. Dispositivos con pesos ocultos (o no) que descienden y producen un trabajo quedando en otro estado, no cuentan. Decimos aislado por que tampoco cuentan dispositivos conectados a la red eléctrica, queremos decir claro está, que el

único intercambio que tienen con el entorno es el trabajo que producen. Un dispositivo que produce trabajo de la nada se denomina un móvil perpetuo<sup>7</sup> de primera especie porque contradice el primer principio de la termodinámica, que es como se llama también al de conservación de la energía.

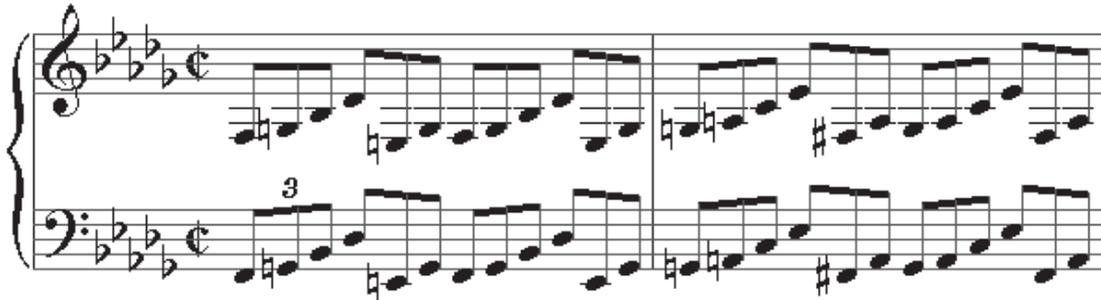


Figura 2-14: Perpetuum Mobile en el Finale (presto) de la Sonata para Piano No. 2 en Si bemol menor (Marcha Fúnebre) de Frédéric Chopin, tomado de la Wikipedia. No viola el primer principio.

Por otra parte el primer principio de la termodinámica establece asimismo que no puede destruirse la energía, es decir que no puede existir un dispositivo cíclico cuyo único efecto sea tomar energía de su entorno.

## 2.7 El segundo principio

Una máquina térmica es un dispositivo que genera trabajo a partir del intercambio de calor con dos fuentes a distintas temperaturas. Un ejemplo es el siguiente: con referencia a la Figura 2-15 un gas en un recipiente actúa como un resorte duro cuando está caliente y blando cuando se enfría. Esto permite una producción continua de trabajo tomando calor de la fuente a mayor temperatura durante la expansión y entregando una cantidad menor a la fuente fría durante la compresión. La diferencia entre estos calores es el trabajo neto producido en cada ciclo.

---

<sup>7</sup> O también móvil continuo o a veces en latín *perpetuum mobile*.

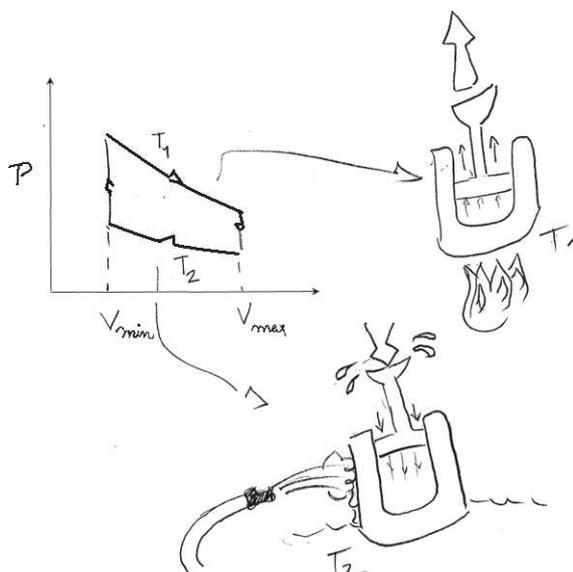


Figura 2-15: Un motor simple (Stirling). El calentamiento y enfriamiento a volumen constante no son reversibles tal como están ejemplificados (fuego y agua). Es posible imaginar un dispositivo "regenerador" que guarde el calor del enfriamiento para usarlo en el calentamiento. Un regenerador ideal haría reversible la máquina. Para una máquina reversible funcionando con una gas ideal puede mostrarse que<sup>8</sup>  $Q_1 / T_1 = Q_2 / T_2$  donde  $Q_1$  es el calor y tomado de la fuente caliente a temperatura absoluta  $T_1$  y  $Q_2$  el entregado a la fría a  $T_2$  .

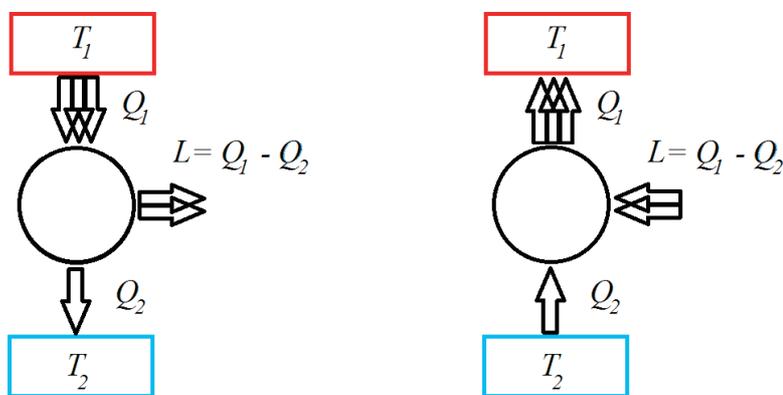


Figura 2-16: una máquina térmica reversible funcionando como motor (izq.) y como bomba de calor (der.).

<sup>8</sup> Para una máquina funcionando con un mol de gas ideal se tiene: el calor tomado durante la expansión es igual al trabajo realizado  $Q_1 = \int_{V_{\min}}^{V_{\max}} PdV = T_1 \int_{V_{\min}}^{V_{\max}} \frac{R}{V} dV = T_1 K$  en la fuente caliente; análogamente el calor entregado a la fuente fría es  $Q_2 = T_2 K$  , luego  $Q_1 / Q_2 = T_1 / T_2$  , o lo que es lo mismo  $Q_1 / T_1 = Q_2 / T_2$

El segundo principio de la termodinámica puede enunciarse de dos maneras equivalentes:

- El calor no fluye espontáneamente (es decir sin suministrar trabajo) de una fuente a otra de mayor temperatura (R. Clausius).
- No es posible construir una máquina que genere trabajo a partir de una fuente a temperatura constante<sup>9</sup> (Lord Kelvin).

De la segunda forma de este principio se sigue que todas las máquinas reversibles tienen la misma eficiencia como se muestra en la Figura 2-17. Por otra parte si vale la forma de Clausius, no puede construirse un móvil perpetuo de 2da especie puesto que si así fuere, con el trabajo generado tomando calor de una única fuente, por frotamiento, podría transferirse a otra fuente a temperatura mayor. Recíprocamente si no valiese la forma de Clausius existiría un dispositivo que transfiere calor de una fuente a otra a una temperatura mayor. Con este dispositivo podría devolverse el calor que le entrega a su fuente fría una máquina térmica (como la izq. de la Figura 2-16) transformándola en un móvil perpetuo de 2da especie. Esto demuestra la equivalencia de las dos formas.

Como hemos ya dicho y queremos resaltar, el segundo principio de la termodinámica implica que todas las máquinas reversibles tienen la misma eficiencia. La eficiencia de una máquina es el trabajo entregado  $L = Q_1 - Q_2$  sobre el calor absorbido  $Q_1$ . La máquina de la izquierda tiene una eficiencia de  $2/3$  y la de la derecha  $1/2$ .

Un ligero examen de la Figura 2-17 permite extraer una conclusión un poco más general: como la máquina de la izquierda no necesariamente es reversible —de hecho no se invierte— el razonamiento implica que la eficiencia de una máquina cualquiera —la de la izquierda— no puede superar a la de una reversible —la de la derecha—.

Cuando una máquina trabaja como bomba de calor se define el coeficiente de performance (COP) como el cociente entre el calor entregado a la fuente caliente  $Q_1$  y el trabajo suministrado a la máquina  $L = Q_1 - Q_2$ .

---

<sup>9</sup> Una tal máquina cíclica que genera trabajo tomando energía de una fuente a temperatura constante se denomina un móvil perpetuo de segunda especie y esta forma establece que no existe.

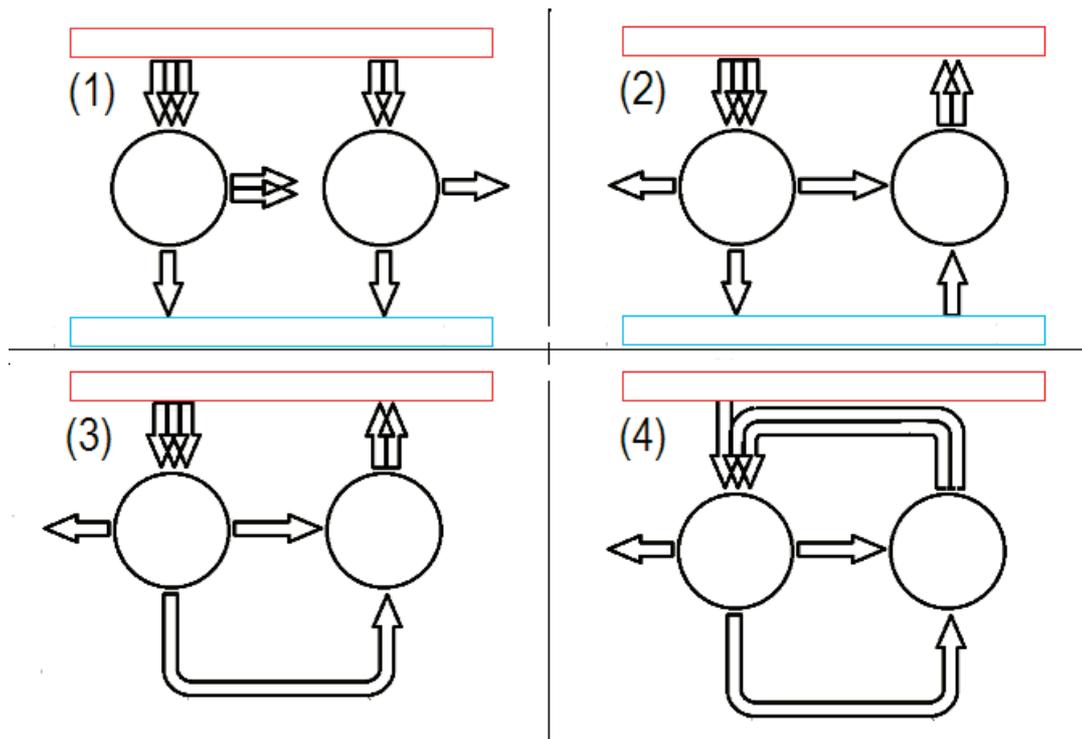


Figura 2-17: (1) De dos máquinas de distinta eficiencia. (2) Inviertiendo la de la derecha y alimentándola con parte del trabajo que genera la otra. (3) Se puede prescindir de la fuente fría. (4) Se tiene un dispositivo que transforma en trabajo el calor tomado de una única fuente.

A modo de resumen ponemos las definiciones de la eficiencia  $\eta$  de un motor y del coeficiente de performance COP de una bomba de calor

$$\eta = \frac{L}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \leq \eta_{rev} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (2.8)$$

$$COP = \frac{Q_1}{L} = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1} \leq COP_{rev} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

donde  $Q_1$  es el calor tomado por el motor o entregado por la bomba a la fuente caliente,  $Q_2$  el entregado por el motor o tomado por la bomba de la fuente fría,  $L$  el trabajo entregado por el motor o tomado por la bomba y  $T_1, T_2$  son las temperaturas correspondiente a las fuentes caliente y fría.

## 2.8 Degradación de la energía

Supongamos que disponemos de una cierta cantidad de calor  $Q_1$  desde una fuente a temperatura  $T_1$ , que puede usarse como fuente caliente de un cierto motor. Si utilizamos como fuente fría el ambiente (esto es el aire o el agua de un río) a temperatura  $T_2$ , la máxima cantidad de trabajo que podemos obtener es

$$L_{\max} = \eta_{rev} Q_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1} Q_1 = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) Q_1 \quad (2.9)$$

Como se ve, el trabajo que puede obtenerse es siempre inferior a  $Q_1$ , pero es tanto mayor cuanto mayor sea  $T_1$ .

En toda transformación mecánica de la energía, debido a los rozamientos, parte de la energía de entrada se convierte en calor. Asimismo ocurre con la transformación de la energía eléctrica en energía mecánica, aunque se haga con eficiencias superiores al 90%, debido además de a causas mecánicas, a resistencias eléctricas, corrientes parásitas o histéresis magnética. Sin embargo, aunque no sea realizable prácticamente, es posible siempre imaginar una mejora del dispositivo que permita disminuir estas pérdidas. Aun así en la transformación de calor en energía mecánica, la ecuación (2.9) es un límite infranqueable. Por ejemplo un dispositivo para producir trabajo mecánico, que queme gas natural en aire, produce una temperatura de llama del orden de los 2200 K en el mejor de los casos, contra una temperatura ambiente del orden de 300 K. La eficiencia del dispositivo no podrá superar  $\eta_{rev} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{2200 - 300}{2200} = 86\%$ , esto por el solo hecho de haber quemado el gas.

Las energías eléctrica y química son en principio equivalentes a la energía mecánica y eventualmente pueden convertirse totalmente (despreciando rozamientos u otras imperfecciones, como ya hemos dicho) en energía mecánica. Tal es así que pueden ser consideradas como calor que proviene de una fuente a temperatura infinita. Es por esto que con el solo hecho de quemar el gas, se degrada consecuentemente esta energía.

## 2.9 Referencias

- [11] Jorge Fiora. Curso de termodinámica. INTI-Energía. Mayo, 2010.
- [12] Consumos pasivos: <http://www.ocu.org/vivienda-y-energia/nc/calculadora/consumo-en-stand-by>
- [13] <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>
- [14] [http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/publicaciones/mercado\\_electrico/factor\\_emision/Factor\\_Emision\\_2015\\_1.xlsx](http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/mercado_electrico/factor_emision/Factor_Emision_2015_1.xlsx)
- [15] <http://eesc.columbia.edu/courses/ees/climate/lectures/radiation/>
- [16] [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_constant](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_constant)
- [17] Efecto invernadero  
[http://www.cgd.ucar.edu/cas/abstracts/files/kevin1997\\_1.html](http://www.cgd.ucar.edu/cas/abstracts/files/kevin1997_1.html)
- [18] J. T. Kiehl and Kevin E. Trenberth, Earth's Annual Global Mean Energy Budget, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado

En internet:

[http://climateknowledge.org/figures/Rood\\_Climate\\_Change\\_AOSS480\\_Documents/Kiehl\\_Trenberth\\_Radiative\\_Balance\\_BAMS\\_1997.pdf](http://climateknowledge.org/figures/Rood_Climate_Change_AOSS480_Documents/Kiehl_Trenberth_Radiative_Balance_BAMS_1997.pdf)

- [19] Galileo Galilei, " Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano" (1632)  
[https://it.wikisource.org/wiki/Dialogo\\_sopra\\_i\\_due\\_massimi\\_sistemi\\_del\\_mondo\\_tolemaico\\_e\\_copernicano/Giornata\\_prima](https://it.wikisource.org/wiki/Dialogo_sopra_i_due_massimi_sistemi_del_mondo_tolemaico_e_copernicano/Giornata_prima)
- [20] Herman Helmholtz, On the Conservation of Force  
[https://books.google.com.ar/books?id=C1i4AAAAIAAJ&pg=PA114&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ar/books?id=C1i4AAAAIAAJ&pg=PA114&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- [21] [https://en.wikipedia.org/wiki/Conservation\\_of\\_energy#History](https://en.wikipedia.org/wiki/Conservation_of_energy#History)
- [22] Feynman • Leighton • Sands, The Feynman Lectures on Physics, Volume I, mainly mechanics, radiation, and heat.  
[http://www.feynmanlectures.caltech.edu/I\\_04.html](http://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_04.html)

## 2.10 Apéndice

### 2.10.1 El principio de la palanca

El rectángulo de altura  $h$  y base  $2r$  centrado en  $r$ , cuya área (peso) es  $P = 2hr$ , puede reemplazarse por el de altura  $h'$  y base  $2r'$  de la misma área ( $P=2hr=2h'r'$ ) centrado en  $r$ . Si a este rectángulo se le quita el de altura  $h'$  y base  $2(r'-r)$  centrado en el apoyo  $0$  nos queda el rectángulo centrado en  $r'$  de altura  $h'$  y base  $2r$  cuya área es  $P'=2h'r$ . Resulta entonces que  $P'r' = 2h'r'r' = 2h'r'r = 2hrr = Pr$  (puesto que  $P = 2hr = 2h'r'$ ) que es el principio de la palanca.

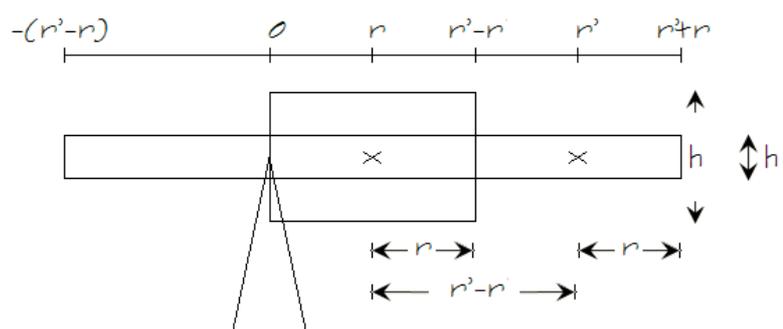


Figura 2-18: Esquema para una demostración general del principio de la palanca.



---

# 3 Calor

por Jorge Fiora

para Ministerio de Energía y Minería

## 3.1 Resumen

En este capítulo se describen los diferentes mecanismos por los cuales el calor se transfiere entre los cuerpos, el calor de conducción entre sólidos, el de convección entre un sólido y un líquido o gas, y el de radiación que no necesita un medio para transferirse. Finalmente se muestra un balance general de la energía en el Planeta Tierra y cómo la transferencia de calor determina una temperatura global de equilibrio.

### 3.2 Transferencia del calor en sólidos

La teoría de la conducción del calor en sólidos fue propuesta por J. Fourier a principios del siglo XIX (1807) bastante antes de que se estableciera la explicación moderna de la naturaleza del calor como energía del movimiento desordenado de las moléculas. Esta teoría postula que el calor se transfiere desde las partes más frías a las más calientes como si fuese un fluido que se desplaza perpendicularmente a las superficies de igual temperatura —llamadas isotermas— con una velocidad proporcional al decrecimiento de la temperatura por unidad de desplazamiento<sup>10</sup>. El calor —Figura 2-1— se propaga en una suerte de tubos de sección variable (en celeste) perpendiculares a las isotermas (en rojo)

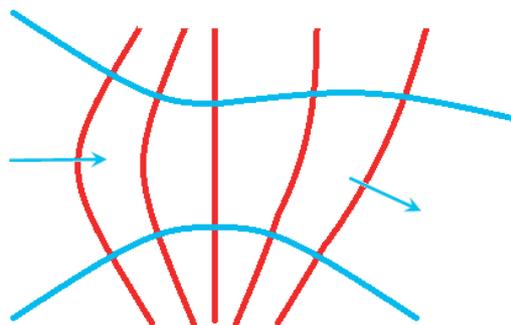


Figura 3-1: El calor se propaga de manera normal a las isotermas en rojo

Por otra parte, el aumento o disminución de la temperatura de una región a través del tiempo se supone proporcional la cantidad de calor que entre o salga de la misma, e inversamente proporcional a la masa de la región y a una cierta propiedad del material llamada su calor específico. Más precisamente para producir una variación de temperatura  $\delta T$  en una región de masa  $m$  se necesita una cantidad de calor

$$\delta Q = mC_p \delta T$$

donde  $C_p$  es una propiedad del material denominada su calor específico y es igual a la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de la unidad de masa una unidad de temperatura. El calor específico del agua, por ejemplo, es igual a  $1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg.K}} = 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$ . Usando la idea de que el aumento de la temperatura de un cuerpo es proporcional a la cantidad de calor que recibe es que se comenzó a finales del siglo XVII a medir cantidades de calor a través del aumento que producían sobre una masa de agua, como en el caso del calorímetro de Rumford (Figura 3-2. Para medir el

<sup>10</sup> Suele decirse proporcional a menos el gradiente de temperatura, que es un vector cuya magnitud es el aumento de temperatura por unidad de longitud y que apunta en la dirección de su máximo crecimiento, y resulta por lo tanto normal a las isotermas.

poder calorífico de un combustible los gases de su combustión se enfrían haciéndolos pasar por un serpentín sumergido en una masa conocida de agua de la que se mide el aumento de temperatura

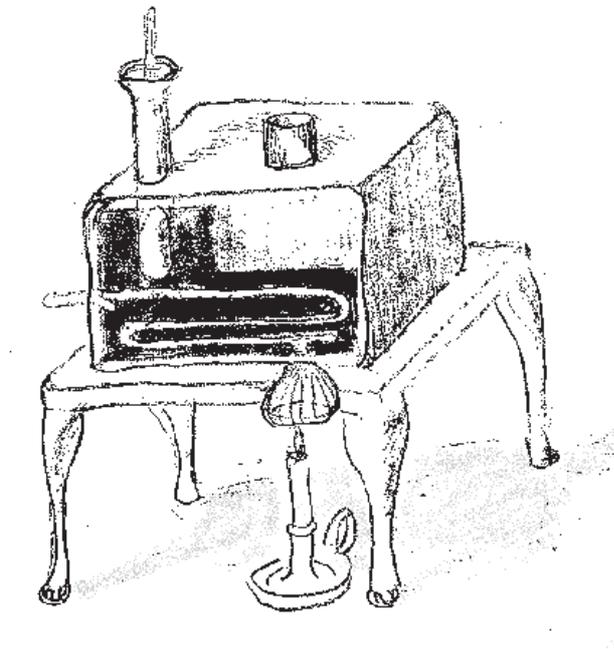


Figura 3-2: Calorímetro de Rumford

En estado estacionario, es decir cuando la temperatura no varía con el tiempo la cantidad de calor que entra o sale cualquier región debe ser nula.

### 3.3 El calor a través de una pared

Consideremos, a título de ejemplo importante, el caso de la transferencia de calor a través de una pared homogénea. La pared en cuestión, para nuestros propósitos, será el espacio entre dos planos que se encuentran a una distancia  $L$  pequeña comparada con otras dimensiones. Dada esta circunstancia el flujo de calor lejos de los bordes será normal a los planos en cuestión el y su intensidad proporcional a menos el gradiente de temperatura,

$$\varphi = -k \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (3.1)$$

Donde el flujo de calor es la cantidad de calor  $\varphi$  que atraviesa un plano paralelo a la superficie de la pared y  $\Delta T / \Delta x$  es el gradiente de temperatura. El desplazamiento  $dx$  en el cual se toma la variación de temperatura se supone muy pequeño, en realidad este cociente debe calcularse como la pendiente de la recta tangente a la temperatura como función del desplazamiento.

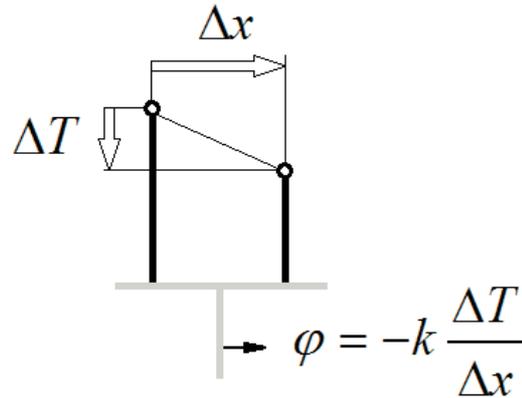


Figura 3-3: El flujo de calor  $\varphi$  es la cantidad de calor (energía) que atraviesa una superficie por unidad de tiempo y área. El flujo de calor tiene unidades de potencia por unidad de área. En sólidos homogéneos es proporcional al gradiente de temperatura (variación de temperatura por unidad de longitud  $\Delta T / \Delta x$ ). El flujo de energía se dirige en el sentido de las temperatura decreciente, de aquí el signo menos que afecta a la constante  $k > 0$  que se denomina la conductividad del material y suele medirse habitualmente en  $W/(mK)$ .

En el caso de la pared que nos ocupa, en estado estacionario  $\Delta T / \Delta x$  debe ser constante pues, el flujo de calor a través de cada plano paralelo a la superficie de la pared debe ser el mismo. De no serlo, como en la Figura 3-4, donde el flujo de calor entrante por la izquierda es mayor que el que sale por la derecha, la temperatura de esa sección debería estar creciendo. Por lo tanto, en estado estacionario la temperatura varía linealmente dentro de una pared (homogénea) y la cantidad de calor  $W$  que la atraviesa es

$$W = A\varphi = -Ak \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (3.2)$$

donde  $A$  es el área de la pared.

Esta ecuación suele ponerse como

$$W = -UA\Delta T, \quad (3.3)$$

donde  $U = \frac{k}{\Delta x}$  se denomina la transmitancia o conductancia térmica de la pared y se mide generalmente en  $\frac{W}{m^2K}$ , el producto  $C = UA$  se llama coeficiente global de transferencia térmica de la pared.

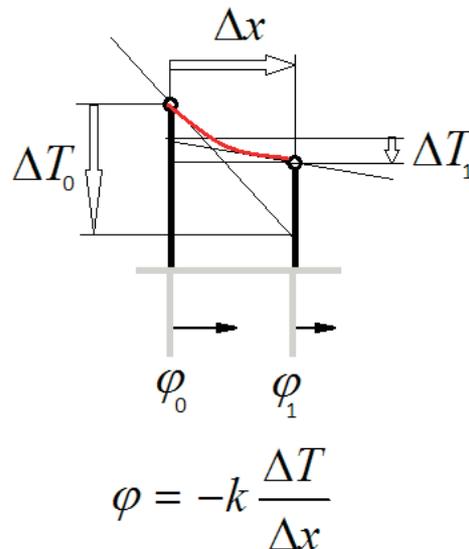


Figura 3-4: Una sección de la pared que recibe más calor por la izquierda del que entrega por la derecha.

La inversa de la conductancia se llama resistencia térmica,

$$R = \frac{\Delta x}{k}$$

Así la relación entre el flujo de calor y la diferencia de temperatura puede escribirse equivalentemente como

$$\varphi = -U\Delta T$$

$$R\varphi = -\Delta T$$

Con referencia a la Figura 3-5 donde se observa una pared compuesta de dos capas de materiales de distintas conductividades térmicas, el flujo de calor  $\varphi$  a través de cada una de estas capas debe ser el mismo de tal manera que

$$R_1\varphi = -\Delta T_1, R_2\varphi = -\Delta T_2,$$

siendo  $R_i = \frac{\Delta x_i}{k_i}$ ,  $i=1,2$ ; sumando tenemos

$$(R_1 + R_2)\varphi = -(\Delta T_1 + \Delta T_2) = -\Delta T$$

es decir que para la pared compuesta vale

$$(R_1 + R_2)\varphi = -\Delta T$$

De manera que  $R_1 + R_2 = R$  resulta su resistencia térmica. Claramente este razonamiento puede repetirse para un número cualquiera de capas resultando la resistencia térmica de la pared igual a la suma de las resistencias térmicas de sus capas.

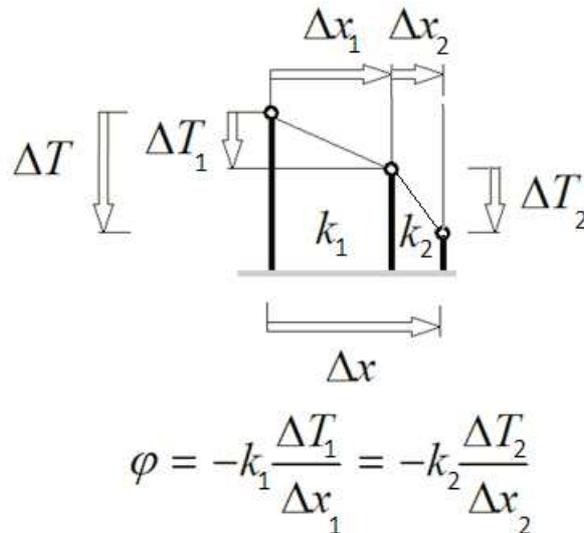


Figura 3-5: Una pared con dos capas de distintas conductividades y espesores

Por ejemplo, consideremos una pared de ladrillos de 30 cm de espesor con revoques de 2 cm a uno y otro lado. La conductividad térmica del ladrillo común es del orden de  $k = 0,38 \frac{W}{mK}$ , de donde para la capa de ladrillos tenemos

$$R_{ladrillo} = \frac{0,3 \text{ m}}{0,38 \frac{W}{mK}} = 0,789 \frac{m^2K}{W}$$

La conductividad del revoque es  $k = 1,16 \frac{W}{mK}$ , así la resistencia de cada capa es

$$R_{revoque} = \frac{0,02 \text{ m}}{1,16 \frac{W}{mK}} = 0,017 \frac{m^2K}{W}$$

Luego la de la pared en su conjunto es la suma

$$R_{pared} = R_{ladrillo} + 2R_{revoque} = 0,813 \frac{m^2K}{W}$$

$$U_{pared} = \frac{1}{R_{pared}} = 1,23 \frac{m^2K}{W}$$

### 3.4 Convección

La transmisión del calor en gases y líquidos está muy afectada por el movimiento mismo del medio. Por así decirlo la transmisión por convección es más el transporte de algo caliente que la transmisión del calor en sí. Consideremos por ejemplo una pared vertical caliente a la intemperie. El aire vecino a la pared se calienta, se dilata y sube de manera que parte del calor transferido al aire se va con el aire ascendente.

Esto es lo que se conoce como convección natural pues el movimiento se crea naturalmente debido al calor mismo. La misma pared sometida a la acción del viento perderá más calor debido a la constante renovación del aire cercano. Desde el punto de vista del cálculo práctico se piensa que la transferencia del calor se realiza al grueso del aire a través de una cierta capa delgada, una capa límite, y se establecen algunos coeficientes de transferencia a través de esta capa como si fuesen parte de la misma pared. Por ejemplo coeficientes de  $5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$  para viento bajo (menor a 2 m/s),  $12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$  para viento medio (entre 2 y 6 m/s) y  $30 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$  se toman para superficies horizontales con la cara hacia arriba en la norma ASTM E 1918-06, para la determinación del Índice de Reflectancia Solar. Estos coeficientes se conocen como coeficientes peliculares de transferencia térmica y se encuentran tabulados en la literatura técnica.

### 3.5 Radiación

Todos los cuerpos emiten constantemente radiación debido al movimiento térmico de sus moléculas que implican aceleraciones de cargas eléctricas que generan radiación electromagnética. Cuando un objeto está muy caliente su emisión es evidente en forma de luz visible, como las llamas – que son gases muy calientes –, las brasas o el filamento de una lámpara incandescente.

Los intentos de explicación de estas emisiones a partir de la física clásica llevaron a modelos que explicaban las emisiones para frecuencias relativamente bajas pero predecían una emisión proporcional al cuadrado de la frecuencia con lo que la energía emitida se tornaba infinita (esto se conoció como la catástrofe ultravioleta). A principios del siglo XX el físico alemán Max Planck propuso una expresión analítica para el espectro de potencia de la radiación de un "cuerpo negro" como función de su temperatura<sup>11</sup>. Esta expresión conocida como Ley de Planck fue posteriormente justificada teóricamente suponiendo que la radiación era emitida en forma de paquetes discretos o cuantos y puede considerarse como la primera formulación de la física cuántica.

La energía emitida por un cuerpo negro (en todas las frecuencias), por unidad de superficie, es

$$E = \sigma T^4$$

---

<sup>11</sup> Un cuerpo negro es un objeto que absorbe toda la radiación que recibe. La Ley de Planck indica la distribución de la potencia en las distintas frecuencias dada la temperatura del objeto supuesto en equilibrio térmico, este valor es un límite superior de lo que el objeto puede emitir. La emisión real se calcula multiplicando por la emisividad  $\epsilon$  que es un número entre 0 y 1 que en general depende de la frecuencia y la temperatura.

donde  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4}$  es la constante de Stefan-Boltzmann. Esta ley se sigue matemáticamente de la ley de Planck. Para la emisión de un objeto real suele usarse la aproximación del "cuerpo gris",

$$E = \varepsilon\sigma T^4 \quad (3.4)$$

donde  $\varepsilon$  es un número entre cero y uno y se denomina la emisividad de la superficie.

Esta aproximación es buena para la mayoría de las superficies de objetos sólidos reales. Puede probarse que la emisividad de un cuerpo debe coincidir con su absorptividad  $\alpha$  (es decir la fracción de la energía incidente que se absorbe). Para un cuerpo opaco (es decir que no permite pasar la radiación) la parte de la radiación que no es absorbida es reflejada, así  $\rho = 1 - \alpha = 1 - \varepsilon$  es la fracción reflejada. La emisividad en (3.4) es una emisividad global, que es una ponderación de las emisividades a distintas frecuencias. Si un cuerpo opaco tiene una emisividad baja en las frecuencias visibles, la mayoría de la radiación es reflejada y el cuerpo se ve "claro", un cuerpo que absorbe toda la luz visible se ve "negro". Sin embargo puede ocurrir y de hecho un efecto buscado para una superficie que refleje la mayoría de la radiación solar (reflectancia solar alta) y sin embargo tenga una emisividad alta para longitudes de onda largas (frecuencias bajas) que es donde se concentra la emisión de los objetos a temperatura ambiente. Un tal objeto absorbe poca energía del sol, es decir es blanco para el sol, pero es negro en las frecuencias infrarrojas en que emiten los objetos a temperaturas comparables al ambiente terrestre, de tal manera que absorben poco y emiten mucho, con lo que permanecen relativamente fríos a pleno rayo del sol. De hecho existen normas<sup>12</sup> de calificación de superficies para pisos o techos que calcula un índice llamado Índice de Reflectancia Solar y que indica la temperatura que alcanza la superficie, en ciertas condiciones normales. Un índice igual a cero indica que la temperatura es la que alcanza un "patrón negro" (alta), un índice igual a cien indica que la temperatura será la del "patrón blanco" (baja). Hay superficies con índice mayor que 100 lo que indica que estarán aún más frías que el patrón blanco. Ciertas normas constructivas establecen índices de reflectancia solar mínimos para ciertas superficies.

### 3.6 La energía en la tierra

La energía que utilizamos ha venido —o viene— principalmente del sol como radiación electromagnética. Otra fuente de energía desde el espacio es la que produce las mareas, por atracción gravitatoria de la luna y el sol. Esta energía que mueve los mares se disipa al finalmente como calor. Por fin también hay energía aprovechable en el calor de las profundidades terrestres. Los combustibles fósiles que son hoy día el principal recurso energético del mundo, provienen de la degradación de organismos vivos que crecieron y murieron hace millones de años utilizando la energía solar. Los

---

<sup>12</sup> Por ejemplo ASTM E 1918-06, para la determinación del Índice de Reflectancia Solar.

vientos y las lluvias están en última instancia movidos por el sol, la tierra y su atmósfera transforman la radiación solar en vientos y lluvia, y los bosques la transforman en madera. La tierra con su sucesión de días y noches es una máquina térmica alimentada por la radiación del sol.

En la Tabla 3-1: Una posible clasificación de las fuentes de energía, la celda Renovable-Secundaria es generalmente clasificada como primaria porque es tomada directamente (¿?) de la naturaleza. Una tercera columna terciaria podría incluir electricidad generada con gas

puede verse una clasificación general de las fuentes de energía donde la nomenclatura es ligeramente diferente a la usual como se explica en el epígrafe.

	Primaria	Secundaria
Renovable	Sol  Las mareas  Geotermia	Calor del sol  Leña y otros organismos  Electricidad fotovoltaica,  Electricidad hidráulica  Electricidad mareomotriz  Electricidad y calor geotérmicos  Eólica
¿?	Nuclear Fusión  Nuclear Fisión	Bomba de Hidrogeno  Electricidad del calor producido
No Renovable	Petróleo, Gas, Carbón mineral	Combustibles como nafta, gas-oíl &c.  Electricidad del gas u otros combustibles  Calor de combustibles  Calor de electricidad

Tabla 3-1: Una posible clasificación de las fuentes de energía, la celda Renovable-Secundaria es generalmente clasificada como primaria porque es tomada directamente (¿?) de la naturaleza. Una tercera columna terciaria podría incluir electricidad generada con gas

Para que la tierra permanezca a una temperatura constante debe emitir tanta energía como recibe. Si el balance es positivo la temperatura promedio del planeta sube hasta que la emisión de radiación térmica (que va como la temperatura absoluta a la cuarta potencia) equilibra el superávit.

Los planetas más cercanos al sol, Venus y Mercurio, se encuentran del sol a 0,7 y 0,4 distancias tierra-sol<sup>13</sup>. Como la densidad de radiación decrece como el cuadrado de la distancia reciben por unidad de superficie más de 2 y 6 veces la que recibe la tierra. Para disipar esta radiación solar tienen temperaturas tan altas que son incompatibles con la vida tal como la conocemos, es que se han calentado tanto cuanto fue necesario para devolver tanta energía recibida. Los planetas exteriores son más fríos que la tierra por estas mismas razones. Marte por ejemplo a 1,5 UA del sol, recibe menos de la mitad de la energía que la tierra por unidad de superficie. Ahora bien la temperatura final que se alcance en equilibrio con la radiación del sol depende, como hemos visto en el párrafo sobre radiación, de ciertas características del material. El aumento en la atmósfera de determinados gases opacos a la radiación infrarroja, como el dióxido de carbono tiende a aumentar esta temperatura de equilibrio. En la Tabla 3-2 se tienen para distintos combustibles las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por Gcal (millón de kcal) de energía producidas. En la línea final para la electricidad según la generación en la Argentina. La columna %NG indica cuanto CO se emite en relación con el Gas Natural (NG).

Fuente de Energía	Factores de Emisión	PCI	Factores de Emisión	
			tCO <sub>2</sub> /Gcal	%NG
Gas Natural (NG)	1,936 tCO <sub>2</sub> /dam <sup>3</sup>	8300 kcal/m <sup>3</sup>	0,233	100%
Fuel Oil (FO)	3,127 tCO <sub>2</sub> /t	9885 kcal/kg	0,316	136%
Gas oil (GO)	3,771 tCO <sub>2</sub> /t	10200 kcal/kg	0,370	158%
CMi (Carbón Mineral) Nacional	2,441 tCO <sub>2</sub> /t	5900 kcal/kg	0,414	177%
CMi (Carbón Mineral) Importado	2,441 tCO <sub>2</sub> /t	7200 kcal/kg	0,339	145%
Electricidad Argentina	0,535 tCO <sub>2</sub> /MWh	- -	0,619	265%

Tabla 3-2 : factores de emisión de ciertos combustibles y de la electricidad tal como se produce en la Argentina, elaborado sobre datos de [26]

### 3.7 Referencias

- [23] Jorge Fiora. Curso de termodinámica. INTI-Energía. Mayo, 2010.
- [24] <http://joseph.fourier.free.fr/chaleur.htm>
- [25] Consumos pasivos: <http://www.ocu.org/vivienda-y-energia/nc/calculadora/consumo-en-stand-by>
- [26] <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>
- [27] [http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/publicaciones/mercado\\_electrico/factor\\_emision/Factor\\_Emision\\_2015\\_1.xlsx](http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/mercado_electrico/factor_emision/Factor_Emision_2015_1.xlsx)
- [28] <http://eesc.columbia.edu/courses/eesc/climate/lectures/radiation/>

<sup>13</sup> La distancia tierra-sol se denomina una Unidad Astronómica (UA).

- [29] [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_constant](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_constant)
- [30] Efecto invernadero  
[http://www.cgd.ucar.edu/cas/abstracts/files/kevin1997\\_1.html](http://www.cgd.ucar.edu/cas/abstracts/files/kevin1997_1.html)
- [31] J. T. Kiehl and Kevin E. Trenberth , Earth's Annual Global Mean Energy Budget, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado  
En internet:  
[http://climateknowledge.org/figures/Rood\\_Climate\\_Change\\_AOSS480\\_Documents/Kiehl\\_Trenberth\\_Radiative\\_Balance\\_BAMS\\_1997.pdf](http://climateknowledge.org/figures/Rood_Climate_Change_AOSS480_Documents/Kiehl_Trenberth_Radiative_Balance_BAMS_1997.pdf)



---

# 4 Introducción a la Gestión de la Energía

por Daiana Borelli

para Ministerio de Energía y Minería

## 4.1 Resumen

La energía, en todas sus formas de aprovechamiento, se ha constituido en el motor fundamental de la sociedad. Su uso eficiente no es una opción, es una obligación y sus beneficios no los podemos desaprovechar para establecer una economía baja en emisiones de carbono.

Permite ahorrar costos mejorando la competitividad de las organizaciones y disminuyendo el consumo de energía primaria y, por lo tanto, las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

**Los Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn)** surgieron en los últimos 20 años y hoy son una metodología de mejores prácticas de probada eficacia que garantizan la eficiencia energética sostenible y la mejora continua del **Desempeño Energético (DE)**.

## 4.2 Introducción

Consumir energía eficientemente no significa reducir el confort o mermar la producción industrial confundiendo con una forma de racionamiento de energía. En lugar de eso, representa mantener esas condiciones de confort y producción reduciendo la cantidad de energía involucrada al generar beneficios para los consumidores y la sociedad.

La Norma ISO 50001:2011 puede ser utilizada por los establecimientos educacionales como una herramienta de ayuda para obtener mejoras significativas en su eficiencia energética.

Esta norma no establece requisitos absolutos para el DE (fuera de los incluidos en la política energética, el cumplimiento de los requisitos legales y la mejora continua), lo cual posibilita su implantación en cualquier tipo de organización, independiente de su tamaño, sector y ubicación.

## 4.3 ¿Qué es la gestión de la energía?

La gestión de la energía consiste en realizar una serie de acciones organizativas, técnicas y comportamentales, económicamente viables, tendientes a mejorar el DE de las organizaciones.

La gestión de la energía implica que hay que prestar atención a la energía de manera sistemática con el objetivo de mejorar continuamente el DE de la organización y de mantener las mejoras logradas. Es la base que asegura que las organizaciones recorran constantemente el ciclo consistente en elaborar políticas (incluyendo la evaluación de los objetivos); planificar acciones, implementarlas y verificar sus resultados; revisar las mejoras obtenidas, y actualizar las políticas y los objetivos, de acuerdo con sus necesidades.

Para poder realizarlo de una manera sencilla y sostenible en el tiempo, un enfoque sistémico como el definido en la Norma IRAM/ISO 50001:2011 “Sistemas de gestión de la energía-Requisitos con orientación para su uso” puede ser de utilidad. Este enfoque establece los fundamentos para una reducción significativa y sostenible de los costos de energía en organizaciones de todos los tamaños. Además, se requiere atención, motivación y, ante todo, la voluntad de cambiar y de mejorar.



Figura 4-1

El enfoque se basa en el ciclo de la Mejora Continua o de Deming “Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA)”.



- Disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de diferentes fuentes. Esta reducción será directamente proporcional a la reducción del consumo, de manera que a mayor ahorro energético obtenido más emisiones de este tipo evitadas.
- Ser un claro ejemplo para el sector y fomentar la eficiencia y la gestión energética en el resto de las instalaciones.

Para llevar a cabo un plan energético eficaz comenzaremos a definir los pasos para lograrlo, generando un organigrama jerárquico para definir dichos pasos:

#### **4.4 Primeros pasos**

##### **➤ Autoevaluación.**

Es una de las primeras actividades que la organización debe realizar para determinar las prioridades principales con miras a la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn). Así, conoceremos en nivel de gestión existente en la empresa.

Esta autoevaluación constituirá un punto de partida para poder establecer una política de gestión de la energía.

El estudio de viabilidad debería incluir una estimación de los ahorros energéticos, de la mejora potencial de la eficiencia energética y del aumento de rentabilidad operacional. También debería incluir una estimación de los costos de implementación en términos de recursos humanos, financieros y técnicos.

##### **➤ Garantizar el compromiso de la alta dirección.**

Es esencial que cualquier SGEn cuente con el compromiso pleno de la Alta Dirección de la organización. Para conseguirlo, es importante persuadir a sus integrantes de que un SGEn es una ventaja para la organización (ahorro energético, ahorro de costos, etc.).

El hecho de contar con el compromiso pleno de la Alta Dirección no significa que hay que afectar otras prioridades de la organización; significa asignar a las cuestiones relacionadas con el DE la prioridad correcta, de manera que se ajusten a los objetivos y desafíos generales.

##### **➤ Establecer el alcance y los límites.**

Es necesario definir qué aspectos se abarcarán en el SGEn, ya que tal vez se prefiera dejar de lado alguno de ellos. Podemos limitar nuestro SGEn a determinados sitios de organización, o procesos específicos, entre otros.

También debemos definir si incluiremos transporte, todas las fuentes de energía y la gestión del agua.

Es conveniente comenzar aquellos procesos o instalaciones que requieran de menores recursos, y realizar sobre ellas una “prueba piloto” de la implementación.

➤ **Funciones, responsabilidad y autoridad.**

El éxito de la implementación del SGen requiere el compromiso y el esfuerzo del personal a todos los niveles de la organización. Debemos identificar las personas que tienen un efecto directo e indirecto sobre el uso de la energía y sus necesidades de capacitación.

Es conveniente documentar las funciones y responsabilidades, de manera de evitar conflictos o malentendidos.

Suele nombrarse un integrante de la organización como representante de la dirección, quien debe garantizar que cada persona que participa en la mejora del DE sepa claramente cuál es su función, responsabilidad y autoridad, y forme el equipo de gestión de la energía. La formación de este equipo es muy importante, ya que es el primer paso concreto para cambiar la cultura de la organización con respecto a la energía.

Es importante que todo el personal de la organización, tanto fijo como de contrato, sean conscientes del compromiso de la organización en mejorar su DE.

➤ **Definir la política energética.**

La Política energética es un documento a través del cual la Alta Dirección demuestra su compromiso con el SGen y le da su apoyo para lograr mejoras continuas en el DE.

La política energética tiene que adecuarse al tipo y a la dimensión del uso de la energía en la organización y notificada a todo el personal y contratistas para demostrar que los directivos están comprometidos con el SGen.

Debe estar firmada por la Alta dirección, quien la revisará y actualizará cuando lo considere pertinente.

➤ **Entender la función de la comunicación, los documentos y los registros.**

Para una gestión y operación efectiva del SGen, es necesario documentar varios elementos. Algunos de los documentos que se necesitan normalmente son la política energética, objetivos y metas, planes de acción, revisión energética, planes de capacitación, parámetros operativos críticos, planos, especificaciones de los equipos.

Esta información será muy valiosa para ayudar a la organización a mejorar su DE y para mantener esta tendencia de mejora. Una vez logrado, su mantenimiento será sencillo.

➤ **Determinar la estructura para implementar el SGen**

El diseño de un proceso de control de los documentos es útil al momento en que debemos localizar planos, manuales de operación o conocer y transferir metodologías procedimentales. Debemos aplicar un método sistemático y sencillo para la gestión de los documentos, sin importar si los documentos son electrónicos o en papel.

Los documentos deben ser firmados, identificados y revisados de manera de asegurar que no han perdido vigencia.

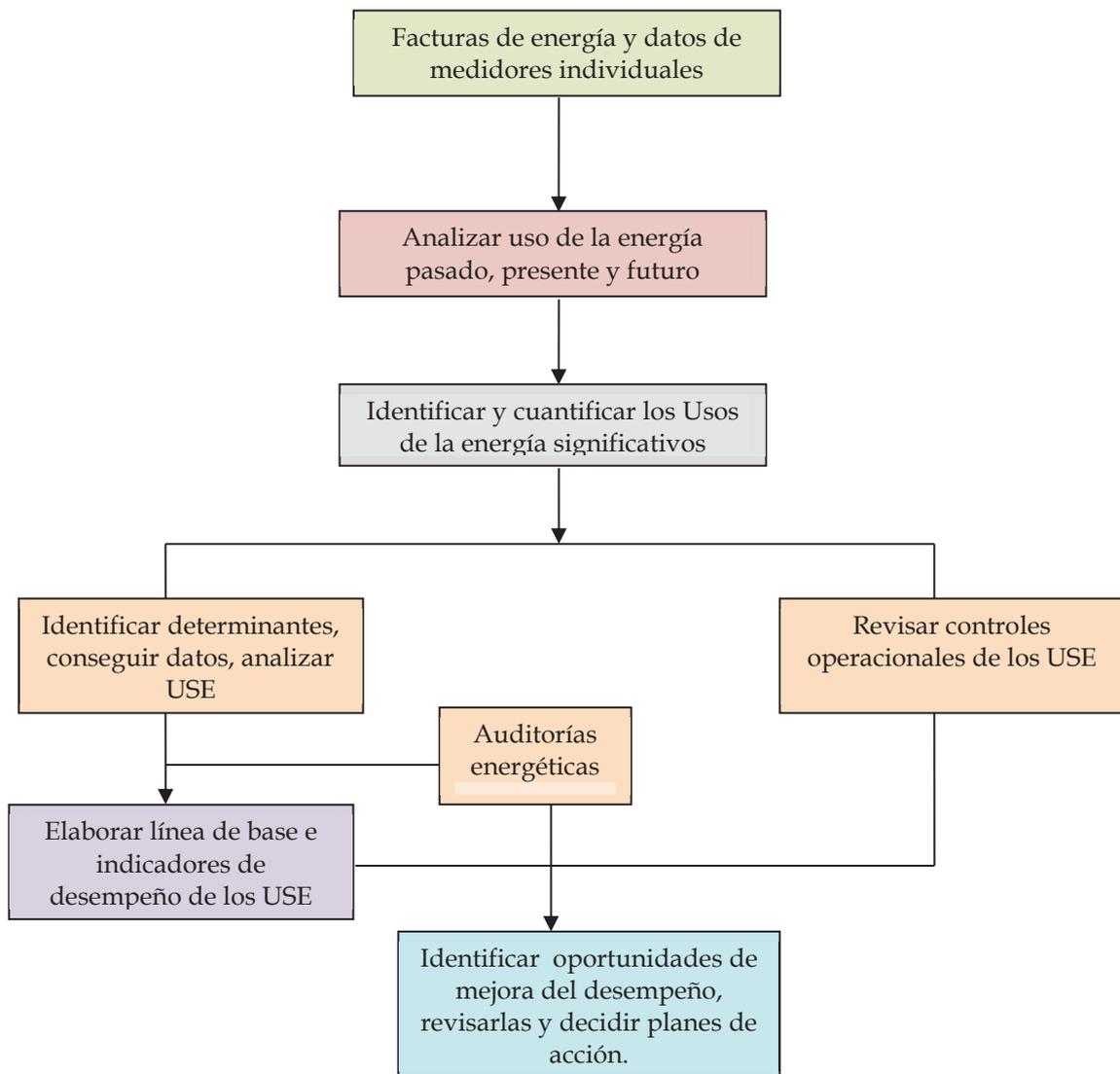
Los registros son una prueba documentada para demostrar la conformidad con los requisitos del SGen. Nos permiten demostrar fácilmente el cumplimiento, cuando se realice una auditoría (interna) del SGen. Algunos ejemplos de registros son: informes, actas de reuniones, calendario de la capacitación.

## **4.5 Planificar**

El proceso de planificación energética se puede realizar al principio, como parte de la implementación del SGen. Su finalidad es examinar cómo se usa la energía. A este proceso se lo llama revisión energética. Será necesario desarrollar una línea de base para poder medir las mejoras y también indicadores que sirvan para demostrar los avances respecto a los objetivos y metas. También implica ser conscientes de todos los requisitos legales y otros requisitos que deban considerarse al planificar las actividades de gestión de la energía.

En otras palabras, la finalidad de la planificación es traducir la política energética en un conjunto de acciones específicas que deben implementarse en el período próximo a fin de mejorar el desempeño energético.

### Organigrama metodológico



#### ➤ **Obtener y analizar datos de energía.**

La finalidad de este paso es determinar el uso de la energía y las tendencias, utilizando las facturas de energía de los últimos tres años. Un método útil consiste en elaborar tendencias anualizadas de uso de la energía. También es importante tener conciencia de qué fuentes de energía se usan actualmente y cuánta energía se estima que se usará en el período próximo. A su vez, un examen basado en las facturas de energía, revelará algunos puntos que contribuirán a reducir el uso de la energía. Algunas etapas a seguir son las que se describen a continuación:

#### ➤ **Determinar los Usos Significativos de la Energía (USE).**

Para poder establecer dónde se usa la mayor parte de la energía de la organización, es necesario tener en cuenta cuánta energía usa cada sistema o proceso. Estos USE pueden establecerse a través de medidores individuales para cada equipo o realizando estimaciones por otros medios. Uno de ellos consiste en estimar el consumo

total de los diferentes usos. Normalmente, además de los motores, el principal uso de la electricidad es la iluminación. Algunos procesos usan electricidad para producir calor, y en ese caso, también habría que hacer su análisis.

Una vez desglosados todos los usos de energía, conviene verificar el total comparando con las facturas de energía. Al identificar los USE, podremos concentrar todos los esfuerzos en ellos.

No sólo debemos tener en cuenta el uso absoluto de energía de los equipos, sino también su ahorro energético potencial. Es conveniente incluir como USE los equipos que tienen un potencial de mejora significativo

Es recomendable identificar para cada USE sus parámetros críticos, las personas que puedan influir en el consumo de energía de dichos USE, objetivos y metas, oportunidades de mejora, las variables que determinan su uso (clima, producción) llamadas también determinantes, y los indicadores de su DE (IDEn).

Es necesario identificar a las personas que tiene un impacto sobre los USE y evaluar su nivel de capacitación o competencia para garantizar que entienden su función y cómo influyen en el uso de la energía.

Si se determinaran insuficiencias en sus conocimientos, es necesario planificar, documentar y brindarles la capacitación necesaria para subsanar dichas insuficiencias.

Los determinantes son las actividades que puede provocar cambios en los USE, como el clima y la producción.

Es importante conocer la carga base de las instalaciones, es decir, el uso de la energía cuando no actúa ningún factor determinante, ya que esa energía no genera ningún valor y debería reducirse o eliminarse siempre que sea posible.

### ➤ **Determinar la línea de base energética y los IDEn**

La línea de base energética sirve para determinar un punto inicial para medir las mejoras en el DE.

El mejor método para establecer una línea base es usar los factores determinantes establecidos previamente para predecir la cantidad de energía que se debería haber usado y comparar esto con lo que se logró en la realidad. En este método, la línea base es la línea recta que mejor se ajusta al gráfico de regresión del determinante con respecto al uso de la energía. A medida que el desempeño mejora, la línea se mueve hacia abajo.

Por otro lado, durante la fase de planificación, cada organización debe establecer los indicadores (IDEn) para realizar el seguimiento de su DE, en función de sus características y naturaleza. Asimismo, deberá actualizarlos cuando se produzcan

cambios en las actividades que puedan afectar el seguimiento de los mismos, en la etapa de verificación.

Para obtener una visión del desempeño, se puede usar un análisis de la regresión del uso de la energía con respecto a uno o varios de sus determinantes. Este es el método ideal para elaborar los IDEn y realizar su seguimiento.

Con el establecimiento de estos IDEn podremos evaluar el cumplimiento de las metas de desempeño y alertar sobre posibles problemas en una fase temprana.

Entre los indicadores energéticos más habituales se encuentran:

- Consumo de energía por unidad temporal (año, mes, día)
- Consumo de energía por superficie construida, calefaccionada, refrigerada, iluminada.
- Consumo de energía por porcentaje de ocupación.
- Consumo de energía en base a parámetros climatológicos (temperatura, humedad, pluviosidad).

En la tabla a continuación se definen algunos indicadores energéticos que pueden ser de utilidad en las IES.

Indicador	Unidades
Consumo mensual de energía eléctrica por instalación.	kWh/m <sup>2</sup>
Consumo mensual de petróleo por instalación.	l/m <sup>2</sup>
Consumo anual de petróleo por instalación	l/m <sup>2</sup>
Consumo mensual de gas por instalación	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Consumo anual de gas por instalación (e institución)	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

➤ **Identificar los requisitos legales y otros requisitos.**

Siempre que la organización deba cumplir requisitos respecto del uso de la energía impuestos exteriormente, ya sea por leyes locales y nacionales o los requisitos de los clientes, es necesario conocerlo y ser conscientes de ellos a fin de gestionar la energía eficazmente. Estos requisitos deben ser verificados regularmente.

Ya veremos, que a medida que avancemos en la etapa de Verificación, evaluaremos su cumplimiento y los actualizaremos si fuese necesario.

➤ **Identificar Oportunidades de Mejora.**

Las oportunidades de mejora (OM) son el principal instrumento de mejora del SGEN, ya que permite la participación de todos los integrantes de la organización.

Las OM que tienen una posibilidad real de llegar a mejorar el DE pueden provenir de diversas fuentes, tales como auditorias, diagnósticos energéticos, sugerencias del personal, ideas que fueron exitosas en otras organizaciones, sitios web, entre otros.

➤ **Buenas prácticas.**

Las buenas prácticas consisten en cuidar los recursos de la organización, en lo concerniente a la energía en este caso, y se basan en el sentido común y buenas capacidades técnicas. Son fáciles de aplicar y suelen ser gratis, con tiempos de amortización extremadamente cortos y ahorros inmediatos. El mayor obstáculo para implementarlas es el cuestionamiento de las prácticas existentes y la resistencia a realizar los cambios necesarios.

➤ **Establecer los objetivos, metas energéticas y planes de acción.**

Al fijar los objetivos habrá que considerar lo que se averiguó sobre el uso de la energía, sus determinantes y las oportunidades potenciales identificadas durante los anteriores pasos de la planificación. En general, los objetivos son a largo plazo y menos específicos que las metas.

Las metas deberían contribuir a lograr los objetivos, es decir, que cada objetivo probablemente tendrá una serie de metas relacionadas con él.

El plan de acción es la acción específica que se tomará para mejorar el DE. Será la base de sus actividades de ahorro energético y pueden incluir proyectos de inversiones técnicas, actividades de gestión y de organización para el próximo período.

Al final de cada período, los planes deben ser evaluados y verificados, para conocer qué ahorros reales se consiguieron mediante su ejecución y reevaluarlas o verificarlas para determinar OM nuevas.

## **4.6 Hacer**

Este es un paso clave del SGEN. Es la parte en donde realmente se aplican las mejoras de ahorro y DE. Es parte de un ciclo continuo de mejoras juntamente con la fase siguiente de “verificación” en la que se comprobará el desempeño del sistema y el DE.

Determinar los controles operacionales es una parte muy importante del SGEN, ya que es la parte en la que se operan los equipos que usan energía y donde a menudo hay

oportunidades significativas de afectar el DE de la organización. Muchas organizaciones suponen que comprar equipos energéticamente eficientes alcanza para que sus operaciones sean energéticamente eficientes. En la mayoría de los casos no es así. De hecho, puede ser que equipos menos eficientes pero mejor operados consuman menos energía que equipos muy eficientes pero operados incorrectamente.

La forma en que se opera los equipos y los procesos que usan energía tiene un efecto muy significativo en el DE.

Durante la fase de planificación, es necesario desarrollar un listado de los parámetros operativos críticos para cada USE, que sean entendidos y respetados.

Toda esta información debe estar desarrollada, documentada y comunicada a todo el personal pertinente.

➤ **Mantenimiento.**

Debemos tener en cuenta al diseñar el SGen que el mantenimiento también debe ser planificado, ya que una falta de mantenimiento aumentará el consumo de energía de la mayoría de los sistemas y equipos técnicos.

Es conveniente realizar el mantenimiento preventivo, concientizar al personal de mantenimiento sobre el impacto de sus tareas en el DE de la organización y configurar los equipos de manera correcta.

➤ **Garantizar la competencia y la toma de conciencia del personal.**

Todo el personal y los contratistas deberían ser conscientes de su compromiso con la mejora del DE, y debemos garantizar su competencia para realizar las tareas asignadas.

La competencia refiere a la capacidad de las personas de realizar su trabajo sobre la base de la formación, la capacitación, las habilidades o las experiencias adecuadas.

Además, cuando el personal empieza a interesarse en que la organización mejore su DE y disminuya su impacto ambiental, las buenas noticias periódicas sobre las mejoras del DE transmiten un sentimiento positivo. Por eso es importante que todo el personal tenga acceso a la información sobre el grado de avance del SGen.

➤ **Implementación de los planes de acción.**

Como parte de las actividades cotidianas del SGen, hay que asegurarse de que se está respetando el cronograma del plan de acción y que se lo esté ejecutando según lo previsto y que las acciones surten el efecto deseado. Esto incluye la actualización de los avances y la comunicación de los logros y el tratamiento de las acciones que no progresen de acuerdo con lo programado.

➤ **Diseño de la eficiencia energética.**

Cuando se diseña un proceso o una instalación, es mucho más fácil y barato incluir el DE desde el principio, analizando qué especificaciones y dimensiones necesitamos, que tratar de incluir adaptaciones más tarde.

➤ **Puesta en servicio.**

En la puesta en servicio de los equipos debemos garantizar que los sistemas instalados operen según el diseño; ya que la puesta de servicio no adecuada es una causa muy común de que los sistemas no se desempeñen como los diseñadores esperaban.

➤ **Definir las prácticas de compras y los pliegos de condiciones.**

El proceso de compras, ya sea productos, equipos o subcontrataciones de servicios, tiene consecuencias sobre el uso de la energía.

Adquirir productos, servicios y equipos energéticamente eficientes nos llevará a usar menos energía, incluyendo de todas maneras el costo del ciclo de vida útil cuando corresponda.

Por este motivo, la eficiencia energética de los equipos, productos, sistemas y servicios debería ser un criterio para su selección.

Cuando es necesario comprar energía, se deben emprender acciones similares, tales como el desarrollo de perfiles de uso de la energía para cada fuente, estimaciones del costo de cada tipo de energía, investigación sobre distintos proveedores.

## **4.7 Verificar**

En esta etapa realizaremos la verificación, es decir, si el DE ha mejorado o no y, en caso negativo qué es lo que debemos hacer para que mejore.

Ya se han implementado en sus operaciones diarias mejoras de ahorro y de DE. En esta fase, las mejoras previstas se verifican en la realidad, en cuanto al desempeño del sistema y el energético.

Esta etapa de verificación consiste, en definitiva, en la realización de procesos tales como seguimiento, medición y análisis, evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y otros, auditorías internas, controles de registros y revisión por la dirección.

➤ **Seguimiento y medición.**

El seguimiento y la medición constituyen la gestión del DE mediante la comparación regular del uso de la energía real con el esperado.

Las características clave de un SGEN que indican mejoras en el DE tienen que ser sometidas a un proceso de seguimiento y medición. Dentro de estas características clave encontramos:

- los resultados de la planificación energética, incluyendo los planes de acción,
- la relación entre los usos significativos de la energía y los factores determinantes,
- los indicadores de desempeño energético (IDEn),
- la eficacia de los planes de acción respecto de la obtención de sus objetivos y metas,
- seguimiento de la eficacia del control operacional.

Al establecer el sistema de seguimiento y medición, la organización tiene que contestar las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se medirá y registrará el uso de los USE?
- ¿Quién será responsable del seguimiento, la medición y los análisis?
- ¿Cómo se establecerá la relación entre el seguimiento de los factores determinantes con el uso de la energía?
- ¿Cuál es la frecuencia de seguimiento que requieren mis operaciones?

A fin de poder determinar la relación costo-eficacia de los medidores, se debe comparar el costo respecto al ahorro energético estimado.

➤ **Análisis del seguimiento y selección de metas.**

El análisis transforma los datos en información útil para poder tomar medidas posteriormente. Las hojas de cálculo estándar son muy adecuadas para muchas aplicaciones. Es posible dibujar distintos gráficos, por ejemplo uso de la energía respecto a la producción, consumo específico de energía respecto a la producción. Las líneas que se ajustan mejor (selección de metas) se usan para predecir el consumo de energía previsto y el control periódico (seguimiento) descubre las no conformidades del proceso. Ambos conducen a acciones para mejorar el desempeño.

➤ **Calibrar los instrumentos.**

Para que el seguimiento y la medición sean confiables, el equipo usado tiene que brindar datos precisos repetibles.

Como primer paso, y el más importante, los instrumentos deberán ser sometidos a calibración antes de comenzar su uso y calibración de rutina.

Algunas cuestiones que debemos plantearnos son las siguientes:

- ¿Cómo voy a estar seguro del correcto seguimiento de mis IDEn y de mis parámetros críticos?
- ¿Cómo puedo estar seguro de la precisión de mis medidores?
- ¿Cuáles son los instrumentos críticos que estoy usando?
- ¿Su calibración vencida tendría un efecto significativo sobre el uso de energía o sobre los resultados del seguimiento energético?

Normalmente, la actividad de calibración física debería realizarse como si fuera una actividad de mantenimiento bajo control operacional.

➤ **Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos.**

Hay que verificar periódicamente el cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos para garantizar su cumplimiento. También es necesario verificar si hubo cambios en los requisitos, para estar seguros de que la lista esté actualizada.

➤ **Realización de auditorías internas.**

Una auditoría interna del SGen es una revisión independiente y sistemática de parte del SGen de la organización. La finalidad de esta auditoría es determinar si los planes, actividades y procedimientos descritos en el sistema se están llevando a cabo según los requisitos del SGen, es decir, si está funcionando de acuerdo a lo diseñado.

La organización debe definir cómo se van a verificar las acciones propuestas para resolver los problemas detectados por la auditoría y cómo se van a registrar los resultados de la verificación.

El proceso de auditorías internas debe estar documentado y las personas que realizan las auditorías internas tienen que tener alguna experiencia o capacitación en auditoría de sistemas y tienen que entender los requisitos del SGen.

➤ **No conformidades, acciones correctivas y preventivas.**

Una No Conformidad puede detectarse en el cumplimiento de un requisito específico. Las desviaciones específicas no constituyen necesariamente una No Conformidad, pero merecen una investigación en caso que la desviación exceda los valores planeados.

El proceso de corrección, y de acciones correctivas y preventivas es el medio por el cual se corrigen las desviaciones de los requisitos del SGEN, a fin de garantizar el cumplimiento de los requisitos del sistema y que se respete el compromiso de mejora continua de la política energética de la organización.

Algunas de las fuentes del SGEN pueden ayudar a identificar los problemas que tengamos que abordar durante el proceso de acción correctiva y preventiva son los resultados de las auditorias, evaluaciones de las revisiones de cumplimiento, falla en el logro de metas y objetivos, fallas en el cumplimiento de procedimientos operativos.

Es necesario proporcionar a la revisión por la dirección un análisis del estado de la corrección y de las acciones correctivas y preventivas. Por lo tanto, será necesario gestionar estas acciones a fin de garantizar el fácil acceso a los datos respectivos para el proceso de presentación de informes.

## 4.8 Actuar

### ➤ Revisiones por la Dirección.

La finalidad de la revisión por la dirección es demostrar a la Alta Dirección el buen funcionamiento del SGEN, destacando áreas en las que puede haber obstáculos para su mejora, de manera de seguir ganando apoyo para el sistema y proponer y acordar planes para el período siguiente.

Suele llevarse a cabo la primera revisión por la dirección cuando se termina la fase de planificación y luego se suele continuar de manera anual.

El material generado en este proceso debe registrarse y archivar, junto con los elementos de acción y las decisiones que se tomen. En este proceso debemos analizar los siguientes ítems, como mínimo:

- Posibilidad de modificar la línea de base,
- Cambios en la política energética, objetivos, planes y metas de acción,
- Redefinición de indicadores,
- Recursos necesarios para mantener y mejorar el SGEN.

En la revisión no debería haber grandes sorpresas. Si hubiera algún problema significativo en el SGEN o en el DE, habría que informar a la persona adecuada en la dirección en el momento pertinente.

### *Conclusión final.*

*Llegamos al final de este módulo, pero el SGEN no termina aquí. La implementación de un SGEN no es un proyecto que termina, es un proyecto de mejora continua. Los resultados de la revisión por la dirección son el punto de partida de las actividades del año siguiente.*



---

# 5 Estructura del edificio y construcción bioclimática

por Tomás Bernacchia y Bárbara Brea.

para Ministerio de Energía y Minería

## 5.1 Resumen

Este capítulo introduce la relación entre el hábitat humano actual, el rol de los edificios en el hábitat construido y su impacto a nivel ambiental global, desde la demanda de energía de los mismos. Habla sobre la relación entre condiciones climáticas y la arquitectura de los edificios, citando las características principales de la arquitectura bioclimática, que tiene en cuenta factores como la temperatura, la humedad, la radiación solar, los vientos, la nubosidad y la pluviometría, para lograr el confort higrotérmico interior. Y describe las características físicas de los materiales de la envolvente edilicia, en función de su intercambio térmico con el ambiente. Por último se hace referencia al ahorro y la conservación de energía dentro de los edificios.

## 5.2 Introducción

El sector edilicio demanda el 26% de la energía primaria en la Argentina y es concurrente con valores internacionales de países con similar grado de desarrollo. Cuando se considera el ciclo de vida del sector construcciones la demanda total de energía llega al 40% incluyendo desde la producción de los materiales de construcción hasta la demolición o reciclado de edificios en el hábitat construido. Por otra parte, estudios muestran que la eficiencia energética media del hábitat humano no supera el 3%.

Por otro lado, los recursos explotados y utilizados para la producción y uso del hábitat humano provienen principalmente de fuentes fósiles finitas, agotables en plazos históricos relativamente cortos o medianos. Además, el impacto ambiental causado por el uso intensivo y no controlado de estos energéticos, está relacionado directamente con la disminución de la capa de ozono en la atmósfera, y el aumento del efecto invernadero. Este efecto se debe a la emisión, a causa del uso de estas fuentes, de gases de efecto invernadero (GEIs) que retienen parte de la energía que el suelo emite al haber sido calentado por la radiación solar. Esto provoca que las temperaturas medias del planeta aumenten progresivamente, dando pie a cambios intensos en el clima a nivel global. Llamamos a esto “Cambio Climático”.

Algunos de los efectos del Cambio Climático pueden verse en el deshielo de los casquetes polares que provoca el aumento del nivel del mar; las temperaturas regionales y los regímenes de lluvias también sufren alteraciones, lo que afecta negativamente a la agricultura; el aumento de la desertificación; cambios en las estaciones, que a su vez incide en la migración de las aves, la reproducción de los seres vivos, equilibrios en los ecosistemas, etc.

## 5.3 Incidencia del sector de la construcción en la demanda de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en nuestro país

Como ya vimos, las sociedades actuales se caracterizan por su alta demanda de energía para el desarrollo de sus actividades. Ésta, clasificada como primaria o secundaria, puede provenir de distintas fuentes que poseen distintos rendimientos e impactos. Hoy en día, la mayor demanda de energía de la población, recae sobre fuentes de energía secundaria, producidas en centrales de generación eléctrica y refinerías de petróleo.

A su vez, en cada proceso de transformación y transporte de energía, se producen pérdidas. Con esto queremos ilustrar que lo que vemos mensurado en las boletas de usos finales de energía por red, ya sea electricidad o gas natural, es una porción de la energía real necesaria para el uso final. Este flujo de procesos puede verse en la Figura 5-1, mientras que en la Tabla 5-1 podemos observar una correlación entre tipo de energía final, la cantidad de energía primaria para su obtención, en período de uso-uso, y las emisiones que cada una provoca.



Figura 5-1: Camino analítico: De la energía primaria a la energía útil.

<i>Tipo de energía</i>	<i>Energía final</i>	<i>Energía primaria</i>	<i>Emisiones</i>
<b>Electricidad</b>	1 kWh	2,603 kWh	0,649 kg CO <sub>2</sub>
<b>Gas natural</b>	1 kWh	1,011 kWh	0,204 kg CO <sub>2</sub>
<b>Carbón</b>	1 kWh	1 kWh	0,347 kg CO <sub>2</sub>
<b>GLP</b>	1 kWh	1,081 kWh	0,244 kg CO <sub>2</sub>
<b>Gasoil</b>	1 kWh	1,081 kWh	0,287 kg CO <sub>2</sub>
<b>Fueloil</b>	1 kWh	1,081 kWh	0,28 kg CO <sub>2</sub>
<b>Biocombustibles</b>	1 kWh	1 kWh	0 kg CO <sub>2</sub>
<b>Renovables</b>	¿1 kWh?	¿1 kWh?	0 kg CO <sub>2</sub>

Tabla 5-1: Tablas de conversión y emisión.

En la Figura 5-2, vemos el esquema de flujos de energía en nuestro país, desde su obtención hasta su uso final. Observamos que los sectores de más demanda son: en primer término el Transporte; y en segundo, el sector Industrial y el Residencial en igual medida. Así también, queda evidenciado que nuestra matriz energética es fuertemente dependiente de combustibles fósiles.

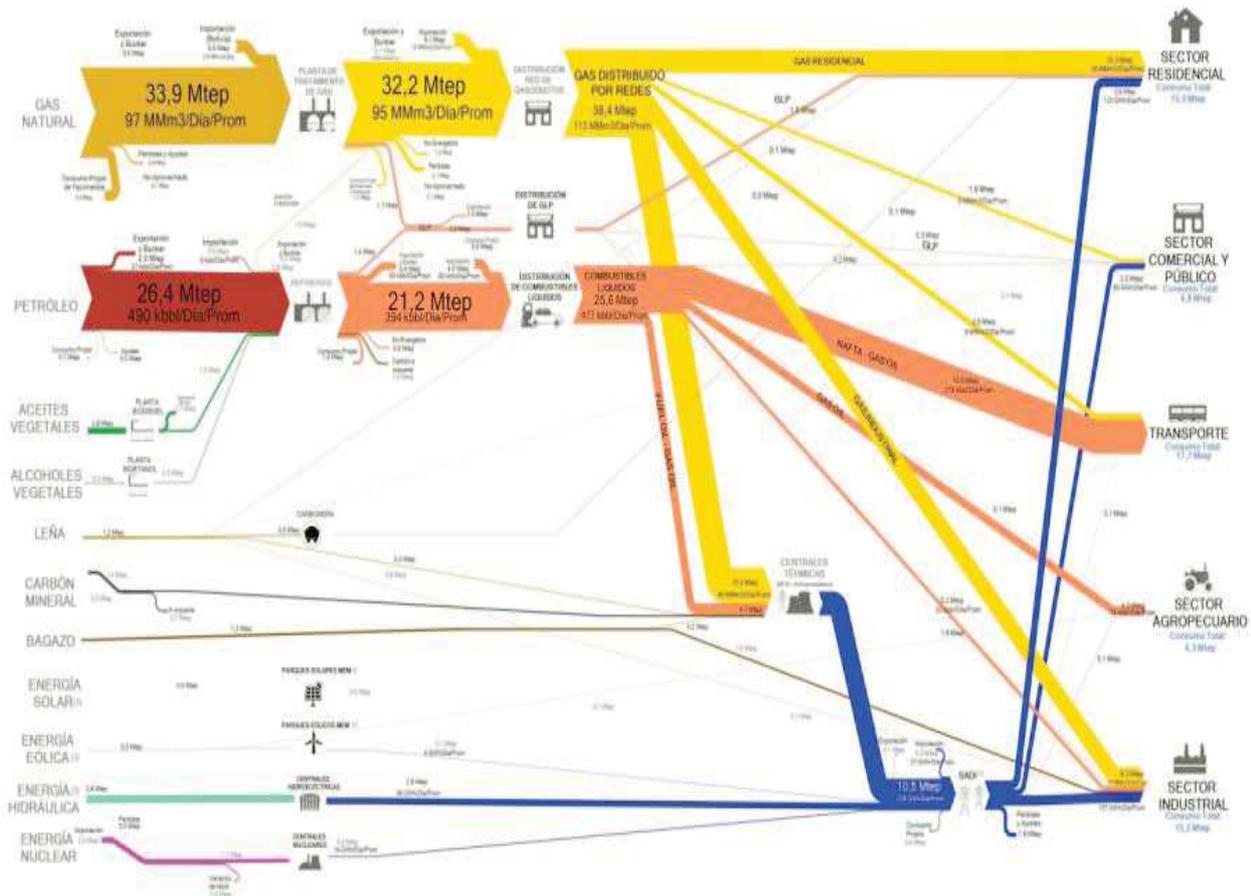


Figura 5-2: Producción, transmisión y uso final de la energía en Argentina. Fuente: BEN 2015 - Secretaría de Energía.

Lo anterior lleva a mostrar la necesidad de crear espacios educativos con el fin de formar especialistas en la construcción de un hábitat energéticamente eficiente y con un grado de sustentabilidad creciente adaptado a nuestro modo de vida. Esto último es importante ya que el modelo de desarrollo de la Argentina es de crecimiento constante del consumo de energía en relación directa con el crecimiento demográfico.

La Eficiencia Energética en edificios tiene como objetivo lograr el mayor desarrollo sostenible con los medios tecnológicos al alcance, minimizando el impacto sobre el ambiente, optimizando la conservación de la energía y la reducción de los costos, por lo que conforma en nuestro país un componente imprescindible de la política energética y de la preservación del medio ambiente.

En este marco, la **arquitectura bioclimática** es una herramienta fundamental para la mitigación de los impactos ambientales producidos por el hábitat construido. Esta consiste en la aplicación de pautas de diseño que tienen en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos naturales disponibles (sol, vegetación, lluvia,

vientos). De este modo logra el **confort interior**<sup>14</sup> con una demanda de energía muy inferior a la de un edificio que no tenga en cuenta estas variables. Además, la arquitectura bioclimática está íntimamente ligada a la construcción ecológica, que se refiere a las estructuras o procesos de construcción que sean responsables con el ambiente y ocupan recursos de manera eficiente durante todo el tiempo de vida de una construcción.

## 5.4 Arquitectura y Clima

*“El proceso lógico sería trabajar con las fuerzas de la naturaleza y no en contra de ellas, aprovechando sus potencialidades para crear unas condiciones de vida adecuadas” (Olgay, 1963).*

Las construcciones humanas deben adecuarse “bioclimáticamente” para conformar un hábitat racional, económico y con el mayor grado de eficiencia que permita cada momento histórico. Para ello, lo primero que tenemos que hacer es definir el clima en que vamos a trabajar, y las condiciones biológicas de confort de las personas, para entonces establecer relaciones entre clima, confort, y estrategias y tecnologías arquitectónicas a instrumentar.

La relación entre clima y arquitectura es, entonces, un aspecto fundamental del diseño arquitectónico. La obra de arquitectura se beneficia de los aspectos positivos del clima y busca protegerse de sus inclemencias. Es de vital importancia entender al objeto arquitectónico como un modificador del sistema natural, que es a su vez modificado por las características del medio ambiente en el que se inserta.

### 5.4.1 Análisis Climático

Siguiendo los pasos del método expuesto por Victor Ogyay en su “Arquitectura y Clima”, debemos comenzar definiendo el clima en donde se implantará nuestro edificio. Los factores climáticos que afectan al diseño de un edificio en función del confort de sus ocupantes son los siguientes:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Heliofanía y Radiación solar
- Nubosidad
- Movimientos del aire

---

<sup>14</sup> El objetivo principal de un edificio es crear un refugio que proteja y resguarde lo que habite en su interior de las inclemencias climáticas y otros factores externos. En el caso del hábitat humano, se requiere además que se mantengan en su interior determinados niveles de confort térmico, lumínico, acústico y de higiene del aire, con el objetivo de resguardar la salud física y mental de los moradores.

- **Precipitaciones**

El análisis del clima se puede realizar basándose en datos climáticos históricos de las distintas bases meteorológicas existentes en el país. En Argentina, podemos obtenerlos de las "Estadísticas climatológicas" que publica el Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N). La última edición contiene los datos correspondientes a la década 1971-80, sobre una base de 170 estaciones meteorológicas.

En este análisis, es necesario considerar si existe un microclima en la región de estudio. Los microclimas pueden ser de origen natural, asociados principalmente a excepciones geográficas que influyen en el clima (valles, dirección de los vientos, altitud, etc.) o microclimas urbanos, que se caracterizan por islas de calor, disminución de la velocidad, reorientación de los vientos, etc.

Entonces, el primer paso es hacer la valoración de los datos climáticos del sitio, para determinar el tipo de clima. Argentina en particular, es un país que se caracteriza por su amplia y variada geografía. Esto implica grandes diferencias climáticas a lo largo y ancho del territorio. La amplia latitud, corrientes marinas y geografía, hacen que nuestro país posea casi todos los climas existentes.

## **5.4.2 Definiciones**

### **Temperatura**

Se refiere a la radiación solar, que es acumulada por el suelo y luego entregada al aire como radiación infrarroja. La temperatura normalmente es medida como temperatura relativa del aire en grados Celsius (°C). Cuando hablamos de temperatura interior de un recinto, se debe considerar la temperatura del aire y la temperatura radiante de los muros.

### **Humedad**

Se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. El aire al aumentar su temperatura, es capaz de contener una mayor cantidad de agua. Este factor es entendido como humedad relativa del aire. El aire contiene una humedad mayor si se encuentra cerca de fuentes de agua como el mar o lagos, y menor si se trata de climas áridos o desérticos. La humedad del aire influye en la sensación térmica y en la posibilidad de condensación. En climas con alta humedad y bajas temperaturas invernales existen mayores riesgos de ocurrencia de condensación en los elementos constructivos.

La humedad se expresa como humedad absoluta (HA) o humedad relativa (HR). Los instrumentos utilizados para medirlas son los higrómetros, pero se puede determinar con un diagrama psicrométrico mediante un termómetro de bulbo seco y otro de bulbo húmedo. Algunos higrómetros miden el contenido de humedad del aire por la dilatación de un haz de crines de caballo.

## Vientos predominantes

Los vientos son movimientos de aire debido a diferencias de presión en la atmósfera. Los parámetros de viento son velocidad, dirección y frecuencia. Las tablas del S.M.N. muestran la velocidad media mensual del viento en kilómetros por hora. Y en un cuadro aparte las velocidades y frecuencias medias correspondientes a ocho direcciones o cuadrantes característicos. Este parámetro se mide con anemómetros.

Este instrumento consiste en un molinete de múltiples aspas muy livianas, que se ubica perpendicularmente a la dirección del viento. Un odómetro registra la velocidad de giro de las aspas.

Estos datos pueden graficarse en una rosa de vientos, que nos indicará en cada período del año las direcciones y frecuencias predominantes que son muy útiles al momento de diseñar la forma del edificio y sus aberturas para protegerlo en invierno y abrirlo en verano.

## Radiación Solar

La radiación solar es una radiación electromagnética emitida desde el sol con diferentes longitudes de onda. El espectro solar es dividido en tres longitudes de onda: ultravioleta, visible e infrarrojo. Solo una sección reducida del espectro, con longitudes de entre 0,4 y 0,76 micrones, es perceptible por el ojo humano. Radiaciones con longitudes de onda por debajo de 0,4 micrones son ultravioletas, y por encima de 0,76 son infrarrojas.

La radiación solar depende de la inclinación con que llega ésta a la superficie de la tierra y del ángulo en que se encuentra el sol respecto del norte. Las estaciones del año se diferencian por el ángulo de inclinación de los rayos del sol, lo que afecta a la cantidad de energía que llega efectivamente a la tierra. Estos datos dependen del azimut y la altura del sol respecto del cenit (ver Figura 5-3). Es importante también considerar la nubosidad y la época del año en que se quiere aprovechar la radiación del sol.

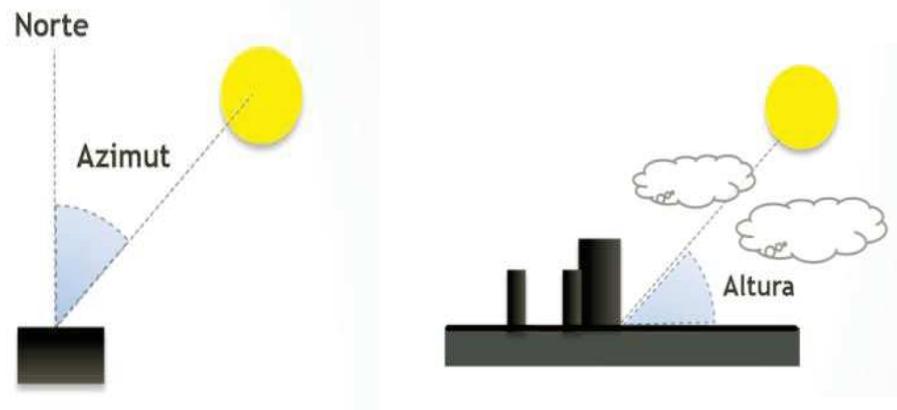


Figura 5-3: Altura y azimut solar.

La radiación solar, tiene una componente de radiación directa y otra componente de radiación solar difusa. Un análisis de radiación solar disponible en las cubiertas de los edificios, permite también decidir acerca de las mejores ubicaciones para paneles solares.

### Heliofanía

La heliofanía es un indicador útil, ya que indica las horas efectivas o relativas de sol brillante y nos indica el promedio que se da en cada mes.

Las tablas del Servicio Meteorológico Nacional nos indican la heliofanía absoluta y la relativa, esta última es quizás la más útil, ya que al estar expresada en forma relativa nos indica el porcentaje de horas del día en la que disponemos de radiación directa. Así podremos evaluar la conveniencia de utilizar sistemas de captación solar.

### Grados Día

Como una forma de caracterizar un clima en base a la temperatura, se utiliza el concepto de grados día (de calefacción y refrigeración). Este es un indicador del grado de rigurosidad climática de un sitio, que relaciona la temperatura horaria de una localidad con una temperatura base.

**Grados día de calefacción:** Se define como la suma de las diferencias horarias de la temperatura media del aire exterior, inferior a una temperatura base (16, 18, 20 o 22°C), con respecto a este valor para todos los días del año.

Cuando los cuadros de datos climáticos no cuenten con este indicador, puede determinarse a partir de las temperaturas medias mensuales, con la siguiente expresión,

$$GDC = \sum_n^i \left( T_{Bc} - \frac{TMáx + TMín}{2} \right) * Ni * Xc$$

Figura 5-4: Fórmula para establecer grados día de diseño.

donde:

Ni son los días del mes considerado

TBc es la temperatura base de calefacción

TMAX y TMIN son temperaturas medias mensuales

Xc es un coeficiente lógico, que valdrá uno cuando la temperatura media mensual sea menor a la TBc y cero cuando sea mayor o igual a TBc.

**Grados día de refrigeración:** Se define como la suma de las diferencias horarias de la temperatura media del aire exterior, superior a la temperatura base de refrigeración (23, 25, 27°C), con respecto a este valor para todos los días del año.

### Pluviosidad

Las precipitaciones representan la cantidad de agua que cae sobre la tierra, en cualquiera de sus formas: lluvia, nieve, aguanieve, granizos, pero no incluye la neblina ni el rocío. La cantidad de precipitaciones de un lugar y en un tiempo determinado se llama pluviosidad. Ésta se mide en litro por metro cuadrado de agua caída ( $l/m^2$ ), pero se entregan en mm pues un litro por metro cuadrado tiene una altura de 1 mm. Este valor se informa normalmente como promedio mensual, y es determinante al diseñar la envolvente de los edificios. Además se ve relacionado con la velocidad y dirección del viento.

## 5.5 Confort higrotérmico

La psicrometría es la rama de la ciencia por la cual se estudian las propiedades termodinámicas del aire húmedo y del efecto de la humedad atmosférica en los materiales y en el confort humano. La norma ISO 7730 define el confort higrotérmico como, *“aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico”*.

No existe un criterio único para poder evaluar una condición precisa de confort. A los efectos de contar con una herramienta que nos permita relacionar los datos obtenidos del análisis climático con el confort de las personas, podemos hablar de una zona de neutralidad térmica, que varía según los individuos, el tipo de ropa, la edad, el sexo, y el tipo de actividad que se encuentre realizando.

A continuación se presentan dos herramientas que nos permiten evaluar, en función de las temperaturas medias y humedades relativas medias mensuales, qué tipo de situación climática se enfrenta con respecto al confort y a las actividades que se realizan en un determinado lugar (Figura 5-5: Diagrama de Olgyay.); y qué tipo de estrategias de diseño pasivo son recomendables para ampliar la zona de confort (Figura 5-6: Diagrama psicrométrico de Givoni).

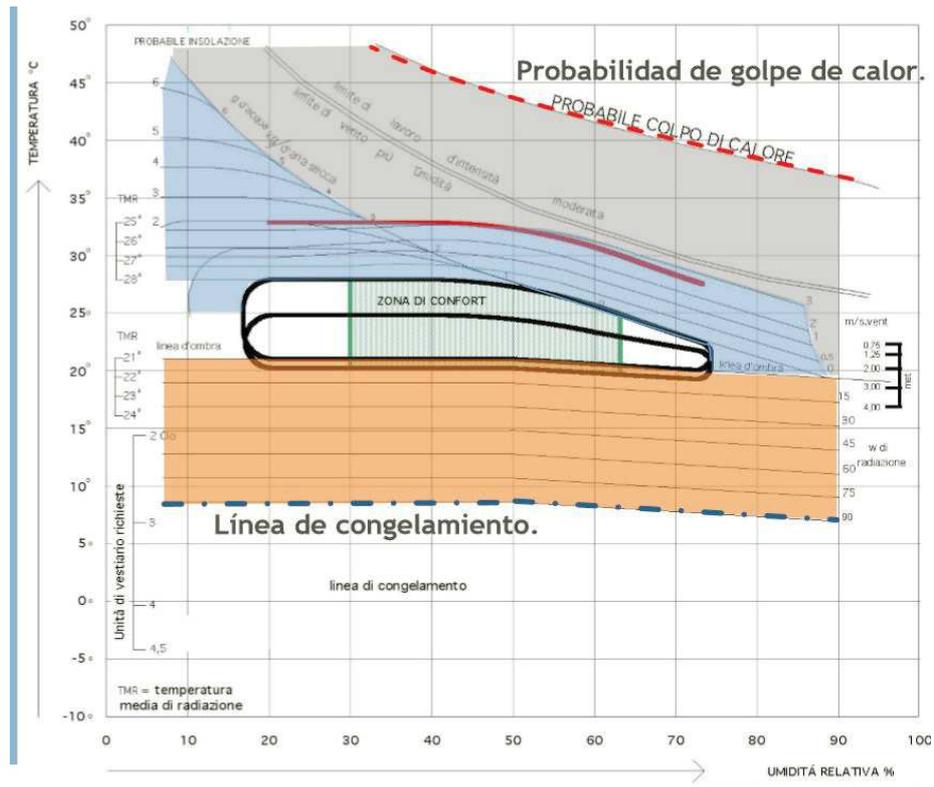


Figura 5-5: Diagrama de Olgyay.

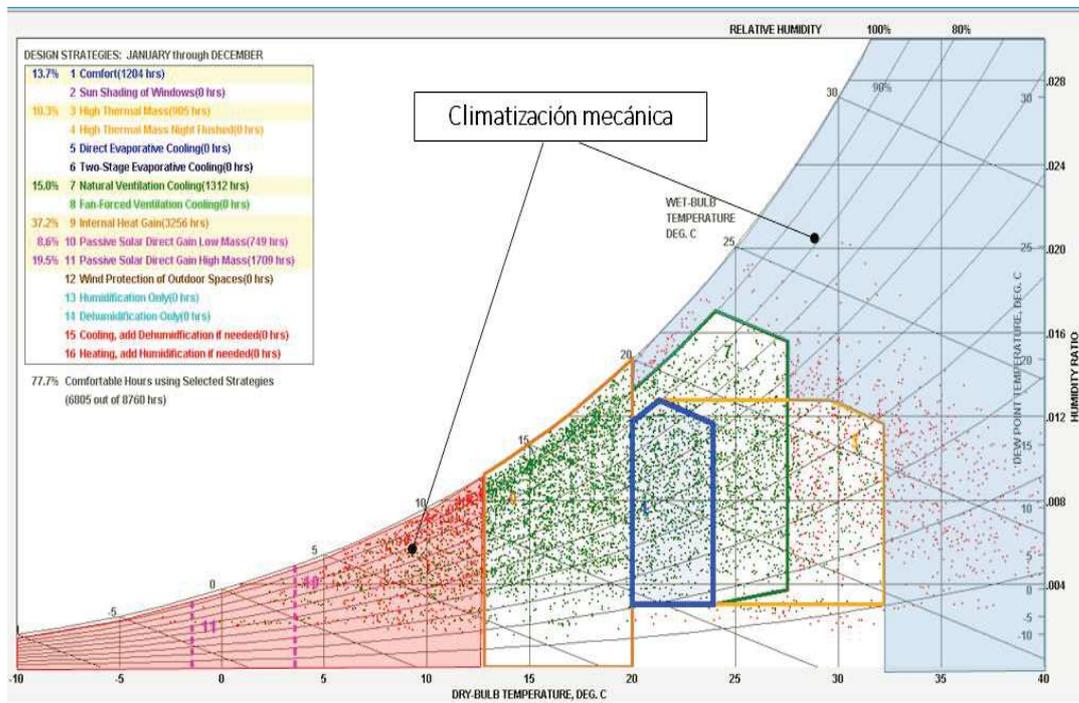


Figura 5-6: Diagrama psicrométrico de Givoni

## 5.6 Zonas Bioclimáticas

Una descripción general de los climas lo dan las clasificaciones bioclimáticas o bioambientales. En la Argentina contamos con la Norma IRAM 11 603 que divide "bioclimáticamente" al país en regiones. Esta división es acompañada por datos climáticos y días de diseño para invierno y verano que se utilizan en la verificación de la calidad térmica de los edificios, y recomendaciones de diseño para condiciones micro climáticas específicas.

Las zonas bioambientales se definen de acuerdo con el mapa de la Figura 5-7. En caso de que una localidad se encuentre en una situación de borde deberán satisfacerse las condiciones más desfavorables. Las consideraciones micro climáticas prevalecerán sobre las generales de la zona bioambiental.

A continuación se sintetizan las principales características de cada zona bioambiental y recomendaciones de diseño para las mismas.

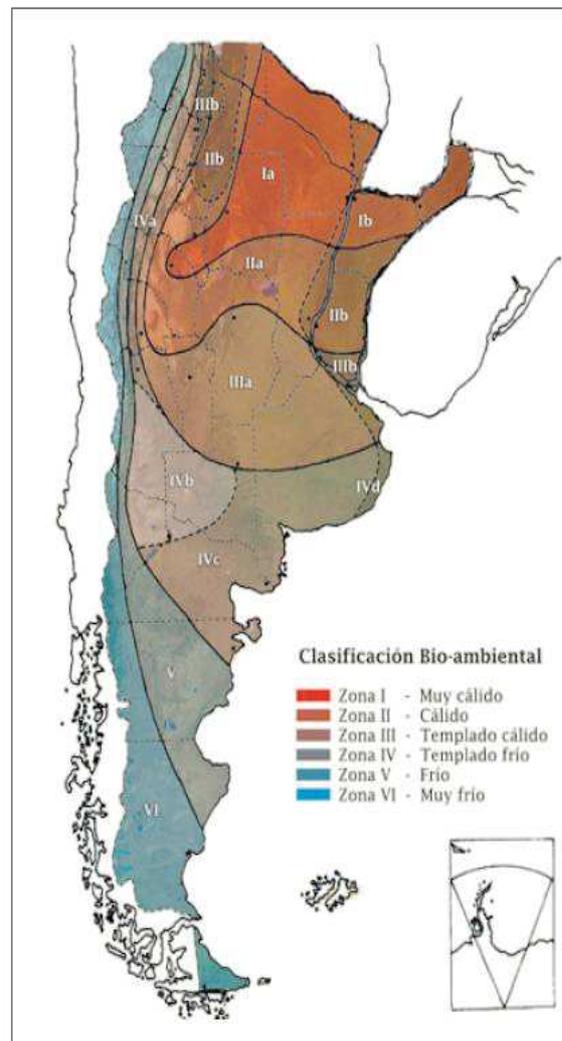


Figura 5-7: Mapas de zonas bioambientales de Argentina.

## ZONA I: Muy Cálida

Se ubica en el Centro Este del extremo Norte del país con una entrada al Sud-oeste en las zonas bajas de Catamarca y La Rioja.

Los valores de TEC media son superiores a 26.3 °C en un día típicamente cálido. Asimismo se subdivide en dos sub zonas, según las amplitudes térmicas: Sub zona Ia con amplitudes térmicas mayores de 14 °C y la Sub zona Ib con amplitudes térmicas menores de 14 °C. En la época caliente toda la zona presenta valores de temperaturas máximas superiores a 34 °C y valores medios superiores a 26 °C, con amplitudes térmicas siempre inferiores a los 15 °C.

La tensión de vapor mínima es de 1870 Pa (14 mm Hg) y aumenta según el eje Sur Oeste-noroeste. En el período invernal las temperaturas medias durante el mes más frío son algo superiores a los 12 °C.

### Recomendaciones de diseño:

*Color:* Claros en paredes exteriores y techos.

*Aislación térmica:* Grande en techos y paredes orientadas al este y al oeste.

*Radiación solar:* Todas las superficies deberán estar protegidas.

*Orientación:* La orientación óptima resulta la NO-N-NE y la SO-S-SE con una situación crítica en relación al asoleamiento en el verano. El eje mayor de los edificios será, preferentemente, este-oeste. Las ventanas, dentro de lo posible, no deben estar orientadas al este o al oeste, y se debe minimizar su superficie. Se recomienda minimizar las superficies que miren al Oeste y al Este

*Ventilación:* Sub zona húmeda: debe ser cruzada, fundamentalmente, por el beneficio de la velocidad del aire para aumentar el confort.

Sub zona seca: selectiva. Mayor cuidado con la sensible reducción de ventilación generada por las protecciones contra insectos en espacios semi cubiertos (galerías, balcones, terrazas, patios).

*Vientos:* Creación de zonas de alta y baja presión que aumentan la circulación de aire.

## ZONA II: Cálida

Está comprendida por dos angostas fajas, una este-oeste centrada alrededor del paralelo 30° y otra norte-sur recortada sobre la falda oriental de la Cordillera de los Andes. Tiene por límites las isolíneas de TEC 26,3 °C y 24,5 °C. El verano es la estación crítica, la temperatura media supera los 24 °C y la máxima es superior a los 30 °C. Esta es la época de las mayores amplitudes térmicas del año con valores que superan los 16

°C. Asimismo es el período en que la presión de vapor es más alta, con valores medios inferiores a los 2135 Pa (16 mm Hg). Por esto habrá que tenerse en cuenta la aislación para la prevención de riesgo de condensación, la aislación planteada para el verano podrá llegar a ser la solución para esta situación que se plantea en la época invernal.

El invierno en cambio es más seco, con bajas amplitudes térmicas y temperaturas medias que se encuentran entre 8°C y 12°C.

Esta zona está subdividida en dos sub zonas: Sub zona IIa con amplitudes térmicas mayores de 14 °C y la Sub zona IIb con amplitudes térmicas menores de 14 °C.

#### **Recomendaciones de diseño:**

Se tendrán en cuenta las consideradas en la zona muy cálida, salvo para la orientación.

*Orientación:* Dada la característica cálida de la zona son favorables las orientaciones de bajo asoleamiento como la Norte y Sur.

Deberán evitarse por todos los medios las orientaciones Este y Oeste, debido a que la baja altura del sol provoca recalentamientos en los ambientes agravando la situación de "discomfort".

### **ZONA III: Templada Cálida**

Está comprendida por una faja de extensión Este-Oeste, centrada alrededor de los 35° de latitud sur y otra Norte-sur, situada en las estribaciones montañosas del Noroeste, sobre la Cordillera de los Andes y limitada por las isolíneas de TEC 24,6 °C y 22,9 °C. El período estival es relativamente caluroso, presentando temperaturas medias entre 20 °C y 26 °C, con máximas que superan los 30 °C, en la porción Este-Oeste.

El período invernal no es muy frío presentando temperaturas medias entre 8 °C y 12 °C, y con mínimos que rara vez alcanzan los 0 °C. Las tensiones de vapor son bajas durante todo el año, con valores máximos en verano que no superen, en promedio, los 1870 Pa (14 mm Hg).

Esta zona se subdivide en dos: Sub zona IIIa con amplitudes térmicas mayores de 14°C y la Sub zona IIIb con amplitudes térmicas menores de 14°C.

#### **Recomendaciones de diseño:**

*Color:* Valdrán las mismas recomendaciones de la Zona Muy Cálida.

*Aislación térmica:* Buena aislación en toda la envolvente, recomendándose el doble de aislación en techos respecto de muros. En la sub zona húmeda se verificará el riesgo de condensación. La relación entre la superficie vidriada y la

superficie opaca no deberá superar el 20 %. Se recomienda el uso de edificios agrupados y la utilización de la inercia térmica en la sub zona seca.

*Radiación solar:* Todas las aberturas deberán tener sistemas de protección solar, evitando en lo posible la orientación oeste.

*Orientación:* Para latitudes superiores a los 30°, la orientación óptima es la NO-N-NE-E. Para latitudes inferiores a los 30° la orientación óptima es la NO-N-NE-E-SE.

*Ventilación:* Se evitará la ventilación cruzada en la sub zona seca, favoreciendo la ventilación selectiva y lo inverso en la sub zona húmeda.

*Vientos:* Esta zona no presenta condiciones rigurosas de vientos. En el período estival se recomienda aprovechar los vientos del N-NE durante el día y del S-SE durante la noche. En la sub zona IIIb (costera) deberá evitarse la orientación SE por las frecuentes tormentas invernales. De no ser posible las aberturas tendrán reducidas dimensiones y una excelente estanquidad.

#### **ZONA IV: Templada Fría**

Se ubica en una faja meridional paralela a la Zona III, ubicada en mayor altura de la Cordillera de los Andes y la región llana del centro y Sur del territorio, que alcanza la costa atlántica de la Provincia de Buenos Aires y Río Negro.

Tiene como límite superior la isolínea de 1170 grados día (coincidente con la isolínea de 22,9 °C de TEC), y como línea inferior la isolínea de 1950 grados día.

El período estival no es riguroso, con temperaturas máximas promedio que no superan los 30 °C. Los inviernos son fríos, con valores medios entre 4 °C y 8 °C, y las mínimas medias alcanzan muchas veces valores inferiores a 0°C.

Las tensiones de vapor alcanzan en verano sus máximos valores, no superando los valores medios los 1333 Pa (10 mm Hg).

Esta zona se sub divide en cuatro sub zonas mediante las líneas de amplitud térmica 14 °C y 18 °C: Sub zona IVa de montaña, Sub zona IVb de máxima irradiancia, Sub zona IVc de transición y Sub zona IVd marítima.

#### **Recomendaciones de diseño:**

*Aislación térmica:* Se recomienda una muy buena aislación en toda la envolvente, sugiriendo el doble de aislación en techos respecto de muros. En las sub zonas a y b que poseen las mayores amplitudes térmicas del país se agruparán los edificios favoreciendo la mejora de la inercia térmica. Esta recomendación disminuirá progresivamente hacia la sub zona d. La relación entre la superficie

vidriada superficie y la opaca no deberá superar el 15 %. En las sub zonas c y d se verificará el riesgo de condensación controlando los puentes térmicos.

*Radiación solar:* Las sub zonas a y b poseen una excelente radiación solar potencial en el invierno, que deberá ser aprovechada recomendándose no solo la ganancia directa, sino la utilización de toda captación y acumulación solar pasiva. Mientras que la sub zona d, debido a una alta nubosidad, no posee recurso solar significativo. Se recomienda para ésta una fuerte aislación y control de infiltraciones.

*Orientaciones:* Para latitudes superiores a 30° la orientación favorable es la NO-N-NE-E. Para latitudes inferiores a 30° la orientación favorable es la NO-N-NE-E-SE.

*Ventilación:* En las sub zonas secas se recomienda ventilación selectiva con inercia térmica y en las sub zonas húmedas deberá controlarse la infiltración en el período invernal y favorecer la ventilación cruzada en el verano.

## ZONA V: Fría

Se encuentra ubicada sobre una larga faja Norte-Sur a los largo de la Cordillera y la región central de la Patagonia. Está limitada entre las isolíneas de 1950 y 2730 grados día.

En el invierno las temperaturas medias del orden de 4 °C con mínimas inferiores a 0 °C, lo caracterizan como riguroso. En verano los días son frescos, con temperaturas medias inferiores a los 16 °C. Las tensiones de vapor son muy bajas, con valores medios inferiores a los 1300 Pa (10 mm Hg).

### Recomendaciones de diseño:

*Aislación térmica:* La aislación en paredes, pisos y techos será un factor primordial. Las ventanas, salvo la orientación norte, serán lo más reducidas posible. Deberán evaluarse los riesgos de condensación superficial e intersticial y evitarse los puentes térmicos.

*Radiación solar:* La radiación solar en esta zona no permite la realización de edificios totalmente solares debido a la alta nubosidad y escasas horas de sol invernales. Se recomienda evitar o minimizar las aberturas en el cuadrante SE-S-SO, generando galerías vidriadas en las fachadas NE-N-NO que capten radiación durante el día y amortigüen las pérdidas durante la noche.

*Orientaciones:* El asoleamiento es necesario en todas las épocas del año por las bajas temperaturas. Por lo tanto, las orientaciones favorables son las de máxima ganancia de calor radiante, siendo las mismas NE-N-NO.

*Ventilación:* Los fuertes vientos presentes a lo largo del año hacen que sea necesario favorecer la estanquidad del edificio con un eficiente control de infiltraciones.

## **ZONA VI: Muy Fría**

Comprende toda la extensión de las altas cumbres de la Cordillera de los Andes y el extremo Sur de la Patagonia, Tierra del Fuego, Islas Malvinas y Antártida. Donde los valores en grados día son superiores a 2730.

En verano las temperaturas medias son inferiores a los 12 °C, y en invierno no superan los 4 °C. Las tensiones de vapor son, durante todo el año, inferiores a los 1700 Pa (8 mm Hg). La faja comprendida al norte del paralelo 37° presenta la rigurosidad propia de la altura. Las velocidades del viento oscilan entre los 15 y 30 km/h, con velocidades máximas que alcanzan los 100 km/h.

### **Recomendaciones de diseño:**

Valen las recomendaciones para la Zona V, pero en forma más acentuada. Al sur del paralelo 38° se presentan altas amplitudes térmicas durante buena parte del año. Se recomienda una mayor inercia térmica en las estructuras.

*Radiación solar:* Deberán considerarse las mismas recomendaciones de la Zona V haciendo la salvedad para el asoleamiento mientras que las características climáticas sean relativamente homogéneas, ya que éste depende de la latitud.

*Orientaciones:* La orientación óptima en latitudes superiores a los 30°, es la NO-N-NE-E, y para latitudes inferiores la óptima es NO-N-NE-E-SE.

## **5.7 Estrategias de diseño pasivo**

Una vez realizado un buen análisis de las características climáticas y micro climáticas del emplazamiento del proyecto, se deben tomar decisiones de diseño para aprovechar las ventajas del clima y minimizar sus desventajas, con el objetivo de alcanzar el confort de los usuarios de las edificaciones con un mínimo consumo de energía.

*"La energía más económica es la que no se consume..."*

Como ya mencionamos, la arquitectura bioclimática utiliza estrategias de diseño pasivo para su materialización. Se denomina estrategias pasivas a aquellas pautas que contemplan el clima y no requieren de ningún componente eléctrico o mecánico para su funcionamiento.

En este capítulo, se prestará especial atención a tres componentes que inciden en el comportamiento energético de un edificio: Forma, Orientación y Materialidad.

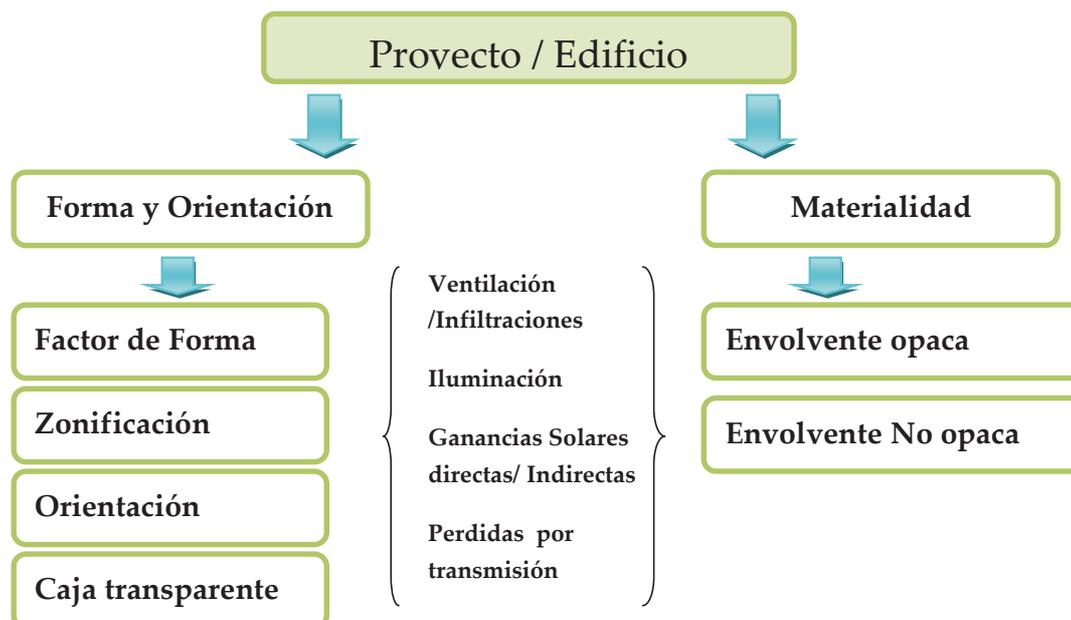


Figura 5-8: Forma, orientación y materialidad. Tres elementos que inciden en el comportamiento energético de un edificio.

### 5.7.1 Forma y Orientación del Edificio

La orientación de los edificios determina en gran parte la demanda energética de calefacción y refrigeración que tendrán en el futuro. Una buena orientación podría minimizar considerablemente las demandas energéticas a través del control de las ganancias solares.

Las escuelas públicas se caracterizan por altas ganancias internas generadas por usuarios, equipos e iluminación, por lo que se recomienda – siempre que sea posible – una orientación norte y sur de sus fachadas principales, ya que esto facilita las estrategias de protección de fachadas. Una orientación oriente y poniente es menos recomendable, ya que la incidencia solar es más compleja de controlar en estas fachadas.

La orientación de un edificio afecta directamente las condiciones de confort, en dos aspectos que regulan su comportamiento.

- a. **La radiación solar y su efecto de calentamiento sobre las paredes y las fachadas.**
- b. **La ventilación y los problemas asociados entre la orientación del edificio y los vientos predominantes de la zona.**

La consideración de estos dos factores, pueden llevar a resultados contradictorios. Es decir una determinada orientación, en un clima cálido por ejemplo, puede resultar en temperaturas interiores más bajas, mientras que en otro clima tenga como consecuencia un sobrecalentamiento. La elección de la orientación, debe estar basada en

la ventaja cuantitativa de la intensidad de radiación solar, heliofanía, velocidad y dirección de viento.

Una de las características de la arquitectura moderna es el sobre dimensionamiento de grandes superficies vidriadas, que en muchos casos representa la totalidad de una fachada o más. Esto sumado a la utilización de estructuras livianas, ha causado una serie de cambios entre la relación climática exterior e interior, y el sobrecalentamiento de los mismos, es tanto un problema, inclusive en regiones de climas fríos.

En este capítulo analizaremos las características de elementos de la envolvente que llamaremos semitransparentes, constituidos por vidrios y plásticos que tienen la habilidad de transmitir energía solar directamente. Esto comprende radiación de longitud de onda corta, que se encuentra dentro del espectro electromagnético visible, aunque en ciertas ocasiones la radiación infrarroja puede también ser transmitida.

De los elementos semitransparentes diremos entonces, que la radiación incidente sobre un plano es dividida en tres componentes, una parte reflejada, una parte transmitida, y otra parte absorbida y reemitida tanto al interior como al exterior, con longitud de onda larga. La proporción relativa de estos tres componentes va a estar dada por el ángulo de incidencia y las características espectrales del vidrio.

En elementos opacos, solo existen dos componentes, una parte reflejada y otra absorbida y retransmitida hacia el interior. Es decir que la radiación solar no se transmite directamente hacia el interior a través de un elemento opaco. Entonces, diremos que toda forma de aprovechar este recurso a través de elementos opacos es una ganancia solar indirecta.

El efecto térmico de elementos semitransparentes de la envolvente puede considerarse de dos maneras:

Propicio para meses de invierno con bajas temperaturas. Se aprovecha la radiación solar durante las horas del día, aunque gran parte del calor se perderá por conducción durante las horas nocturnas, dado que el vidrio es menor aislante que los elementos opacos de la envolvente. Es por eso que hay que tener en consideración la superficie de los elementos semitransparentes.

Por otro lado, puede resultar no beneficioso en los meses de verano, sobretodo sino se considera algún tipo de protección solar exterior que bloquee la radiación solar directa.

El sombreado sobre superficies semitransparentes afecta la cantidad de radiación solar incidente y por ende la cantidad de flujo de calor hacia el interior. Cuando la radiación es interceptada desde el exterior del vidrio, una parte es reflejada hacia el exterior y otra parte es absorbida por el dispositivo de control solar, generando en consecuencia un aumento de temperatura de la superficie. Cuando el sombreado, es interior, como lo puede ser una cortina tipo "black out" o veneciana, la radiación solar

es transmitida a través del vidrio antes de ser interceptada. Por lo tanto, es calor que ingresó a la instalación.

**El vidrio transmite radiación de una manera selectiva, deja pasar radiación solar de onda corta a través del mismo, pero atrapa la radiación de onda larga que emiten los materiales luego de múltiples reflexiones absorciones y emisiones.**

En climas fríos, el principal problema es asegurar una mínima cantidad de radiación solar para lograr una adecuada iluminación natural y contrarrestar la demanda de calefacción. En regiones tropicales, el principal objetivo es prevenir el sobrecalentamiento debido a radiación solar indeseada, mientras que en climas subtropicales, como lo es en Argentina, coexisten ambos problemas. Asegurar ganancia de radiación en invierno, y prevenir sobre calentamiento en verano.

El efecto térmico de la ventana depende principalmente de las condiciones de sombreado. Cuando las ventanas se encuentran abiertas y sombreadas, permite que el interior de un local se asemeje a una temperatura similar a la exterior (en la sombra). Esto no solo se produce por una alta tasa de ventilación, sino además a la poca resistencia térmica que ofrece un elemento vidriado o semitransparente comparado a un muro.

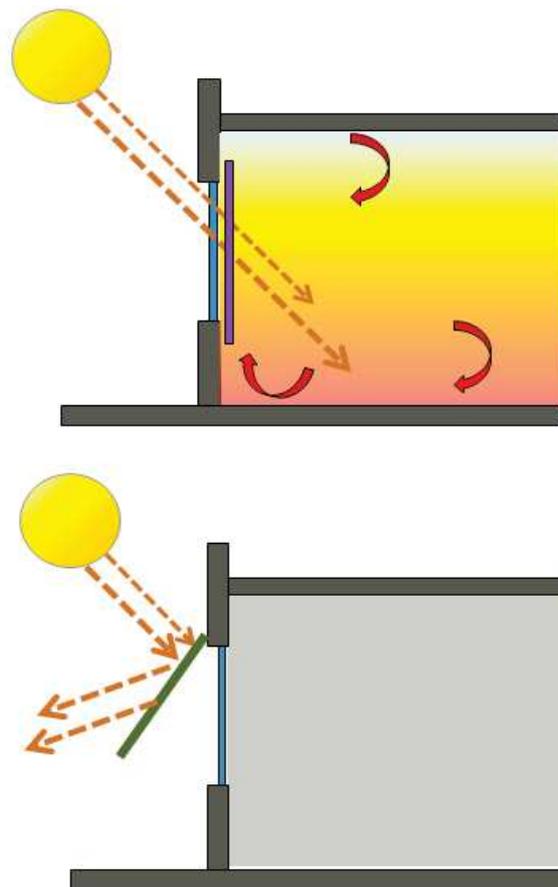


Figura 5-9: Condiciones de sombreado.

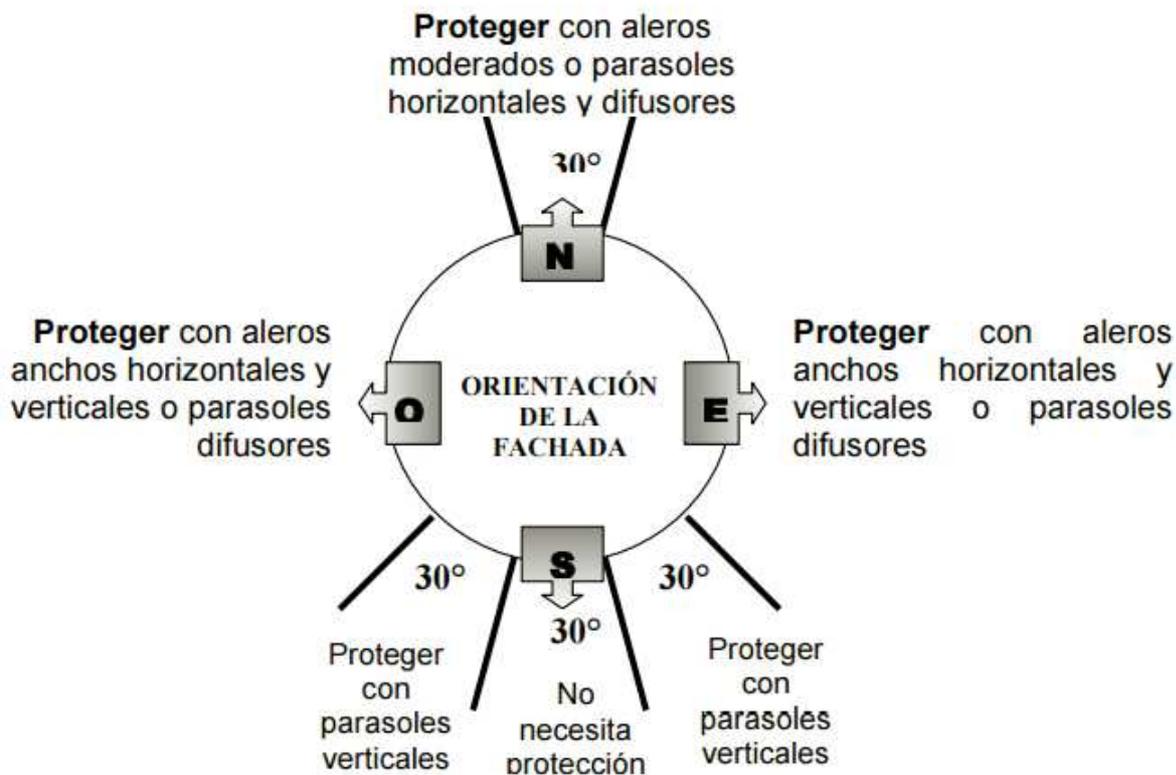


Figura 5-10: Recomendaciones de protecciones.

La organización espacial de un edificio deberá ser pensada en función de las actividades que tienen lugar allí, de los momentos de ocupación del local y de la trayectoria solar.

En general, si consideramos las orientaciones debemos saber que la radiación solar es máxima sobre la fachada Norte especialmente en invierno y las estaciones intermedias. Durante el verano es más fácil protegerse del sol ya que el sol tiene una mayor altura. Los espacios orientados al Este tienen el beneficio del sol de mañana, pero la radiación solar es difícil de dominar, los rayos son bajos en el horizonte. La orientación Oeste asegura una insolación directa en la tarde, las ventanas con esta orientación generan ganancias solares en los momentos en que el edificio ha sido utilizado durante gran parte de la jornada. Las aberturas orientadas al Sur se benefician durante todo el año de una luz pareja y de una radiación solar difusa.

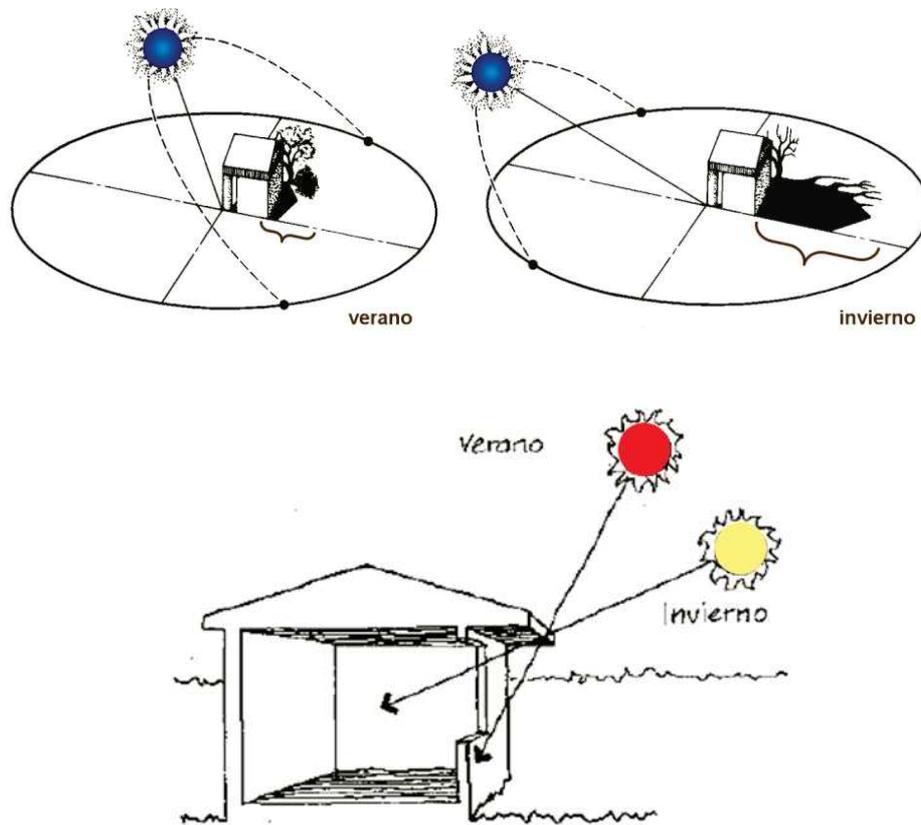


Figura 5-11: Asoleamiento Invierno-Verano.

El Capítulo 31-Fenestration del Manual ASHRAE Fundamentals 2005, describe un procedimiento para cálculo de protecciones solares exteriores. Aquí en el capítulo, a modo ilustrativo, y mediante ejemplos a través de la carta solar, resumiremos las estrategias más eficientes y prácticas para controlar radiación solar sobre fachadas expuestas.

### 5.7.2 Fachadas Norte, Noreste y Noroeste

En latitudes subtropicales, las fachadas al norte, reciben muchas horas de radiación solar durante el invierno, y relativamente pocas, en verano debido a que su altitud es mayor. Por ende, la radiación sobre estas fachadas es un recurso aprovechable en invierno, pero hay que saber protegerse en verano. Para el periodo del verano, existen varias opciones de protección: Se puede realizar mediante un alero (Fijo), el cual debe contar con una profundidad conveniente para garantizar sombra sobre el plano que se desea proteger. Para orientaciones Norte, Ne, NO, protecciones solares horizontales son más efectivos que los verticales: Aleros, toldos, parasoles horizontales.

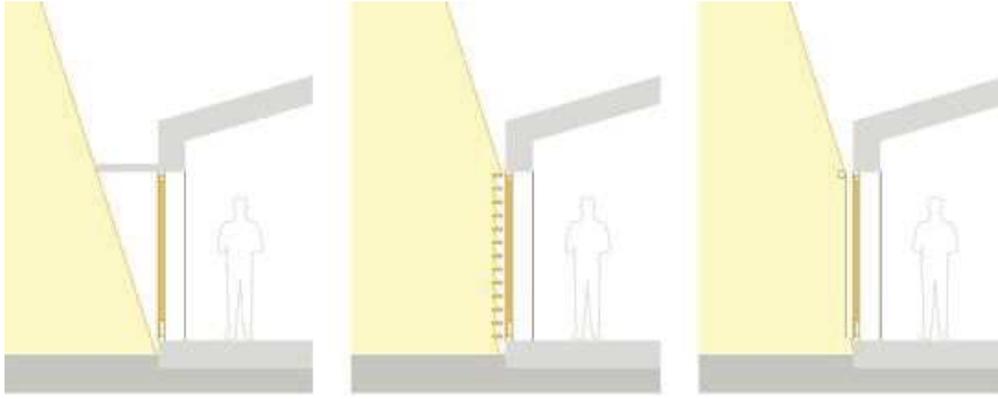


Figura 5-12: Distintas soluciones a un mismo problema. Control mediante alero en la parte superior, parasoles horizontales exteriores, cortinas exteriores.

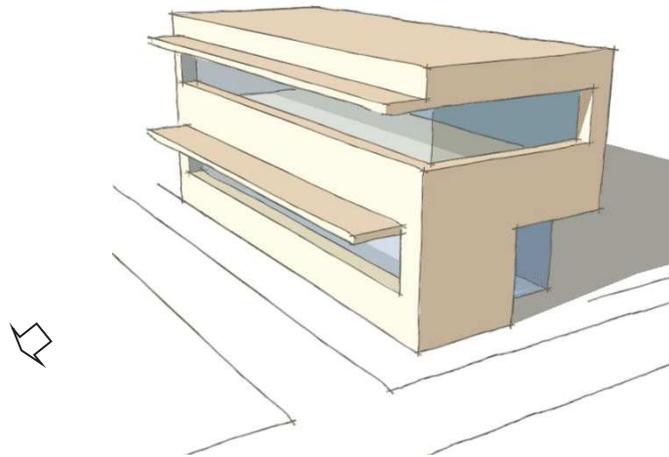


Figura 5-13: Alero horizontal sobre fachada Norte.

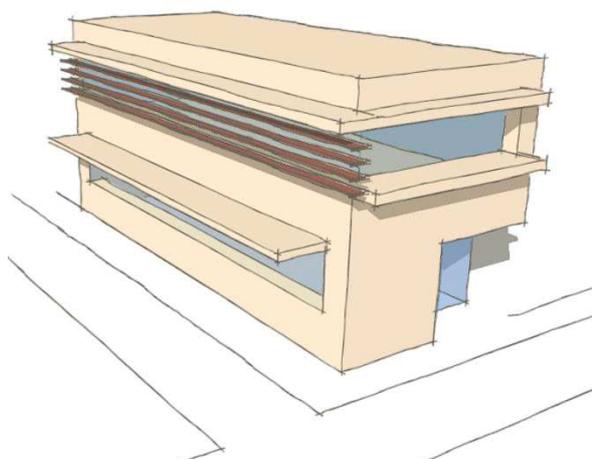


Figura 5-14: Parasoles horizontales sobre fachada Norte.

### 5.7.3 Fachadas Este-Oeste

Hay que tener ciertas consideraciones para estas fachadas, ya que no contemplar alguna estrategia de control solar, puede tener como consecuencias un sobrecalentamiento en verano, y posiblemente en los meses de primavera y otoño, dependiendo de la orientación y superficie de áreas vidriadas. Durante el solsticio de verano, hay que prevenir la radiación durante las primeras y últimas horas del día. Para las fachadas al este, se pueden utilizar tanto parasoles horizontales como verticales, en tanto sobre las fachadas al oeste es recomendable utilizar lamas en sentido vertical, y en lo posible con una rotación hacia la cara norte.

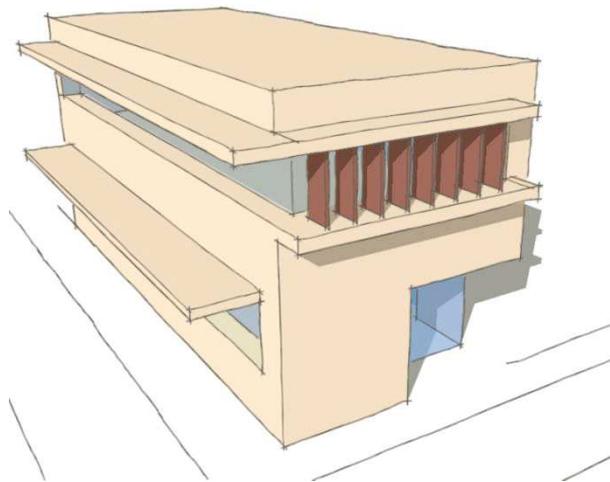


Figura 5-15: Parasoles verticales sobre fachada Oeste.



Figura 5-16: Detalle de parasoles verticales.

### 5.7.4 Fachadas Sur

La incidencia de radiación solar directa, se puede considerar despreciable durante todo el año. No obstante la iluminación difusa propia de las fachadas del sur es muy beneficiosa para realizar actividades de lectura, propias de un aula o taller. Se recomienda, para optimizar el uso de luz natural, ventanas en forma horizontal en altura. Hay que tener en consideración que el aumento de la superficie vidriada sobre la cara sur, es positivo en cuanto a iluminación natural, pero va en detrimento del consumo energético para acondicionamiento en invierno. Se justifica orientar un espacio al sur cuando se necesita luz homogénea, poco variable o difusa.

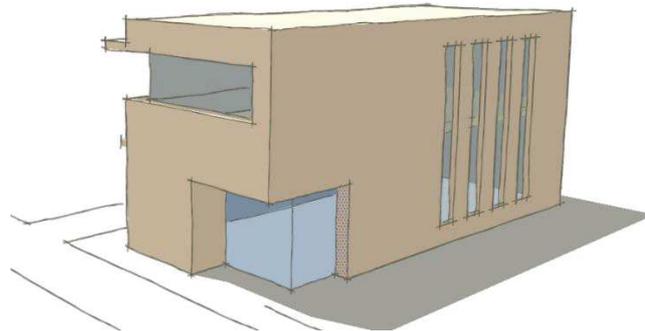


Figura 5-17: Aventanamiento vertical fachada Sur.

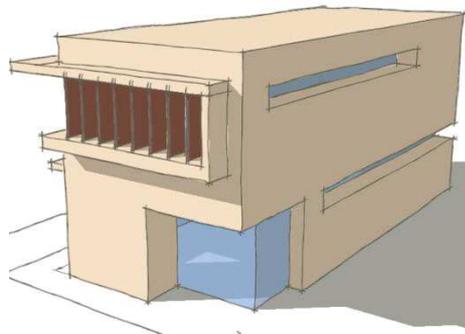


Figura 5-18: Aventanamiento horizontal fachada Sur.

### 5.7.5 Características de los vidrios

En términos energéticos, hay dos características del vidrio importantes, por un lado su capacidad de aislación térmica de conducción, y por otro su capacidad de absorber, reflejar y transmitir radiación. Nos limitaremos a conocer su transmitancia térmica ( $K=w/m^2K$ ) y el factor solar (adimensional).

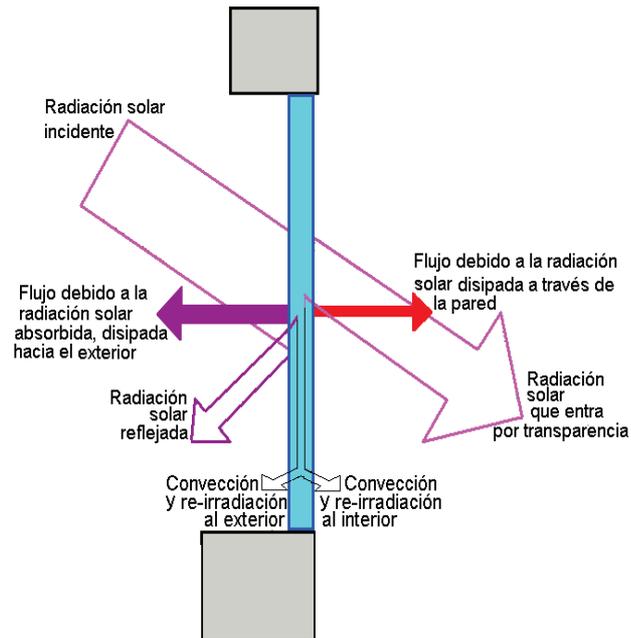


Figura 5-19: Características físicas del vidrio.

El factor solar es una medida de la energía solar que entra al edificio a través de la ventana. Un coeficiente más bajo reducirá los costos de climatización y proporcionará una condición más confortable cerca de la ventana para aquellos días calurosos.

$$FS = \frac{\text{Energía que atraviesa un vidrio}}{\text{Energía que incide en el plano}}$$

A continuación se detallan los valores de Transmitancia Térmica y Factor Solar de los vidrios mayormente utilizados:

Vidrio Simple 4mm	DVH 4+12+4	DVH 4+12+4 + Low-e	DVH 4+12+4 + Low-e
K= 5,80 W/m2K	K= 2,80 W/m2K	K= 1,60 W/m2K	K= 1,2 W/m2K
FS= 0,87	FS= 0,78	FS= 0,49	FS= 0,3

Tabla 5-2: Transmitancia Térmica y Factor Solar.

Hay elementos semitransparentes, que pueden mejorar la capacidad de aislación de la envolvente, aun pudiendo transmitir radiación solar. Esto puede lograrse a través de un doble vidriado hermético también conocido como DVH.

El DVH es un sistema compuesto por dos o más vidrios separados entre sí por un espacio de aire seco y estanco, herméticamente sellado al paso de la humedad y el vapor de agua. Las hojas de vidrio se encuentran separadas entre sí, por un perfil metálico perimetral, formando una cámara de aire deshidratado cuyo espesor puede ser comúnmente de 6; 9; 12 o 19 mm. La cámara de aire tiene por objeto crear una potente resistencia a los flujos de calor debido a que no está vacía sino que contiene aire seco en reposo, obtenido por medio de sales higroscópicas ubicadas en el interior del perfil perimetral y comunicadas a la cámara a través de pequeñas perforaciones en el mismo. Para que sea efectiva, la cámara de aire debe tener un espesor no menor a 5 mm ni mayor a 20 mm.

El doble vidriado hermético puede contar en una de las caras (2 o 3) del acristalamiento que encierra la cámara de aire, con una película de baja Emisividad. La función que cumple dicha lámina es la de aumentar la resistencia térmica de la cámara de aire y por lo tanto disminuir la transmitancia térmica del DVH. Para el control de la radiación solar, también existe una lámina de control que se coloca sobre la cara 1 o 2, con el fin de disminuir el factor solar, y así reducir la cantidad de energía que ingresa por el elemento vidriado.

El reemplazo del espacio de aire por un gas inerte, generalmente argón, genera una mayor resistencia térmica de la cámara, debido que este tipo de gases posee una conductividad térmica menor que la del aire. Un DVH puede alcanzar un nivel de aislación térmica similar al de un cerramiento opaco si presenta todas las características descritas anteriormente. **El valor aproximado de transmitancia térmica de un elemento vidriado puede llegar a 1,2 W/m<sup>2</sup>K.**

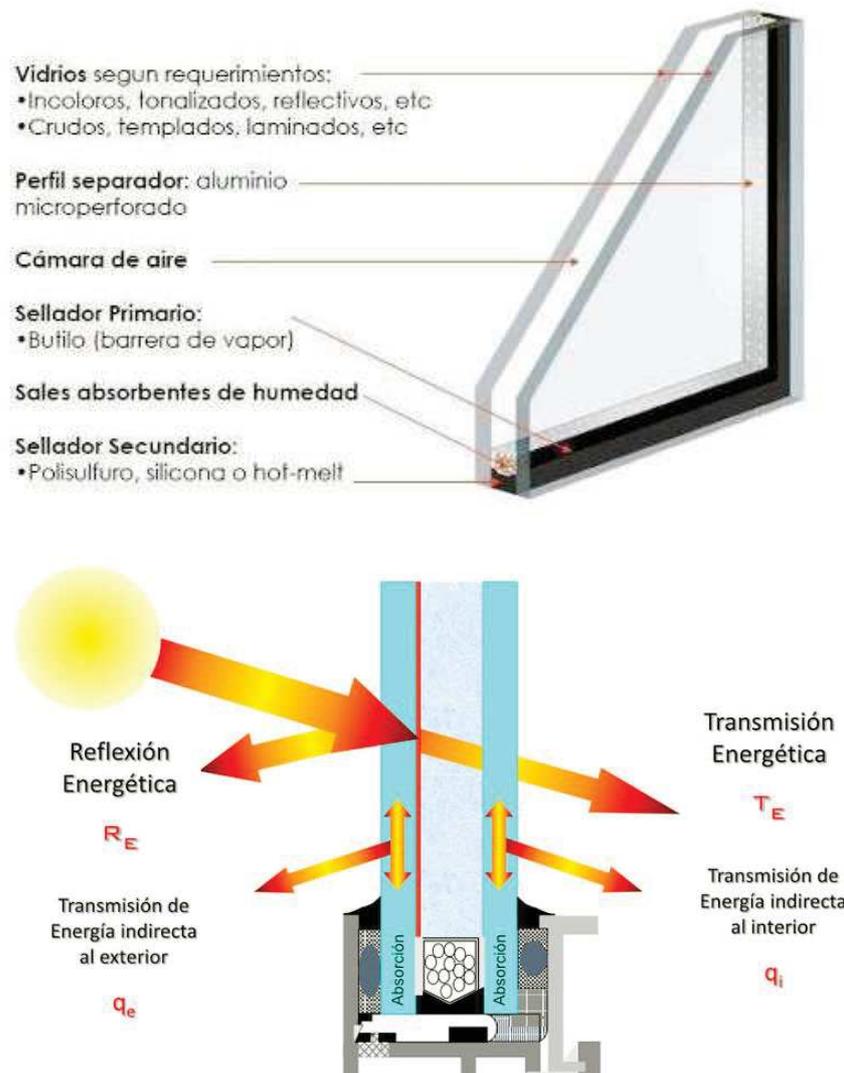


Tabla 5-3: Componentes de un Doble Vidriado Hermético.

#### ❖ Ejemplo de aplicación. Las ventanas y el factor solar.

Suponiendo que se está evaluando energéticamente un aula. Al cabo de un determinado periodo, se observa en la misma, una situación de desconfort térmico entre las 14 y las 18 horas durante los meses de octubre y noviembre. Evaluando que las instalaciones se encuentran en buen estado, como siguiente paso se debe analizar las características edilicias, como materialidad y orientación. Luego del relevamiento, se observa que se trata de un aula cuyas ventanas presentan una superficie total de 10 m<sup>2</sup> orientadas al oeste, y que las mismas están constituidas por un vidrio simple, y carecen de algún tipo de protección solar.

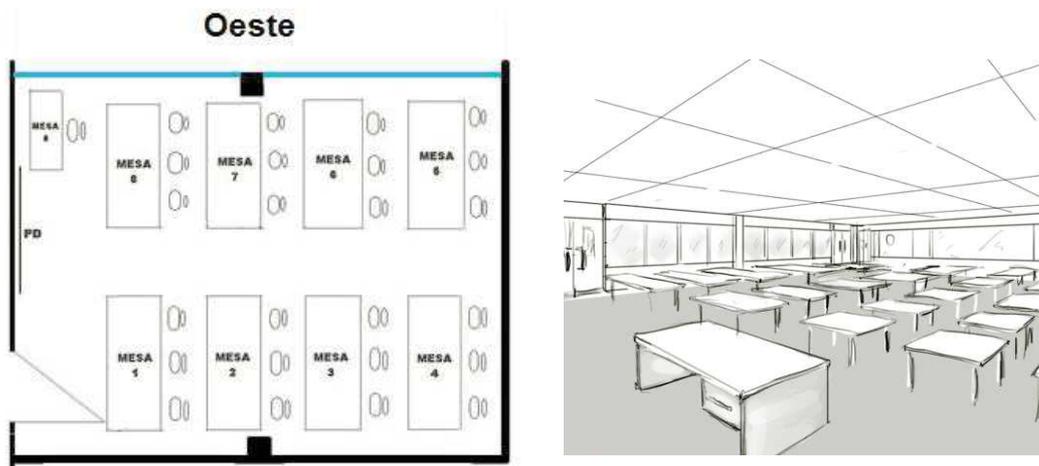


Tabla 5-4: Ejemplo de un aula con problemas de sobrecalentamiento sobre hora se la tarde.

Se puede inferir, que el factor solar del vidrio en cuestión es de 0,87, como figura en la Tabla 5-2. Esto significa que si la radiación solar disponible a las 17:00 horas es de 650 W/m<sup>2</sup> sobre el plano de la ventana, la cantidad de radiación que ingresara al local será de 566 W/m<sup>2</sup>. Si se trata de una ventana de 10 m<sup>2</sup>, significa que durante una hora de la tarde ingresa al local una energía de 5,7 kWh. Si a eso le sumamos los 25 alumnos que asisten a esa clase, que generan un calor metabólico a razón de 160 W por alumno, dicha carga térmica aumentaría 4,0 kWh más en esa hora. Sin contemplar pérdidas por transmisión a través de la envolvente, y el aporte de algún artefacto eléctrico que aumentase la carga térmica, se estaría necesitando una potencia frigorífica superior a 9,7 kW para garantizar una situación de confort térmico.

Observando solo la carga de radiación y de cargas internas podemos notar que es superior a la capacidad del aire acondicionado instalado (7,5 kW), por lo que estaríamos en condiciones de ratificar el problema de la situación de no confort higrotérmico en el aula.

Sobre el calor disipado de los alumnos no se puede hacer nada (eventualmente alguna ventilación natural), pero sí se puede reducir la carga térmica proveniente de la radiación solar que incide sobre la fachada expuesta orientada al oeste. Una opción viable es utilizar algún sistema de protección solar exterior, o bien modificar el factor solar del vidrio sin necesidad de reemplazarlo. Esto se puede realizar mediante la adherencia de un film sobre la cara interior, también conocidas como láminas de control solar (LCS). El factor solar de un vidrio con una LCS es de 0,51.

Si analizamos la carga térmica por radiación a las 17:00 horas,  $E_i = 650 \text{ W/m}^2 \times \text{FS} \times 10 \text{ m}^2 = 3,3 \text{ kWh}$  y se consideran las cargas internas de las personas, la carga total es de 7,3 kWh. Esto significa que la carga térmica del local es inferior a la capacidad frigorífica instalada. He aquí la importancia de conocer el factor solar de los elementos vidriados y cuáles son sus beneficios en términos energéticos. Cabe destacar, que al disminuir el factor solar, también se reduce la transmitancia visible, por lo que el nivel de iluminancia va a ser inferior, aunque controlado.

### 5.7.6 Iluminación Natural

Existe una serie de factores que son determinantes para el mejor aprovechamiento de la luz natural; aquellos que dependen de la geografía y el clima, y aquellos que dependen directamente del diseño tales como la geometría del edificio, las formas y dimensión de los vanos o aberturas. A su vez existen factores que influyen directamente en el ahorro energético en materia de iluminación. Estos son los dispositivos de control del sistema de iluminación artificial que permiten la omisión parcial o total de la luz eléctrica. La luz del día no sólo permite iluminar un espacio interior, sino que permite la conexión con el exterior a través de las vistas y a su vez permite la ventilación pasiva. Entonces, la cuestión es cómo manejarla y utilizarla para aumentar el confort de los ocupantes, el bienestar, y en última instancia, la productividad dentro de un espacio.

Para un buen proyecto de iluminación aconsejamos al lector basarse en cinco estrategias básicas que se explican en el presente capítulo.

La orientación, no solo tendrá impacto en el comportamiento térmico del edificio, sino también modificará el acceso de la luz natural a la mayoría de los locales. En la Figura 5-20 se muestran las ventajas y desventajas de las geometrías y su orientación.

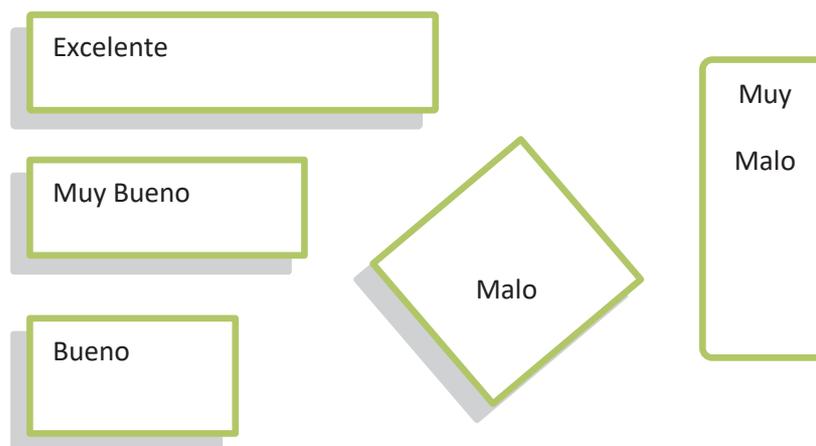


Figura 5-20: Orientación favorable y desfavorable de los edificios para que la mayoría de los espacios tengan luz natural. Publicación Andrea Pattini.

#### Encontrar el equilibrio justo

El objetivo de contar con una construcción sostenible en la etapa operativa del edificio, consiste entre otras cosas en encontrar el mejor equilibrio entre el suministro de luz, las pérdidas de calor, las ventanas con vistas al exterior, el riesgo de sobrecalentamiento debido a un exceso de las ganancias solares, la necesidad de privacidad, el potencial de ventilación, así como la composición de la fachada y de los espacios.

Como se puede observar, ninguna estrategia está aislada, sino que están todas concatenadas y tienen influencias positivas y negativas sobre otras. El objetivo es

valorar, aquellas que representen un mayor ahorro energético. Particularmente, en el caso de las escuelas, el tema de la iluminación natural, es muy importante. Se podría incluso llegar a priorizar la iluminación natural sobre las pérdidas por las ventanas. Esto se fundamenta en que en las escuelas hay un gran aporte de ganancias internas, no solamente del calor metabólico de las personas, sino también de los artefactos de iluminación, que puedan a llegar a compensar la baja resistencia térmica de las ventanas. No obstante ambos recursos pueden ser utilizados de manera complementaria. Es decir, se puede obtener una cantidad mínima de radiación solar, aunque controlada en el interior del local, para que permita un confort lumínico. Un recurso muy útil es generar superficies de reflexión en el lado interior, para controlar la radiación directa. Puede ser un armario bajo ventana, o simplemente un alero interno. En el segundo caso de la Figura 5-21, cuando estamos en presencia de grandes aventanamientos, por un lado tenemos una gran cantidad de radiación solar, pero la misma no garantiza un confort lumínico. Se puede optar por la utilización de cortinas interiores, pero esta estrategia no evita el sobrecalentamiento del local.

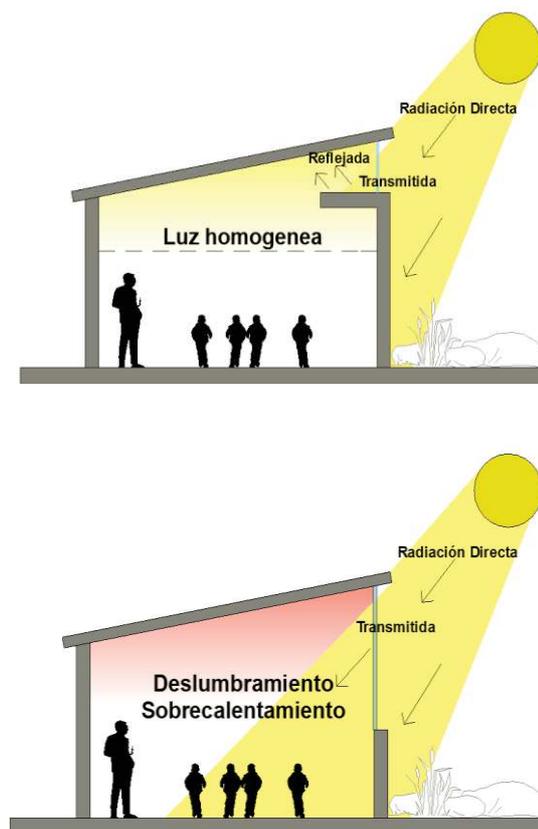


Figura 5-21: Control de la radiación solar para mejorar la calidad de iluminación interior.

### 5.7.7 Ventilación natural

Uno de los fines de la arquitectura bioclimática es asegurar una adecuada calidad del aire contenido en el interior de las edificaciones. Las condiciones de ventilación dentro de un edificio, son los factores determinantes sobre la salud humana, el confort, y bienestar. La ventilación tiene un efecto directo con el cuerpo humano a través de los

efectos fisiológicos vinculados con la calidad del aire y un efecto indirecto en la influencia de la temperatura y humedad de las condiciones de un local.

La ventilación cumple 3 funciones diferentes:

1. Mantener una calidad del aire por encima de un nivel requerido, garantizando condiciones de salubridad, mediante el reemplazo de aire interior, viciado en el proceso de ocupación, por aire fresco.
2. Proveer confort térmico aumentando el calor perdido por el cuerpo humano y prevenir disconfort a causa de la evaporación de la humedad de la piel.
3. Enfriar el edificio cuando las temperaturas interiores se encuentran por encima de la temperatura exterior, y evitar así la necesidad de energía para refrigeración.

EL aire exterior contiene en promedio un 21% de oxígeno, de 0,03 a 0,04 % de dióxido de carbono, 78 % de Nitrógeno, 1 % de gases inertes (mayormente Argón) y entre 5 y 25 gramos de vapor de agua por m<sup>3</sup> de aire. En edificios ocupados, la composición y calidad de aire se ve afectada por el proceso de ocupación. El Dióxido de carbono y el vapor de agua son emitidos por los pulmones y las bacterias son descargadas con la respiración, y estornudos. El Aire expirado contiene 16,3 % de Oxígeno, 4 % de dióxido de carbono, 79,7 % de nitrógeno y otros gases emitidos por el cuerpo (amoníaco) y aproximadamente 45 g de vapor de agua por m<sup>3</sup> de aire.

**Es común en muchas edificaciones tener problemas como la humedad, el moho, la proliferación de los ácaros del polvo, la acumulación de partículas de suciedad y el disconfort térmico derivados de construcciones no planificadas que no aprovechan el viento, un recurso natural y renovable, para garantizar un entorno saludable.**

El uso apropiado de esta fuente genera diversas ventajas para los edificios, manteniendo la calidad del aire interior por el constante cambio, creando entornos saludables y confortables, mientras que reduce la demanda de energía. El volumen de aire fresco requerido por persona ( $Q = \text{m}^3/\text{h}$ ), para mantener una concentración de dióxido de carbono debajo del 0,5 %, cuando el volumen producido es  $q$  [l/h] está dado por la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{q \cdot 100}{(0,5 - 0,05) \cdot 1000} = \frac{q}{4,5} \text{ (m}^3/\text{h por persona)}$$

Para actividades sedentarias cuando la producción de dióxido de carbono ( $q$ ) es de 18 l/h debe tenerse en cuenta la necesidad de mantener el adecuado equilibrio entre el cumplimiento de las necesidades de ventilación y la repercusión que ello tiene sobre el incremento de la demanda energética.

En este capítulo, solo se tratara las ventilaciones naturales, sin necesidad de un sistema electro-mecánico.

### Factores que influyen en la ventilación natural

La ventilación natural se puede conseguir por el movimiento del aire dentro del edificio sin la inducción por sistemas mecánicos. Este movimiento se produce a causa de la diferencia de presión de aire, ya sea por la influencia del viento o por las distintas densidades del aire a causa de la diferencia de temperatura. Sin embargo, para diseñar espacios con ventilación adecuada no es suficiente hacer techos altos o usar la ventilación cruzada, es saber que el aire caliente asciende mientras que el frío desciende. Hay varias cuestiones que deben ser observadas antes de hacer el croquis inicial de un proyecto relacionado con el medio ambiente y el clima local. Entre las características físicas que influyen en la ventilación de un edificio encontramos:

- Los vientos dominantes locales (frecuencia, dirección y velocidad);
- La radiación solar, de acuerdo con cada ambiente;
- La humedad relativa del aire.

Para garantizar el confort térmico a través de la ventilación es necesario dimensionar la tasa apropiada de flujo de aire, manteniendo el equilibrio entre la temperatura y presión de los espacios. Si no se planifica adecuadamente, la ventilación natural puede causar molestias y el enfriamiento no deseado.

### Ventilación Cruzada

La ventilación cruzada se produce cuando hay al menos dos aberturas en lados opuestos de los espacios, lo que permite la completa circulación del aire. La colocación de las aberturas debe tener en cuenta el efecto de los vientos predominantes en cada zona.

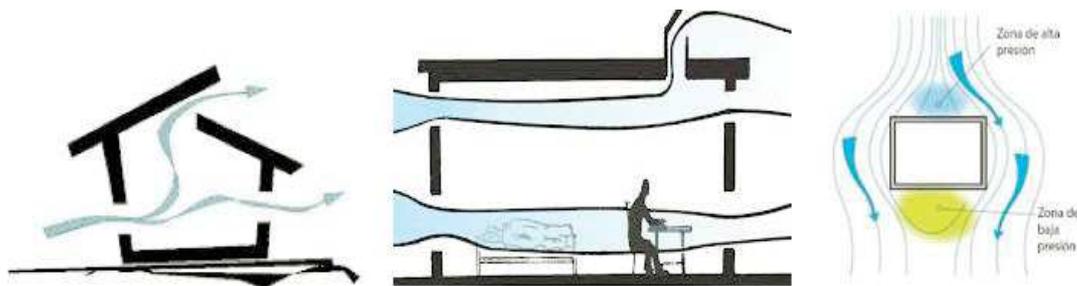


Figura 5-22: Esquema de ventilación cruzada.

### Ventilación por diferencia de temperatura del aire

Es conocido el hecho de que el aire caliente se eleva, ya que tiene menor densidad, y cae el aire más pesado, más fresco. Sistemas de inducción térmica pueden desarrollarse a partir de esta premisa. Entradas de aire próximas al suelo permiten la entrada de aire fresco, empujando el aire caliente hacia arriba donde deben estar localizadas las salidas para éste, en la pared o el techo. Este es el principio que rige los

recintos previos de las salidas de emergencia para evacuar el humo y permitir la renovación de aire.

### Torres de viento

Se trata de una torre que permite la entrada de aire a través de un punto forzándolo a moverse y salir por el otro lado, haciendo que el aire fresco entre en las estancias a través de aberturas situadas en la parte inferior del edificio. Se puede utilizar para succionar de aire caliente del interior de las viviendas o para ventilar patios comunes.

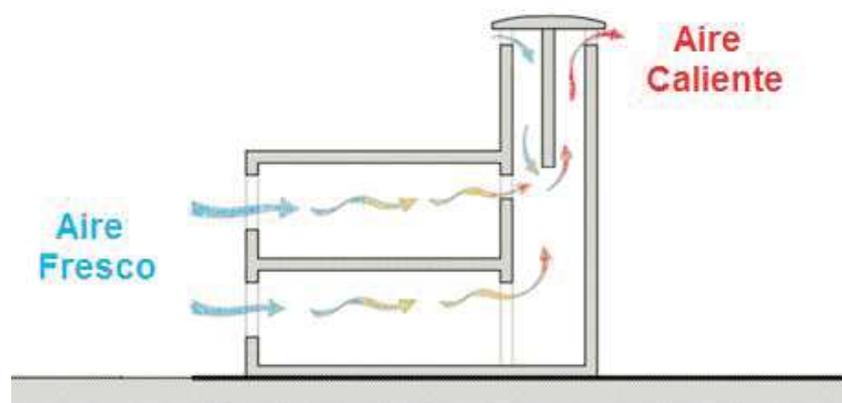


Figura 5-23: Ventilación por diferencia de densidad entre el aire caliente y frío.

### El enfriamiento evaporativo

Para refrescar los ambientes la ventilación natural puede estar asociada con zonas de sombra o a fuentes de humedad. La evaporación que se produce con el paso del viento en lugares húmedos y mojados enfría el aire. Esta técnica se llama enfriamiento por evaporación, pues la evaporación del agua absorbe energía del aire en forma de calor, dejando más fresco. La aplicación de la refrigeración por evaporación es ideal en climas cálidos y secos.

### Hermeticidad de Edificio

Las fugas de aire son las infiltraciones o exfiltraciones de aire que se producen en un edificio. Para que una fuga tenga lugar, debe existir un agujero y una diferencia de presión entre ambos lados del mismo. Desafortunadamente los agujeros, tanto los intencionados como los no intencionados, son demasiado comunes en los edificios. En invierno las excesivas infiltraciones son causantes de pérdidas de calor que se traducen en mayor consumo energético para mantener una condición de confort interior.

Existen algunas causas habituales que generan desequilibrios de presión:

- Efecto Chimenea
- Viento
- Sistemas de suministro o extracción de aire
- Fugas en conductos

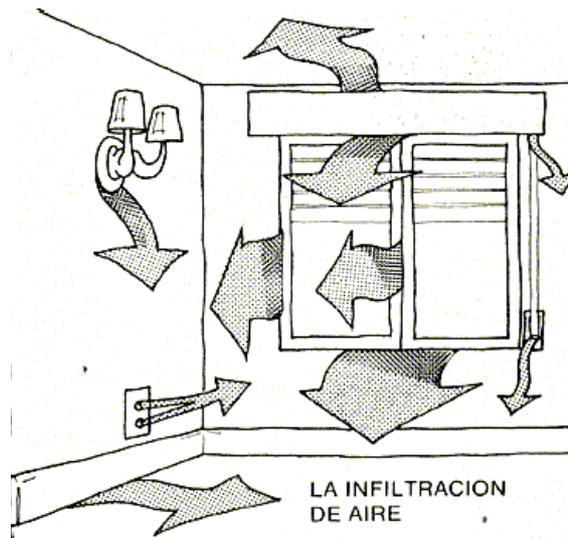


Figura 5-24: Lugares más comunes por donde se producen infiltraciones en un edificio.

### *Efecto Chimenea*

El movimiento del aire por el Efecto Chimenea se produce cuando las diferencias de temperaturas causan diferencias de densidad en el aire y provocan diferencias de presión entre el interior y el exterior. Esta diferencia de presión se puede calcular como el producto de una constante, la presión atmosférica, la altura del edificio, y la diferencia de temperaturas (entre la parte superior e inferior del edificio).

**Fundamentalmente, la presión debida al Efecto Chimenea es proporcional a la altura y a la diferencia de temperatura.**

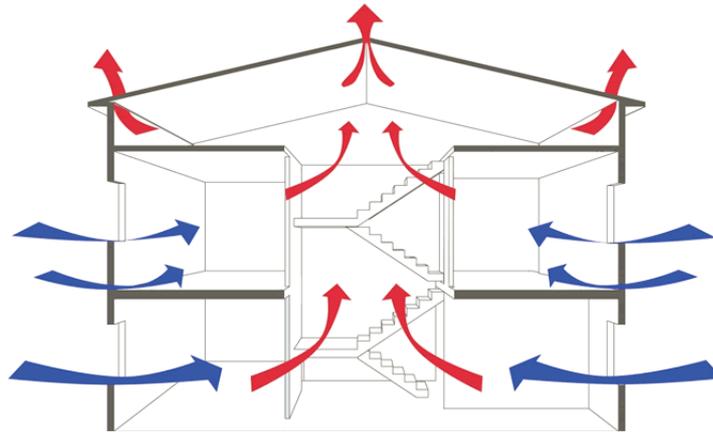


Figura 5-25: Fugas de aire por efecto chimenea.

### *Efecto del viento*

Cuando sopla el viento contra un edificio, se crean diferenciales de presión en los lugares donde el flujo de aire se ralentiza o se frena por una pared o alguna otra parte de un edificio. Debido a que el aire tiene masa y velocidad, cuando deja de moverse (por ejemplo al golpear contra una pared), su impulso se convierte en presión. Un edificio experimenta una presión positiva que empuja la pared en el lado del barlovento y una presión negativa que succiona la pared en el lado del sotavento.

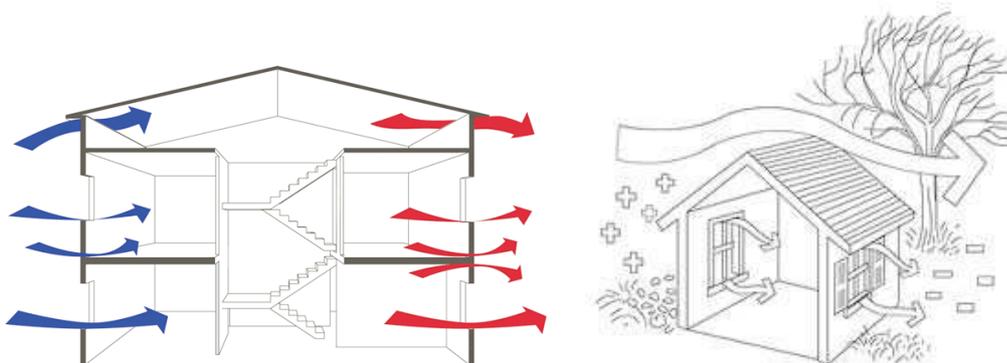


Figura 5-26: Fugas de aire por presión y depresión de las caras de una fachada.

### *Sistemas de ventilación*

En los sistemas de ventilación se incluyen los sistemas de extracción (chimeneas y extractores de aire) y los de suministro de aire (ventiladores). Estos sistemas pueden provocar una presurización o despresurización de la totalidad o de parte de una vivienda. Si no se tienen en cuenta y no se garantiza su equilibrio, pueden forzar las filtraciones de aire a través de la envolvente del inmueble.

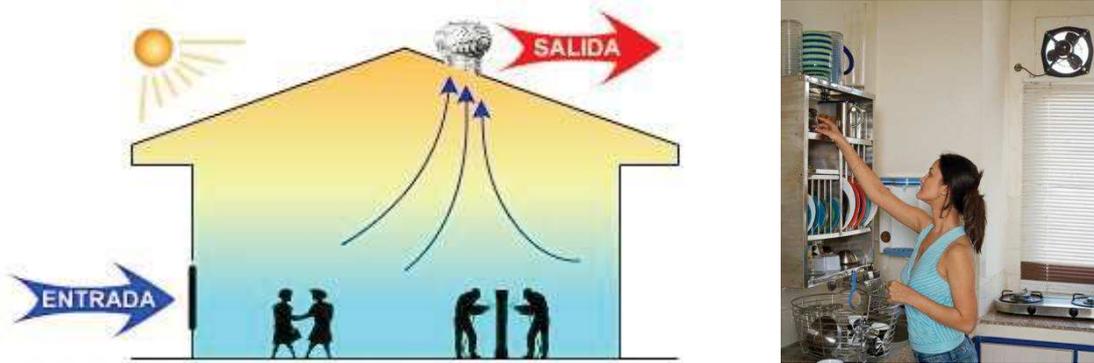


Figura 5-27: Fugas de aire a través de conductos de ventilación.

### 5.7.8 Instalaciones de climatización

Los sistemas de climatización pueden provocar filtraciones de aire si no están correctamente equilibrados. Asimismo, las fugas existentes en los conductos de distribución de los sistemas de climatización pueden causar desequilibrios de presión. Por desgracia, incluso un sistema bien diseñado puede desequilibrarse por el simple hecho de cerrar una puerta. Una puerta cerrada puede aislar de manera efectiva una parte de una casa del sistema de conductos, limitando el flujo de aire de retorno y causando un desequilibrio de presión.

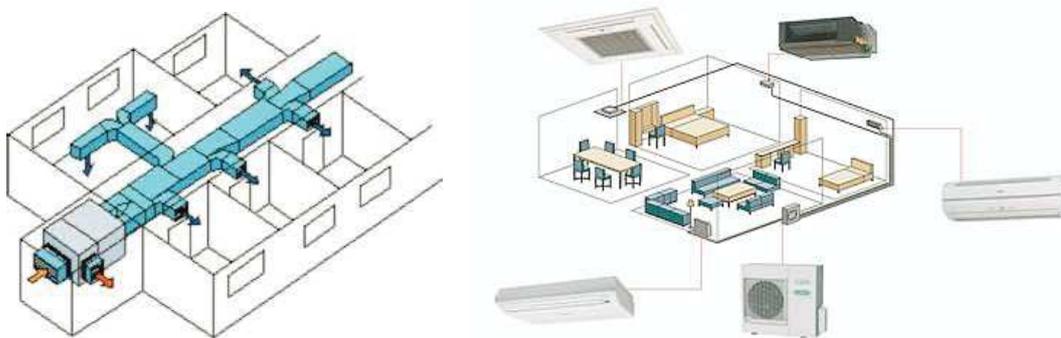


Figura 5-28: Fugas de aire por sobrepresión de equipos de climatización.

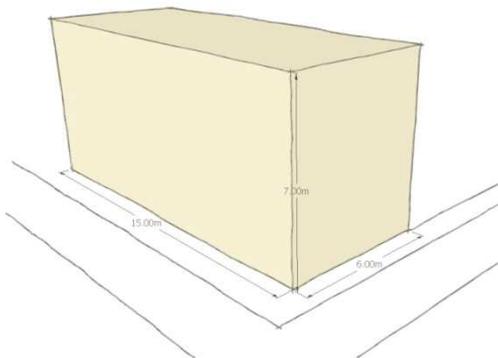
### 5.7.9 Factor de Forma

La volumetría de un edificio debe estar relacionada con el clima en que éste se encuentre emplazado y el programa de uso que contiene. Para esto el arquitecto debe tener claridad acerca de si el edificio busca conservar el calor dentro de sí o disiparlo al ambiente.

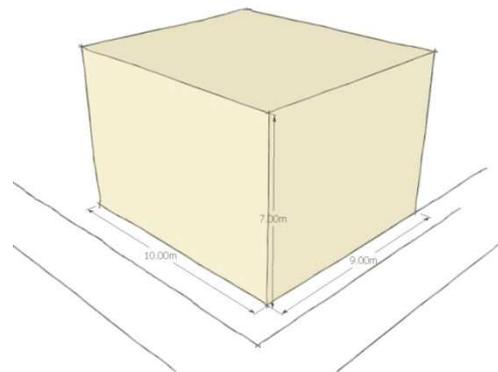
El factor de forma es una ecuación simple que relaciona la superficie envolvente con el volumen envuelto. Un factor de forma bajo significa que el edificio tiene menos pérdidas.

**Factor de Forma = Superficie envolvente / Volumen envuelto.**

Para reducir al máximo las pérdidas de calor no deseadas, se recomienda minimizar la superficie de la envolvente. En el caso de que se quisiera que el edificio perdiera calor por su envolvente, por ejemplo en climas cálidos, se recomienda aumentar el factor de forma. Los volúmenes pequeños suelen tener un factor de forma mayor que los grandes edificios, especialmente si son de un solo nivel. En el caso de que no se pueda modificar el factor de forma de un edificio - debido a requerimientos funcionales - se debe prestar más atención a la calidad de la envolvente (en climas fríos) y al control de la radiación solar (ya sea aprovechándola en climas fríos o minimizándola en climas cálidos).



Superficie envolvente = 384m<sup>2</sup>  
 Volumen = 630 m<sup>3</sup>  
 Factor de forma = 0,61



Superficie envolvente = 356 m<sup>2</sup>  
 Volumen = 630 m<sup>3</sup>  
 Factor de forma = 0,57

**Figura 5-29: Comparación entre un edificio no compacto y un edificio compacto.**

### 5.7.10 Zonificación interior

Esto se refiere a organizar los espacios que de un edificio de acuerdo a sus necesidades de calefacción, iluminación natural y confort acústico. Normalmente un edificio contiene espacios con distintos usos, tales como oficinas, salas de reuniones, baños, bodegas, etc. Estos espacios tienen distintas necesidades, por lo tanto deben ubicarse en distintas zonas del edificio. Por ejemplo, una sala de reuniones con proyección de imágenes no necesita la entrada de luz natural directa, por lo que sería mejor ubicarla en el sur del edificio, del mismo modo es necesario aislarla de los ruidos

exteriores. A continuación se detalla en la Figura 5-30, la ubicación de locales, indicando prioridades por orientación, para que pueda aprovecharse de manera más efectiva el asoleamiento.

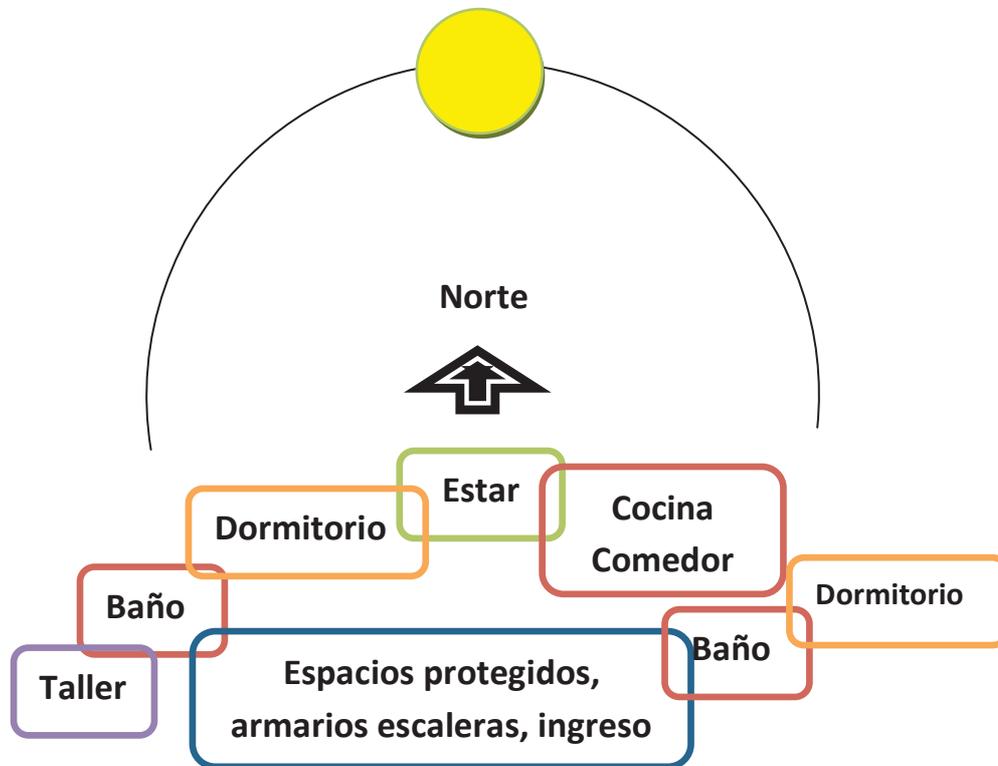


Figura 5-30: Ubicación de locales en el hemisferio Sur. Czajkowski, Jorge y Gómez, Analía.

Los diferentes tipos de edificios tienen distintos requerimientos en cuanto a asoleamiento. Varios estudios sociológicos se han realizado y han mostrado que en espacios como la cocina y los dormitorios, hay una preferencia y necesidad de asoleamiento de la mañana mientras que en espacios como living o estar, durante las horas de la tarde.

### 5.7.11 Protección del acceso

En climas fríos o templados es necesario proteger los accesos a los edificios de las temperaturas exteriores y del viento en invierno. Con este fin se recomienda que la entrada a los edificios sea por un espacio cerrado o vestíbulo configurado por dobles puertas. Esta estrategia permite que el acceso actúe como una zona de transición que evita excesivas pérdidas de calor por ventilación. En zonas con lluvias, es necesario además crear un espacio donde la gente pueda guarecerse antes de ingresar a los edificios.

### 5.7.12 Diseñar la envolvente de un edificio

La envolvente de un edificio separa el interior del mismo del ambiente exterior y de esta manera influye en el efecto de las variables climáticas como pueden ser temperatura exterior, humedad, viento, radiación solar, lluvia, nieve, etc. Esta envolvente está compuesta de dos tipos de elementos, los opacos y los transparentes, aunque a veces se incluyen también los elementos translúcidos. Los efectos de la envolvente dependen de su espesor y características térmicas y físicas. Los elementos que se encuentran en el interior del edificio tales como pisos, tabiques divisorios e incluso amoblamientos, modifican también la temperatura interior al afectar la capacidad calorífica de la estructura en su conjunto y su velocidad de absorción del calor que penetra o escapa de los locales. Cuando las ventanas de un local están abiertas, se genera un flujo de aire proveniente del exterior hacia el interior del mismo. De todas formas, aun estando las ventanas cerradas, éstas ofrecen muy baja resistencia al flujo de calor y se producen infiltraciones a través de las fisuras de su perímetro. La radiación solar puede penetrar dentro del edificio y calentarlo desde su seno a través de materiales transparentes o translúcidos, y también en carpinterías abiertas. En consecuencia, grandes cantidades de calor pueden entrar y salir de la habitación, sin tener en cuenta la influencia del resto de la envolvente. Las condiciones de humedad y temperatura externas, entonces, afectan directamente el interior de un recinto aunque también el efecto del flujo de aire depende de las propiedades de los materiales.

Cuando las condiciones térmicas interiores no son controladas por medios mecánicos (condiciones naturales), los materiales afectan las temperaturas superficiales e interiores del local, influyendo notablemente en el confort de los ocupantes. Más aún, cuando se controlan las variables higrotérmicas interiores, por ejemplo al emplear aire acondicionado o calefacción, las propiedades térmicas y físicas de los materiales utilizados determinan la intensidad de refrigeración o calefacción requerida (la capacidad de los equipos utilizados) e incluso la temperatura de las superficies interiores. En consecuencia, los materiales tienen efecto directo tanto en el confort de los ocupantes, como en la eficiencia económica de los sistemas de climatización.

La envolvente de una edificación pública tiene una vital importancia por cuanto genera la mediación entre el espacio interior – que busca ser confortable para sus ocupantes – y el clima exterior. Según esto, las primeras consideraciones de la envolvente se relacionan con la orientación del edificio y con el diseño y ubicación de las ventanas. El primer principio para el diseño de la envolvente es la aislación térmica, ya que en la mayoría de los climas de Argentina, una de las estrategias más efectivas de diseño pasivo consiste en aislar la envolvente de la edificación con el objetivo de minimizar las pérdidas de calor por conducción. El segundo principio esencial consiste en sellar la envolvente al paso del aire, evitando de este modo las pérdidas de calor por infiltraciones.

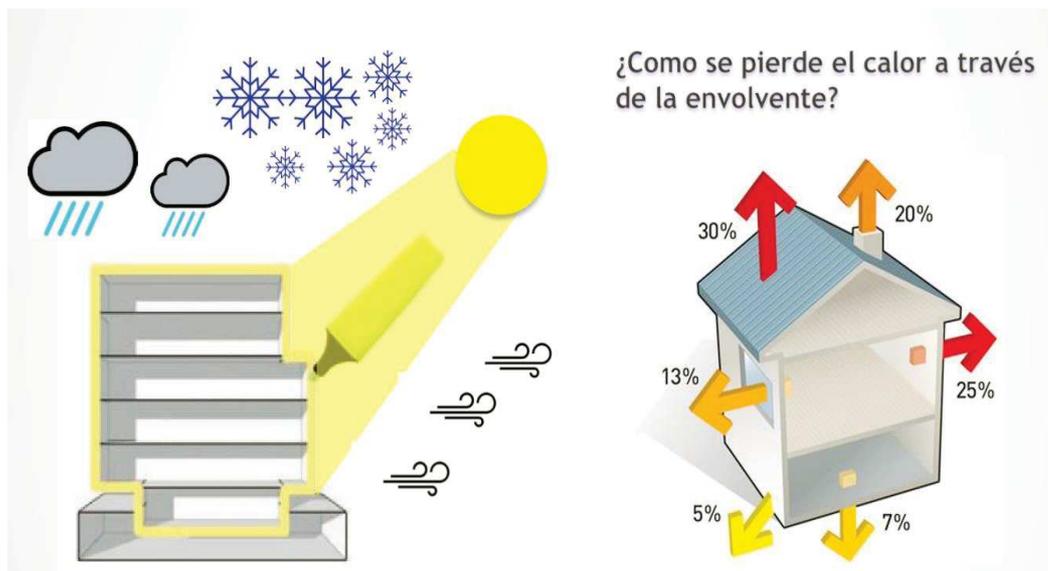


Figura 5-31: Envolvente y pérdidas por transmisión.

En general, en la edificación pública, la aislación térmica de la envolvente se logra a través de la incorporación de un material aislante y de la especificación de ventanas que cumplan con determinados estándares según la zona climática.

**Un edificio con una buena envolvente, que evite pérdidas de calor por conducción y por infiltraciones, tendrá un mejor confort térmico para sus ocupantes, menor riesgo de ocurrencia de condensación, y mayor durabilidad de la edificación. En edificios calefaccionados y/o refrigerados, esto se traduce también en una disminución de la demanda energética de calefacción y/o refrigeración, lo que a su vez implica menores costos de operación.**

### ¿Qué son los materiales aislantes?

Son todos aquellos que tienen una conductividad térmica inferior a  $0,065 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ , en otras palabras, aquellos que con poco espesor dificultan el paso del calor. Podemos mencionar entre los más empleados al poli estireno expandido, poliuretano y lana de vidrio con sus múltiples variantes de espesores y densidades.

### ¿Qué materiales no son aislantes?

Todos aquellos que cuentan con una densidad alta, tales como el hormigón, el ladrillo, y metales. Son aquellos que terminan configurando puentes térmicos en la envolvente edilicia.

La envolvente se compone de dos elementos: Elementos opacos y no opacos (semitransparentes)

¿Cómo determinar si la aislación de mi edificio es adecuada para el clima donde está emplazado?

Para determinar qué tan buen aislante térmicamente es un cerramiento, debo calcular la transmitancia térmica.

### PASO 1) Determinar valor de Transmitancia térmica en paredes y techos

La transmitancia térmica  $K$  (simbolizada en algunos medios con "U") es el cociente entre el flujo de calor en régimen estacionario y el área y la diferencia de temperatura entre los medios circundantes a cada lado del sistema. Su unidad es  $W/m^2 \cdot K$ .

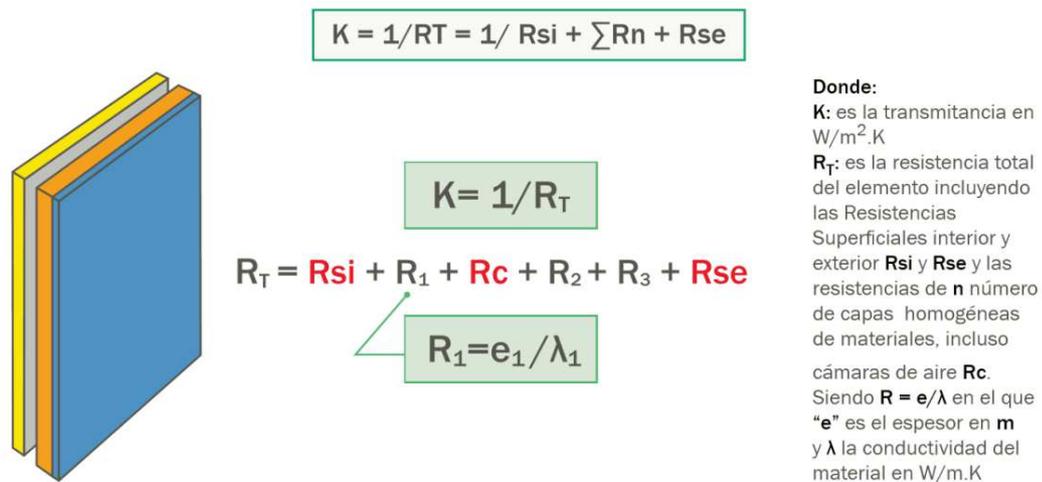


Figura 5-32: Calculo de Transmitancia Térmica.

*Nota:* la transmitancia térmica indica el flujo de calor a través de la unidad de superficie de un elemento constructivo sujeto a una diferencia de temperatura en el aire a ambos lados del elemento de un grado centígrado. Se calcula de acuerdo a lo indicado en la norma IRAM 11.601 que puede expresarse sintéticamente como sigue.

### Resistencia térmica y resistencias térmicas superficiales

En el campo del aislamiento térmico de edificios y en régimen estacionario (en el que las condiciones permanecen estables a lo largo del tiempo y existe proporcionalidad entre la diferencia de temperatura de uno y otro lado de un elemento constructivo y el gradiente de temperaturas dentro del mismo), la resistencia térmica para placas planas es el cociente entre el espesor  $e$  y la conductividad térmica  $\lambda$ . Su unidad es  $m^2 \cdot K/W$ .

$$R = e/\lambda$$

La resistencia térmica es una característica propia de las capas de materiales, elementos constructivos, superficies y cámaras de aire. En la Norma IRAM 11601 se dan valores de las resistencias térmicas de superficies y cámaras de aire, al igual que valores

de conductividades térmicas de numerosos materiales. Las resistencias térmicas superficiales, interna  $R_{si}$  y externa  $R_{se}$ , expresan las resistencias térmicas de las capas superficiales de aire adyacentes a las superficies interna y externa, respectivamente, de un elemento que transmite calor por radiación y convección al aire circundante.

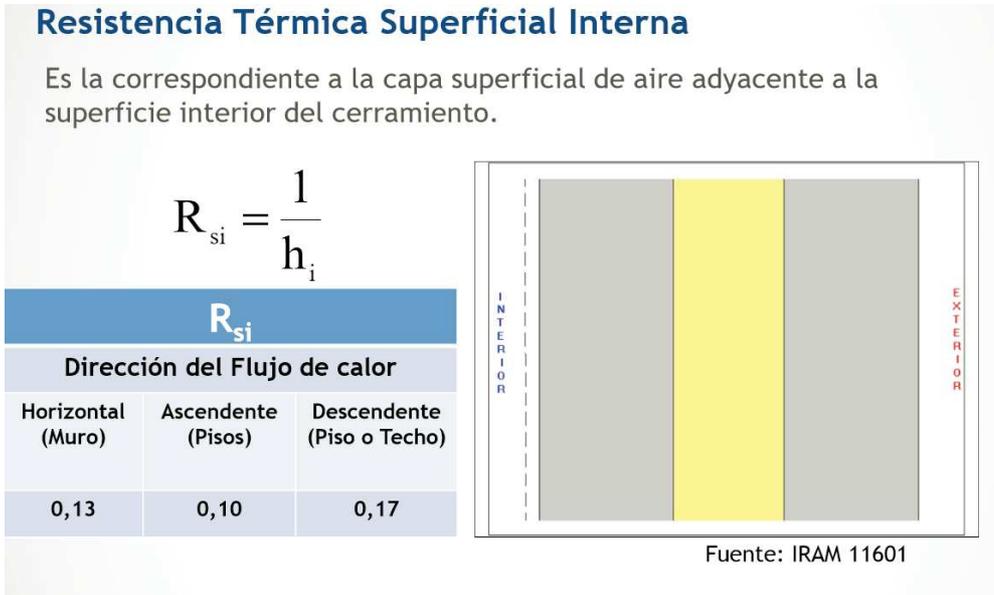


Figura 5-33: Tabla de resistencias superficiales interiores.

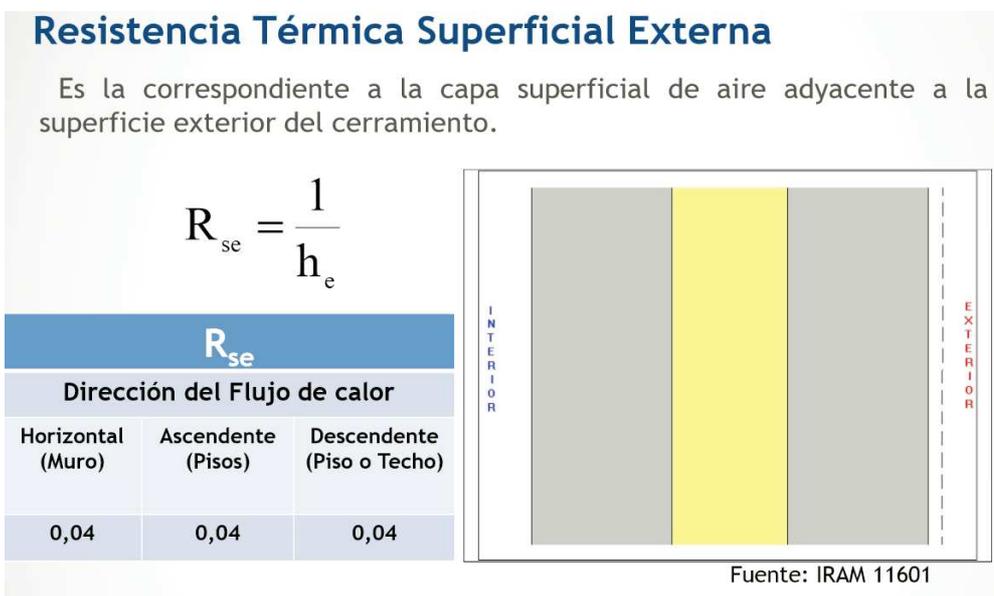


Figura 5-34: Tabla de resistencias superficiales exteriores.

Para calcular el nivel de aislación térmica de un cerramiento es importante conocer su conductividad térmica, espesor, o bien conocer la resistencia térmica dada por una tabla. Una vez que se sumen todas las resistencias térmicas, se deben sumar las resistencias superficiales. Finalmente para obtener la transmitancia térmica se calcula la inversa de la resistencia térmica total.

A continuación se analiza un ejemplo de una pared doble con aislación térmica en el medio.

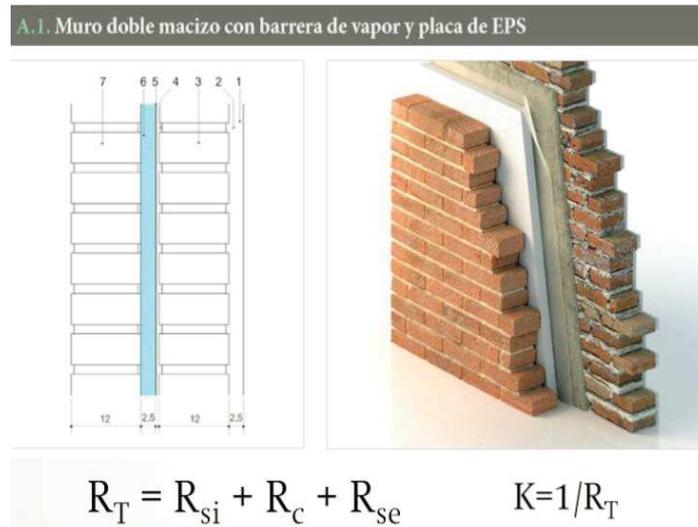


Figura 5-35: Ejemplo de cálculo de Transmitancia Térmica en muro doble de mampostería con aislación térmica en el medio.

ELEMENTO		EPOCA DEL AÑO		
Muro exterior doble		INVIERNO		
ZONA BIOAMBIENTAL		III - CIUDAD DE LA PLATA Pcia. de Buenos Aires		
Capa del elemento constructivo		espesor	$\lambda$	R
		mm	W/m.K	m <sup>2</sup> .K/W
Resistencia superficial interior $R_{si}$				0,13
1	Revoque fino interior	5	0,700	0,01
2	Revoque grueso interior	20	0,930	0,02
3	Hoja interior de ladrillo macizo "común"	120	0,810	0,15
4	Azotado hidrófugo	5	1,130	0,00
5	Film de PE de 150 micrones	0,15		
6	Placa de Poliestireno Expandido EPS de 15 kg/m <sup>3</sup>	25	0,037	0,68
7	Hoja exterior de ladrillo macizo "visto"	120	0,910	0,13
Resistencia superficial exterior $R_{se}$				0,04
espesor total aproximado		295		
<b>RESISTENCIAS TERMICAS TOTALES</b>				<b>1,16</b>
Transmitancia Térmica del componente $K [W/m^2.K] = 1/R$				<b>0,86</b>
Transmitancia Máxima Admisible $K_{MAXADM}$ , según IRAM 11605 Nivel B [W/m <sup>2</sup> .K]				<b>0,93</b>
Cumple con Norma IRAM 11605: SI / NO				<b>SI</b>

Figura 5-36: Ejemplo de cálculo de Transmitancia Térmica en muro doble de mampostería con aislación térmica en el medio.

**PASO 2) Determinar la TDMN (Temperatura de diseño mínima) para la localidad que se emplaza o emplazará el edificio.**



ESTACIÓN	Prov.	Lat	Long	ASN	TMED	TMAX	TMIN	TMA	TDMN
BUENOS AIRES (Aeroparque)	BAC	-34,57	-58,42	6	12,8	16,0	9,7	-1,0	1,7
BUENOS AIRES	BAC	-34,58	-58,48	25	12,9	17,1	8,8	-2,1	0,1
PERGAMINO (INTA)	BAP	-33,93	-60,55	65	11,4	17,3	5,6	-7,0	-4,4

Figura 5-37: Ejemplo de cálculo de Transmitancia Térmica. Determinación de temperatura mínima de diseño para Buenos Aires.

**PASO 3) Verificar si el valor de transmitancia térmica se encuentra dentro de la tabla de Valores máximos admisible IRAM 11605.**

K <sub>MAX ADM</sub> de Muros y Techos Condición de invierno*				
Temperatura exterior mín. de diseño (TDMN) [°C]	Nivel A [W/m²K]		Nivel B [W/m²K]	
	Muros	Techos	Muros	Techos
-8	0,28	0,24	0,74	0,63
-7	0,29	0,25	0,77	0,65
-6	0,3	0,26	0,8	0,67
-5	0,31	0,27	0,83	0,69
-4	0,32	0,28	0,87	0,72
-3	0,33	0,29	0,91	0,74
-2	0,35	0,3	0,95	0,77
-1	0,36	0,31	0,99	0,8
>0	0,38	0,32	1	0,83

\*Para valores de te intermedios, los K<sub>MAX ADM</sub> se obtienen por intepolación lineal

Figura 5-38: Ejemplo de cálculo de Transmitancia Térmica. Determinación del nivel de transmitancia térmica admisible para la temperatura mínima de diseño adoptada.

En este caso, el Valor K está dentro del valor límite admisible para la TDMN de Buenos Aires. Por lo tanto verifica que tiene un muro envolvente adecuado para la severidad climática de dicho clima. Por ende las pérdidas a través de conducción van a minimizarse.

### ❖ Ejemplo de Aplicación de Transmitancia térmica en la envolvente

¿Para qué me sirve conocer la transmitancia térmica?, y ¿qué conclusiones se puede obtener de la misma?

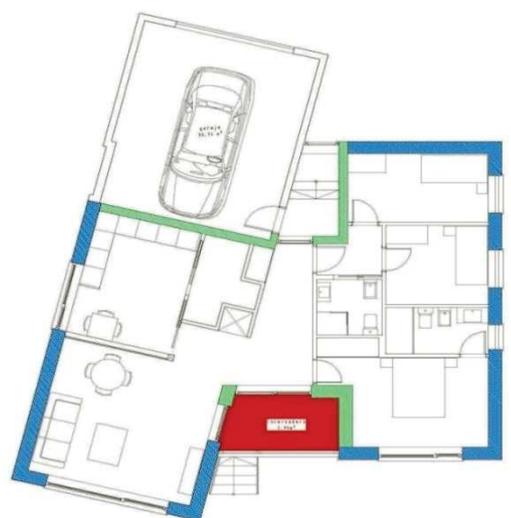
Si se analizan las pérdidas por transmisión a través de la envolvente en régimen estacionario, se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$Q_t = K \cdot Sup \cdot \Delta T \quad / \quad Q_t = K \cdot Sup \cdot [\text{Grados día}]$$

En la primera ecuación, se determina la cantidad de energía que se pierde o gana en una determinada hora del día. Si en cambio, se requiere determinar las pérdidas por transmisión durante un periodo de invierno, por ejemplo, la misma ecuación se afecta por los grados días, es decir por la cantidad de kWh (kilo Kelvin hora). Es importante que los grados día estén expresados en kWh para que el resultado de la ecuación quede expresado en kWh.

En el siguiente ejemplo se valora la incidencia de la transmitancia térmica de la envolvente en términos energéticos. Una manera práctica, es la de ponderar el nivel de transmitancia térmica de toda la envolvente. La misma comprende paredes, cubiertas, ventanas, puertas y cualquier otro elemento.

$$K_{ponderado} = \frac{K_1 \cdot Sup_1 + K_2 \cdot Sup_2}{Sup_{Total}}$$



- envolvente hacia aire exterior
- envolvente hacia interior no calefactado
- invernadero

**$K_{ponderado} = 1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$**

**Sup: 230 m<sup>2</sup>**

**Tbase int = 18°C**

**Grados Día = 45 kWh**

**$K_{ponderado} = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$**

**Sup: 230 m<sup>2</sup>**

**Tbase int = 18°C**

**Text = 45 kWh**

Figura 5-39: Ejemplo de cálculo de Transmitancia Térmica y su influencia en las pérdidas por transmisión en el período de invierno.

Si analizamos las pérdidas por transmisión de una misma casa pero con dos envolventes diferentes para un mismo clima.

**Para el caso 1:**  $Q_t = 1,35 \text{ W/m}^2\text{K} \times 230 \text{ m}^2 \times 45 \text{ kWh}$   $Q_t = 13.972 \text{ kWh}$

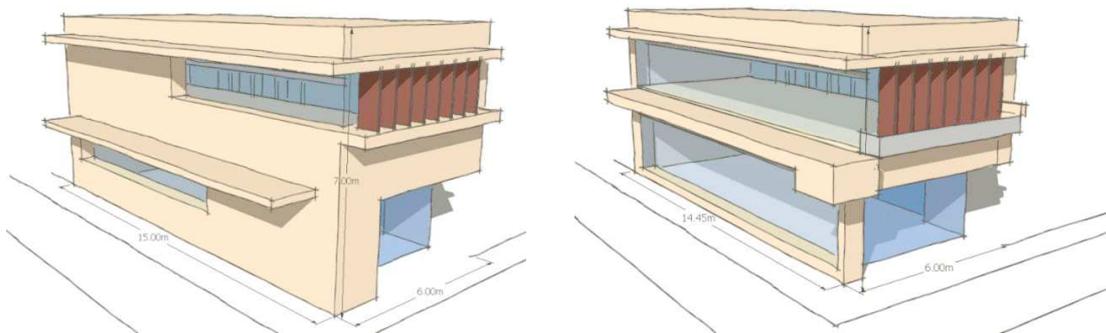
**Para el caso 2:**  $Q_t = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K} \times 230 \text{ m}^2 \times 45 \text{ kWh}$   $Q_t = 3.208 \text{ kWh}$

Como conclusión se obtiene que una aislación adecuada de la envolvente, puede reducir, en este caso, 4 veces las pérdidas por transmisión, sin necesidad de mejorar el rendimiento de alguna instalación termo-mecánica. Esta reducción cuantificada mediante un cálculo en régimen estacionario, permite conocer el beneficio de una estrategia pasiva, que incidirá en el consumo energético, particularmente en calefacción. La reducción de energía transmitida por la envolvente se consigue a través de aislación térmica. Y como la resistencia térmica depende de la conductividad térmica, y del espesor, cuanto menor sea la primera, y más alta la segunda, aumentará la resistencia térmica y por ende la transmitancia térmica será menor.

### Caja transparente

Es una característica más de la envolvente, definida como la relación porcentual entre la superficie no opaca y opaca de la envolvente. Permite conocer qué tan transparente es la cascara que envuelve al edificio. Cuanto más alta sea la caja transparente mayor superficie vidriada hay en la envolvente, y por lo tanto mayor acceso a la radiación solar, pero posiblemente mayores pérdidas por conducción a través de elementos vidriados. Para climas fríos, es importante controlar esta relación, y en climas cálidos es importante, si la caja transparente es elevada, prevenir radiación solar indeseada sobre fachadas expuestas para evitar sobrecalentamiento de locales.

$$\text{Caja transparente}[\%] = \frac{\text{Superficie transparente de la envolvente}}{\text{Superficie total de la envolvente}} \cdot 100$$



**Caja Transparente Baja**

**Caja Transparente alta**

**Figura 5-40: Relación de caja transparente en edificios.**

## 5.8 Conclusiones

A modo de conclusión sobre el ahorro y conservación de energía en edificios públicos se puede decir que:

- Se puede aplicar tanto a construcciones existentes como en aquellas a construir.
- Ahorrar energía en un edificio construido es mucho más difícil.
- En un edificio a construir se puede intervenir desde la etapa de proyecto, planificando su ubicación, diseño y construcción, con el objeto de utilizar técnicas relacionadas con el uso racional de la energía (URE) edilicio.
- Una propuesta que encuadra a todos los aspectos de esta temática es la aplicación del concepto de Calificación (y/o Certificación) Energética de Edificios.
- En los edificios a construir se podrán realizar evaluaciones mediante el empleo de programas de cálculo específicos para las diferentes transferencias energéticas existentes.
- En los edificios construidos se deberán efectuar mediciones “in-situ”, analizar la estadística de los datos de consumo energético (electricidad, gas, agua, etc.) y estudiar la documentación y los planos constructivos, si los hubiere.

## 5.9 Referencias

- [32] “Manual práctico de aislamiento térmico en la construcción”. P. Azqueta. Ed. Diseño. Bs. As. 2013
- [33] “Diseño bioclimático como aporte al proyecto arquitectónico”. G. San Juan coordinador. Edulp. La Plata. 2013
- [34] “Ventilación natural de edificios”. E. Yarke compilador. Ed. Nobuko. Bs. As. 2012 “Manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios públicos”, CITEC Universidad del Bío Bío, Ed. UBB, Chile, 2012
- [35] “Conservación de energía en viviendas y edificios”. R. Fernández y Acárela. Buenos Aires. Circa, 1981.
- [36] Reglamento de la ley bonaerense 13059/10.
- [37] “Modelización ambiental edilicia -MAE-. La transferencia como problema en la interacción investigación - medio.” En el marco de proyectos de investigación y/o desarrollo en el marco del programa de incentivos a docentes investigadores (Decreto 2427/93) para el año 2002. Director: Czajkowski, Jorge Daniel.
- [38] “Manual de iluminación eficiente - Cap.11 Luz natural e iluminación de interiores” UTN - Pattini, A., Ed. UTN, Bs. As., 2002.
- [39] “Cantos del arquitecto descalzo” Van Lengen, J. Ed. Melhoramentos. 1987
- [40] “Arquitectura y Clima” Olgyay, Víctor, 1963. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1998

- [41] "Man, Climate and Architecture" Givoni, Baruch. Ed. Applied Science Publishers, LTD. Londres, 1969
- [42] Normativa IRAM de Acondicionamiento térmico edilicio:
- [43] Norma IRAM 11549: Vocabulario
- [44] Norma IRAM 11603: Clasificación bioambiental de la República Argentina
- [45] Norma IRAM 11601: Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- [46] Norma IRAM 11605: Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- [47] Norma IRAM 11625: Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- [48] Norma IRAM 11630: Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- [49] Norma IRAM 11604: Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límite.

---

# 6 Climatización

por Gaspar Gazzola

para Ministerio de Energía y Minería

## 6.1 Resumen

*Si vis scire, doce. Si quieres saber, enseña.*

Este capítulo, contiene una descripción de los factores ambientales interiores que definen el confort, describe el proceso de diseño y construcción, teniendo en cuenta distintos factores como la humedad, los contaminantes y la ventilación; los conceptos generales de refrigeración y calefacción, el tipo de equipos y sus diferentes rendimientos. Describe también los tipos de consumo y como alcanzar una mejor eficiencia energética. Por último hace referencia sintética a la producción de agua caliente sanitaria.

**Sistema de Climatización:** es el equipo, el sistema de distribución y los terminales que proveen calefacción, ventilación o aire acondicionado a un edificio.

## 6.2 Introducción

Los edificios escolares con un diseño ambiental sostenible son espacios saludables, seguros y amigables con el ambiente. Mejoran la asistencia de los alumnos, docentes y en general, tienen bajos costos operativos.

La calidad del ambiente físico afecta directamente el rendimiento del estudiante. Si la iluminación, el sonido, la temperatura y humedad, los colores y la calidad del aire interior son apropiados; los alumnos aprenderán mejor y ejercitarán mejor su atención.

El objetivo final siempre será facilitar la educación de los alumnos. Las oportunidades de mejora deben permitir el ahorro de energía pero nunca impedir o comprometer el aprendizaje de los educandos.

Los conceptos y buenas prácticas que se muestran a continuación pretenden inducir y despertar nuevas ideas e iniciativas que permitan a toda la comunidad educativa trabajar en el cuidado de nuestra casa común: la tierra que habitamos.



## 6.3 Factores Ambientales Interiores que definen el Confort

Un edificio es habitable cuando asegura condiciones mínimas de salud y confort. En especial, la habitabilidad se ocupa del confort térmico, acústico, visual y de la salubridad.

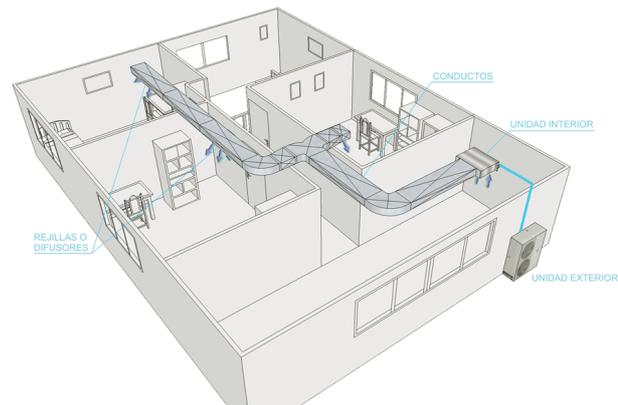
Calidad del Aire Interior (CAI) (<https://espanol.epa.gov/cai>)

A fin de lograr una buena CAI se recomienda:

- ✚ Controlar el proceso de diseño y construcción desde el origen.
- ✚ Controlar la humedad en todos los ambientes construidos.
- ✚ Limitar la entrada de contaminantes desde el exterior.
- ✚ Controlar la humedad y los contaminantes provenientes de los sistemas mecánicos.
- ✚ Limitar los contaminantes de fuentes interiores.



- ✚ Capturar y eliminar los contaminantes propios de las actividades.
- ✚ Reducir las concentraciones de contaminantes mediante ventilación, filtración y limpieza del aire.
- ✚ Aplicar sistemas avanzados de ventilación.

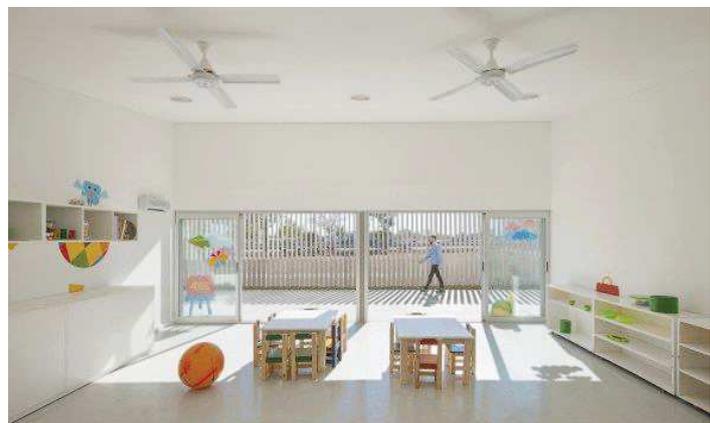


### Confort Térmico (<http://comfort.cbe.berkeley.edu/>)

Definimos el confort, como la combinación de factores ambientales térmicos, interiores y factores personales, que producen condiciones aceptables para la mayoría de los ocupantes dentro de un espacio. Es una expresión subjetiva de satisfacción.

Según el Estándar 55 de ASHRAE, existen seis factores primarios que definen las condiciones para el confort térmico:

- ✚ Tasa metabólica
- ✚ Aislamiento de la ropa
- ✚ Temperatura del aire
- ✚ Temperatura radiante
- ✚ Velocidad del aire
- ✚ Humedad



Las condiciones ambientales requeridas, no son las mismas para todas las personas. Pero todos deberían considerar, la posibilidad de dejar una banda muerta amplia en los termostatos, para reducir el consumo de energía, siempre y cuando no reduzca la productividad y el rendimiento intelectual.

- ✚ Consideraciones semejantes se pueden realizar sobre el confort visual y acústico.

## 6.4 Fundamentos de Refrigeración y Calefacción (Equipos – Rendimiento).

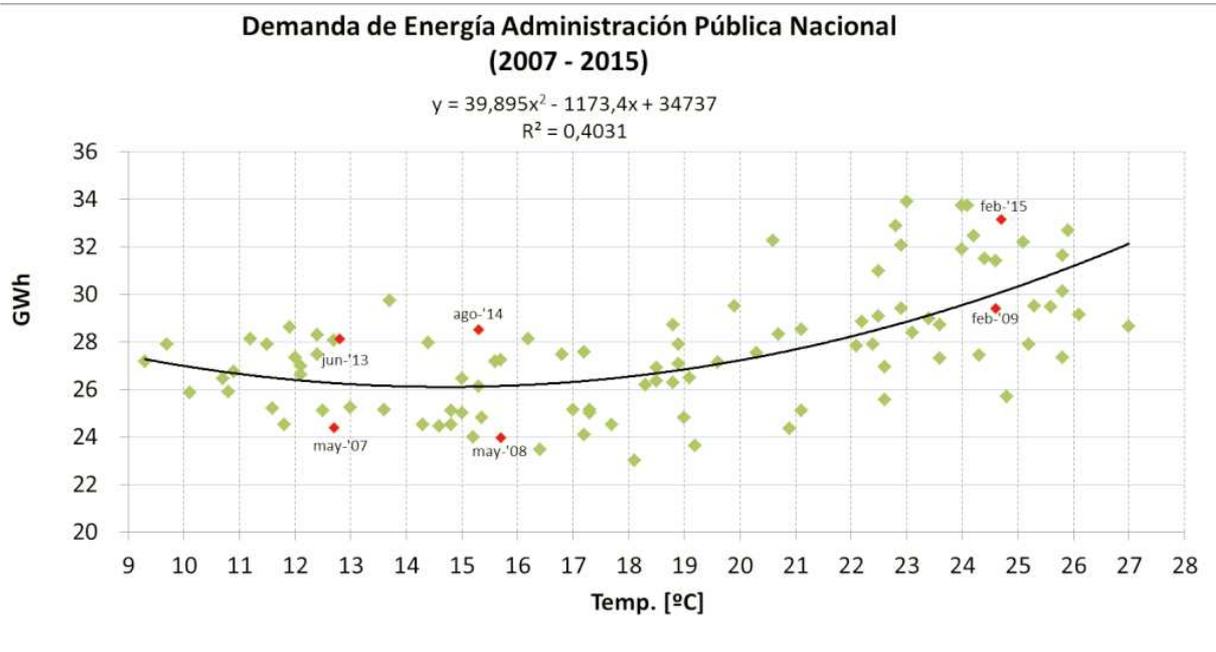


Figura 6-1: Referencia: Potencial de Ahorro en Refrigeración en la Administración Pública Nacional. <https://www.minem.gov.ar/archivos/Reorganizacion/eficiencia/2016/AA-INFORME.pdf>

¿Qué podemos hacer para modificar esta curva?

En un sistema cerrado, la energía no puede ser creada ni destruida. Si pudiéramos crearla, no habría razón para conservarla, y como los seres humanos dependemos de fuentes de energías finitas y limitadas, se tiende a usar energías renovables y a buscar fuentes de energía más eficientes.

**Energía:** es la capacidad de realizar trabajo y cuando jugamos con esa capacidad el resultado es un cambio en el trabajo, el calor y/o la entropía del sistema.

**Trabajo:** es la transferencia de energía de modo mecánico, como por ejemplo: en un ventilador o una bomba; el calor es la transferencia de energía entre cuerpos a diferentes temperaturas.

**Entropía:** simplemente indica el estado de desorden de un sistema.

Todos los procesos irreversibles, aumentan la entropía de un sistema y su entorno, por esa razón, reduciendo la irreversibilidad mejoramos la performance del ciclo.

Independientemente de nuestra necesidad de energía útil y de las leyes naturales que no podemos cambiar, queda claro que “un diseño verde usa la energía con prudencia y eficacia”.

### Ejemplo de Radiación.

En una sala, la temperatura interna puede ser confortable, pero cerca de una ventana en invierno sentiremos frío, y en verano la radiación del sol será insoportable.

La ecuación simplificada, que describe la transferencia de calor por radiación es:

$$Q = \epsilon \rho A (T_1^4 - T_2^4)$$

Dónde:

$\epsilon$  es la emisividad del objeto,

$\rho$  es una constante,

A es el área,

T\_1 La temperatura del objeto radiante

T\_2 La temperatura del entorno.



La emisividad es una propiedad, que indica la capacidad de un material de emitir radiación térmica, con respecto a un máximo teórico posible para ese material. En función del material y de la superficie que constituye el cuerpo. Una superficie negro mate como el carbón, tiene emisividad cercana a 1. Mientras que un metal brillante tendrá entre 0,1 y 0,4.

Otra propiedad relacionada con ésta, es la absorptancia, que es la capacidad de absorber la radiación térmica incidente. En general se puede tomar el mismo valor de absorptancia que de emisividad para el mismo material. **Pero notemos que ésta cambia dramáticamente con la diferencia de, temperaturas a la cuarta potencia.**

Algunas oportunidades que podemos encontrar donde dominan este tipo de cargas térmicas:

- ✚ Reducir o eliminar las superficies expuestas directamente a fuentes de radiación a través de apantallamientos. El sol se puede tratar como una fuente que emite a 5.800°K.
- ✚ Usar tecnologías de techos fríos, que balancea la emisividad y la absorptancia de la superficie, para minimizar la ganancia neta de calor solar.
- ✚ En los vidrios, evaluar el uso de materiales selectivos o de baja emisividad con films reflectantes.
- ✚ Evitar colores oscuros en el exterior de los edificios, que absorben más el calor.

- ✚ Limitar la exposición de fachadas vidriadas con orientación al este y al oeste.

En zonas donde es necesario calefaccionar, haga todo lo contrario de lo anterior, para maximizar la ganancia de calor. Cuando caliente o enfríe con paneles radiantes, recuerde que la eficiencia es proporcional a la cuarta potencia, de la diferencia de temperatura.

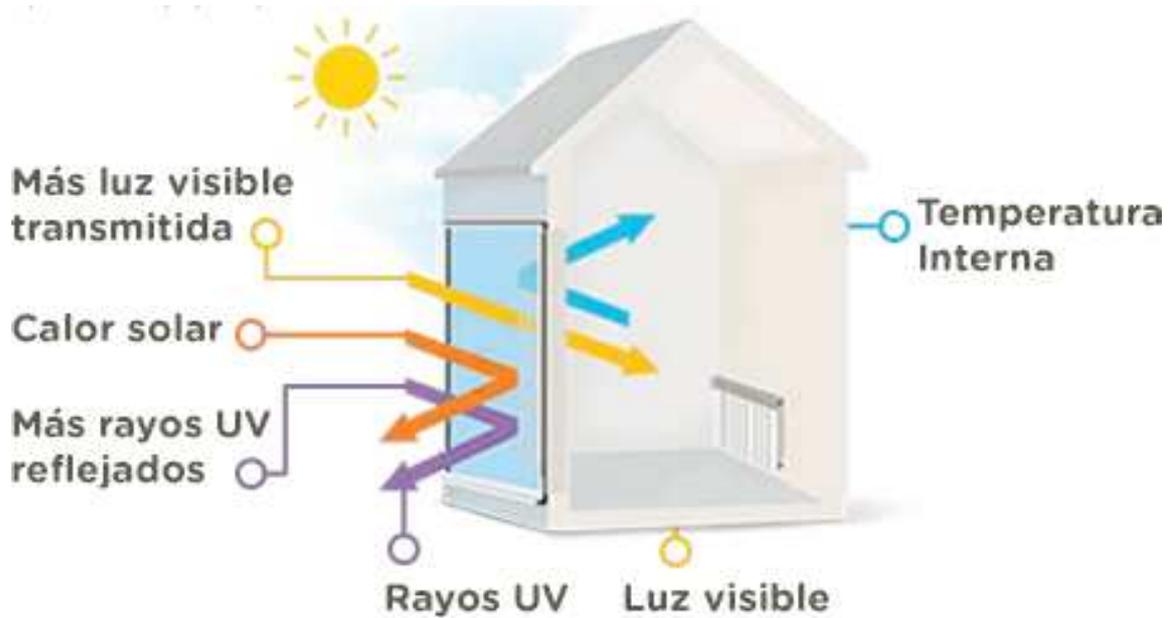


Figura 6-2

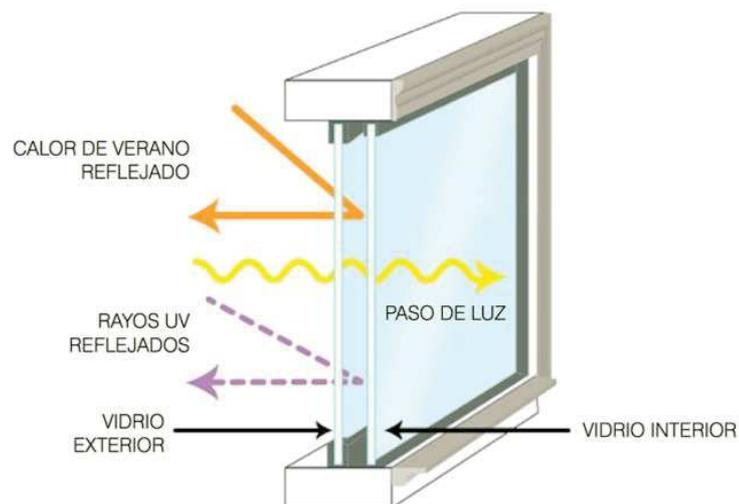


Figura 6-3

Veamos el siguiente ejemplo observando la figura del Handbook ASHRAE:

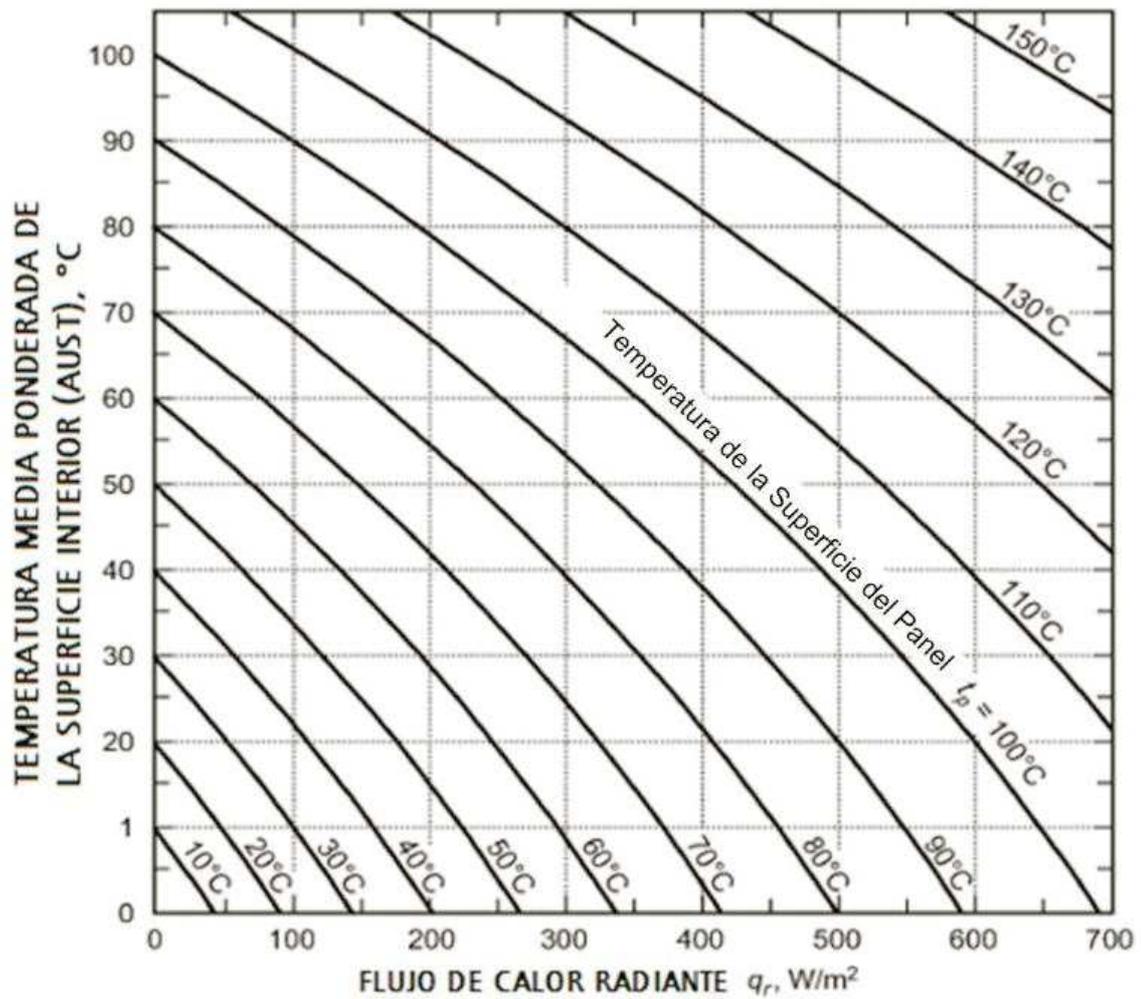


Figura 6-4

Para una  $t_{amb} = 30^{\circ}C$ , al pasar la trad de 60 a 80  $^{\circ}C$ , casi duplicamos el calor transferido, o visto de otra manera, se necesita mucho menos superficie radiante para la misma cantidad de calor transferido.

Condensadores:



Figura 6-5: Condensadores

Evaporadores.



Figura 6-6: Evaporadores

Recomendaciones:

- ✚ Revise periódicamente los condensadores y evaporadores, para evitar suciedad u obstrucciones que aumentan la temperatura de condensación.
- ✚ Mantenga los condensadores enfriados, por agua libres de agua dura o con acumulación de bacterias. En general, por cada grado de aumento en la temperatura de condensación, aumentarán los costos operativos en un 2% a 4 %.
- ✚ Purgue periódicamente los condensadores, para eliminar los gases no condensables (como el aire).
- ✚ A veces, los ventiladores del condensador operan continuamente, incluso cuando el compresor del sistema de refrigeración no está funcionando. Esta práctica desperdicia mucha energía.
- ✚ Cicle los ventiladores del evaporador o utilice variadores de velocidad. A menudo es posible mantener la temperatura, sin funcionamiento de los ventiladores del evaporador. Tener cuidado con la estratificación.
- ✚ Descongelar los evaporadores sólo cuando sea necesario y por temporizadores. Lo ideal sería descongelarlos basados en la presión, si cae la presión indica que hay escarcha presente. Investigar si conviene descongelar con agua o con gas caliente.

Consideremos el ejemplo de un motocompresor de aire acondicionado típico trabajando con R-22:

Cuando un condensador se ensucia puede pasar a trabajar de 32°C (100°F) a 49°C (120°F). En este compresor evaporando a 2 °C (36°F) implica una pérdida de capacidad de 1,75 kW (6.000 BTU/h), lo que representa un 12 % de su capacidad.

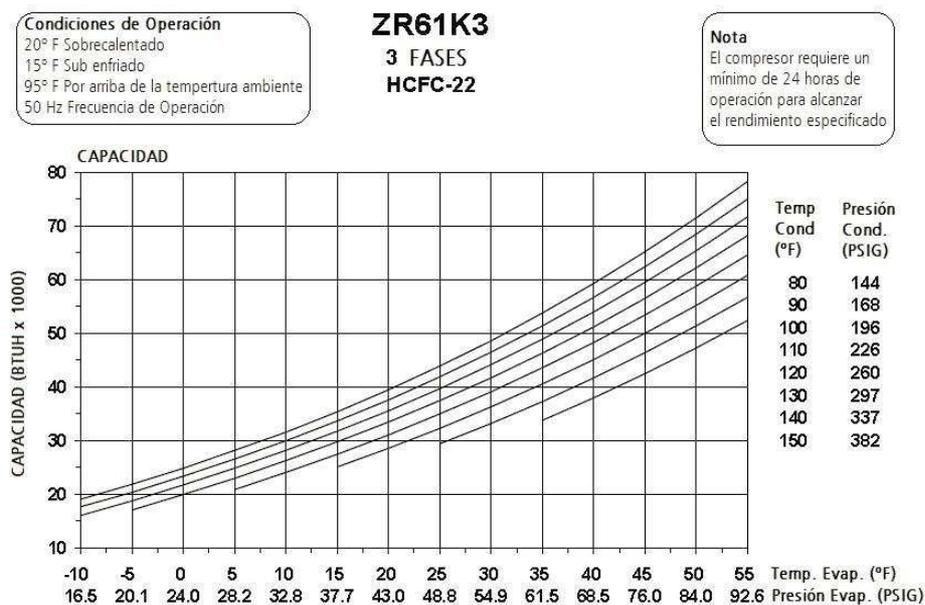


Figura 6-7

### Equipos: La Bombas de Calor

La naturaleza del equipo define si se trata de una enfriadora, bomba de calor, etc. y el tipo de equipo, si es aire/aire, aire/agua, el fluido frigorífico que usa, etc.

En el caso concreto de máquinas enfriadoras, se pueden clasificar:

1. Por el ciclo termodinámico:
  - De compresión de gas (con compresor)
  - De absorción
2. Por su modo de funcionamiento:
  - Solo frío: enfriadora
  - Frío y calor: bomba de calor reversible
3. Por la naturaleza de las fuentes fría y caliente:
  - Aire / aire                      - Agua / agua
  - Aire / agua                      - Agua / aire
4. Por la forma de accionamiento:
  - Motor eléctrico
  - Motor de explosión (gas o gasóleo)
5. Por el tipo de grupo moto-compresor:
  - Abierto
  - Semi abierto
  - Hermético
6. Por el tipo de compresor:
  - Alternativo o de pistón
  - De tornillo
  - De paletas
  - Centrífugo
  - Scroll (espiral)
7. Por el fluido frigorígeno:
  - CFC's o compuestos cloro fluoro carbonados (R-11, R-12 o R-502), en desaparición de acuerdo al protocolo de Montreal.
  - HCFC's o compuestos hidro cloro fluoro carbonados (R-22), refrigerantes de transición de acuerdo al protocolo de Montreal.

- HFC's o compuestos hidro fluoro carbonados (R-134a, R-123 o R-141b) refrigerantes propuestos para el futuro de acuerdo al protocolo de Montreal.
- Amoníaco (NH<sub>3</sub>)
- Anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>)

8. Por la forma de regulación de la potencia:

- Todo/nada
- Varias marchas
- Modulante (inverter)

Para nuestro caso nos interesa clasificarlo, por su prestación energética o eficiencia. El "coefficient of performance" nominal (COP) lo establece el fabricante de acuerdo a unas condiciones y ensayos normalizados, o bien, se puede calcular como el cociente entre la Potencia útil (kW) y la Potencia absorbida (kW) nominales [https://es.wikipedia.org/wiki/COP\\_\(termodinámica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/COP_(termodinámica))

A continuación esquematizamos una bomba de calor:  $t_R$  es la temperatura de uso (°C),  $t_0$  la temperatura de condensado (°C).

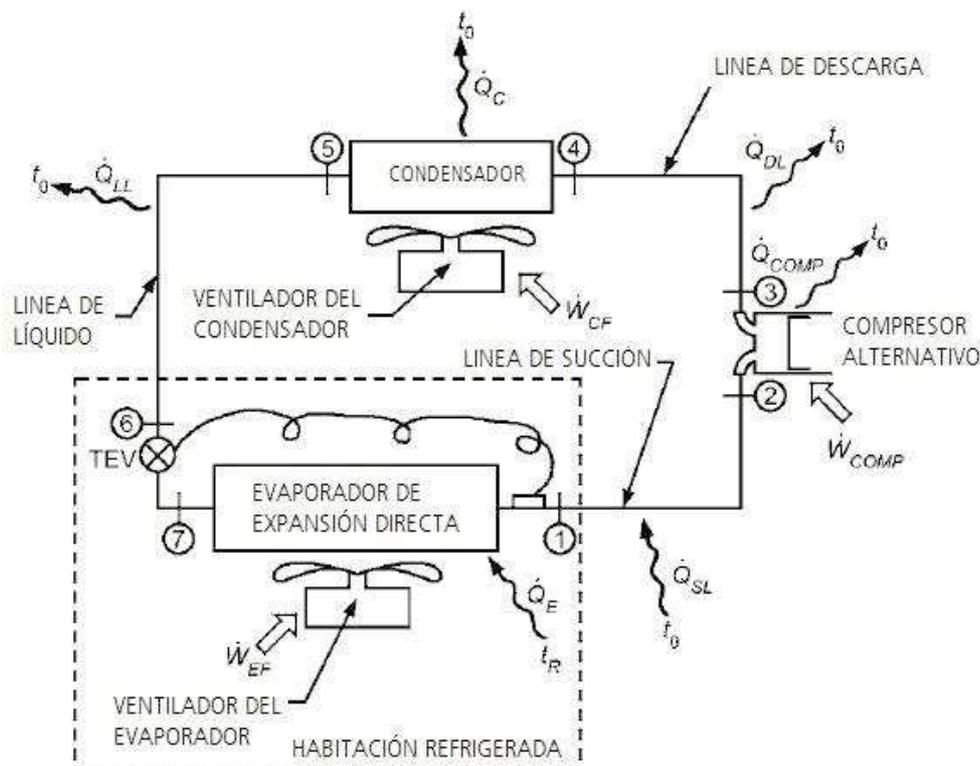


Figura 6-8: Fuente <https://www.hptcj.or.jp/e/publication/tabid/369/Default.aspx>

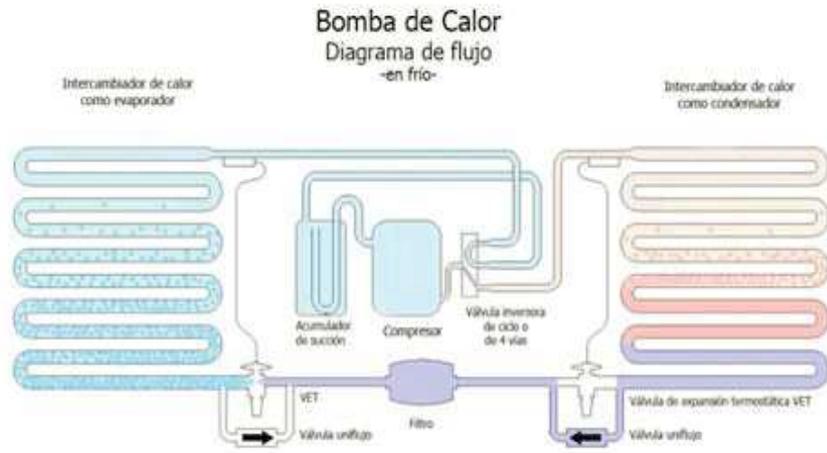


Figura 6-9

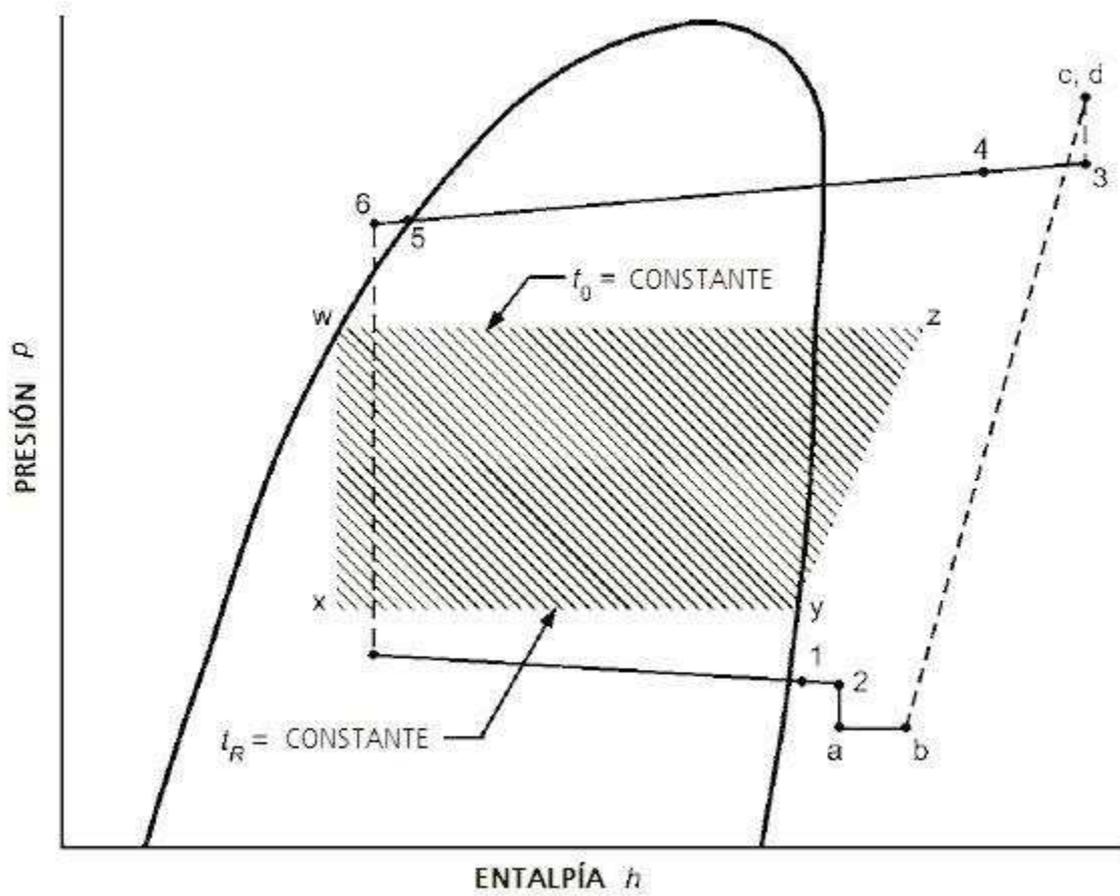


Figura 6-10

Para disponer de datos típicos de máquinas frigoríficas puede consultarse: <http://toptenargentina.org/>.

Si pudiéramos elegir el sistema para nuestros edificios, lo ideal sería poder contar con sistemas dedicados de aire exterior (“Dedicated Outdoor Air System”, DOAS) y bombas de calor acopladas al suelo (“Ground Source Heat Pump”, GSHP) en todas las escuelas.

Estos equipos vienen montados de fábrica con filtro, ventilador, intercambiadores de calor, compresor y controles. El ciclo de refrigeración es reversible, lo que permite que los mismos componentes proporcionen enfriamiento o calentamiento.

Los GSHP individuales suelen estar montados en lugares accesibles lo más cerca posible del edificio. Debe ser instalado cumpliendo con recomendaciones acústicas y permitir el acceso para el mantenimiento minimizando la potencia del ventilador, los conductos y el cableado.

Los GSHP reducen el uso de energía porque no necesitan caldera ni torre de enfriamiento, requieren menos mantenimiento y ocupan muy poco espacio.

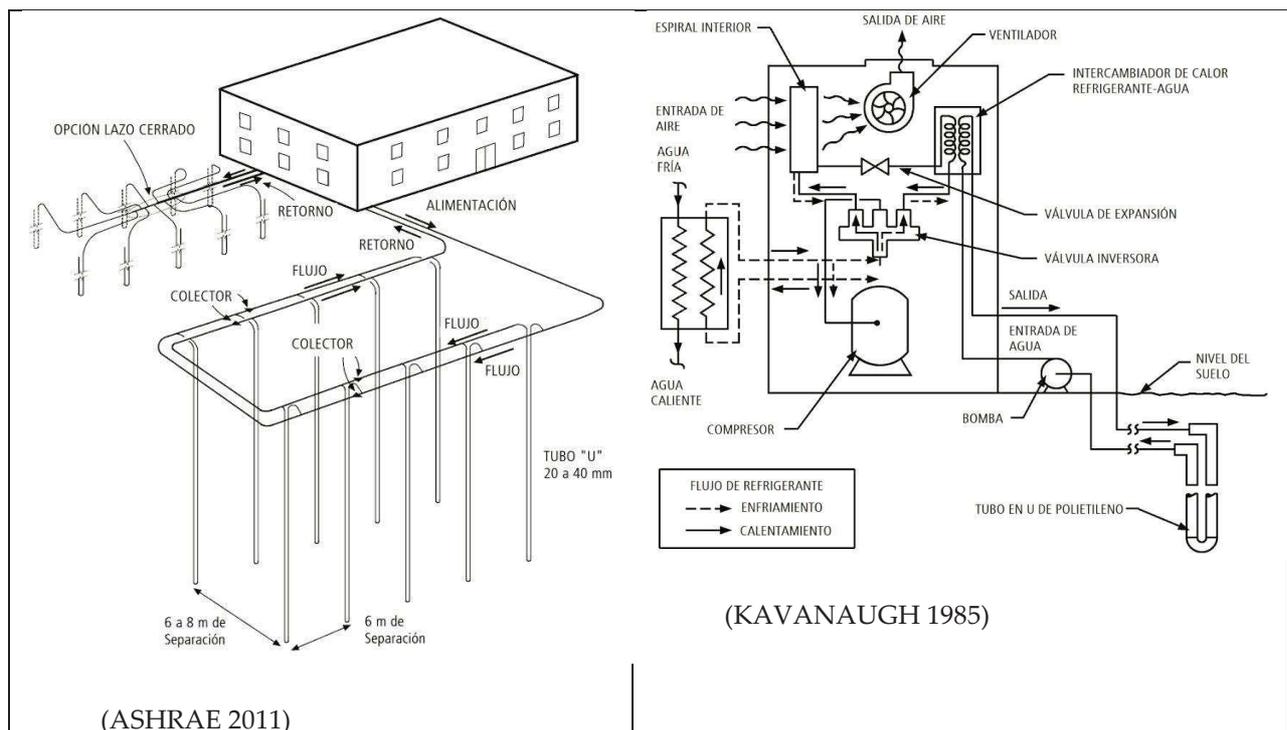


Figura 6-11

En todos estos casos es necesario realizar un estudio del Ciclo de Vida y un estudio económico para determinar al menos el Período de Repago.

Como la bomba de calor, existen otros sistemas que hacen uso del cambio de fase, de una sustancia para transferir calor, de una fuente fría a un sumidero caliente. Un caso típico es el cambio de fase del agua.

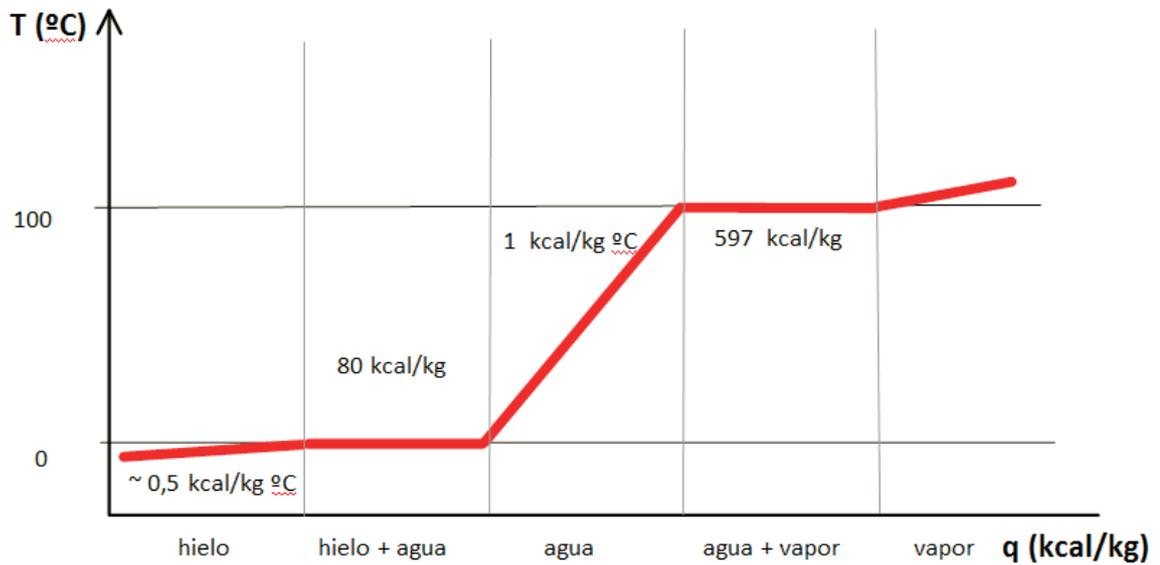


Figura 6-12

La distribución de aire típica en un aula mediante bombas de calor sería:

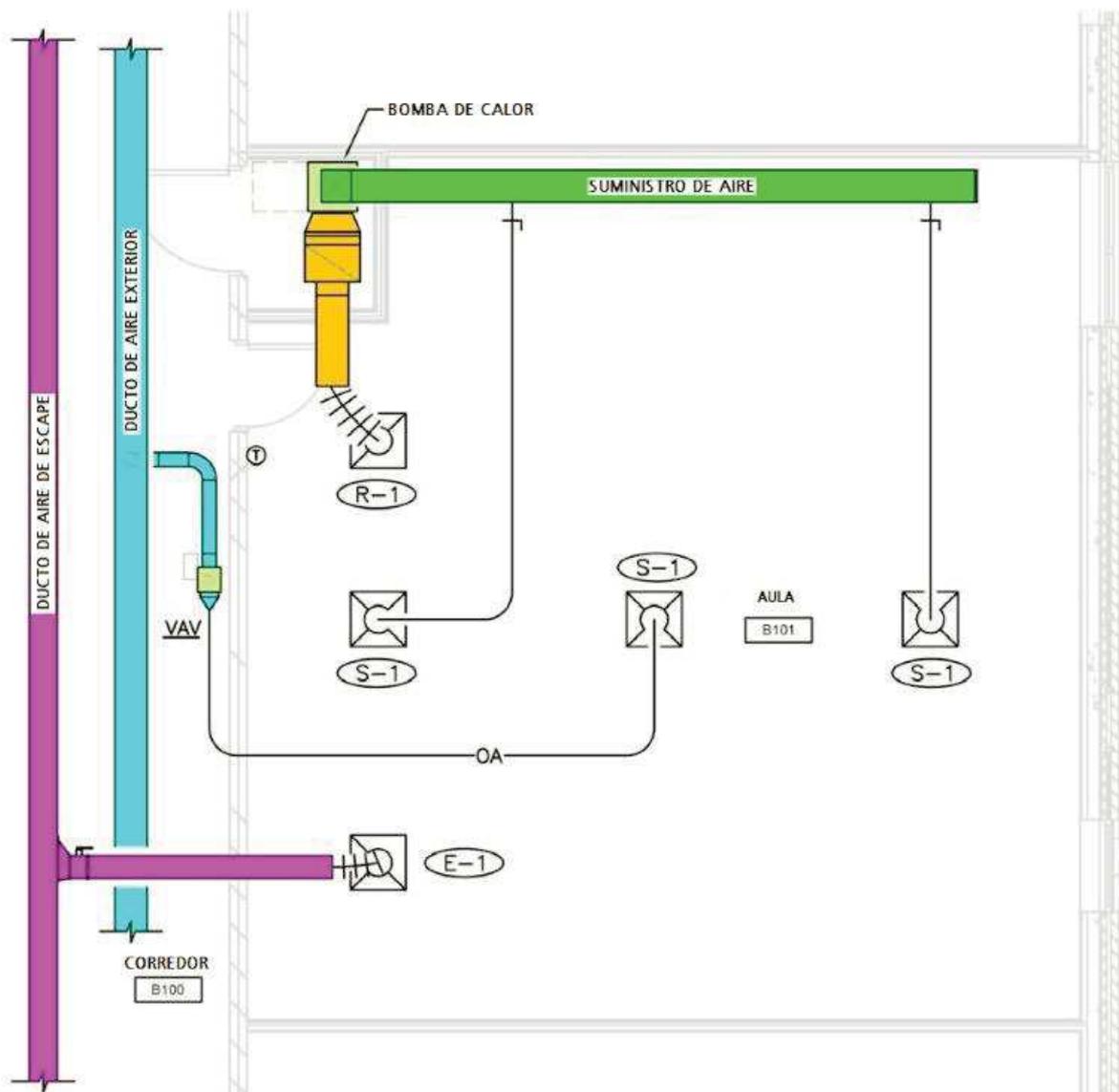


Figura 6-13: Fuente: ASHRAE Handbook.

## 6.5 Consumos y Eficiencia Energética. Aplicaciones.

Podemos nombrar cinco puntos básicos, que se deben cumplir en los edificios nuevos, o que sufran una rehabilitación significativa:

- ✚ Limitación de la demanda energética.
- ✚ Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- ✚ Eficiencia Energética de las instalaciones de iluminación.
- ✚ Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- ✚ Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

### ✚ Limitación de la demanda energética

Dotar al edificio, de una envolvente exterior adecuada a las exigencias necesarias para alcanzar el confort térmico en su interior, teniendo en cuenta condiciones climáticas, estacionales y de uso.

Estudiar las características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades por condensación superficial e intersticial, y con un correcto tratamiento de los puentes térmicos limitando las pérdidas y ganancias, de calor con el objeto de evitar problemas higrotérmicos.

### ✚ Rendimiento de las instalaciones térmicas

El edificio dispondrá de instalaciones térmicas apropiadas, que proporcionen el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. Se enfocará en las prestaciones, que las instalaciones térmicas deben satisfacer, sin obligar al uso de una determinada técnica o material. Se establecen los niveles de eficiencia energética y de seguridad, que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios, para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.

### ✚ Eficiencia Energética de las instalaciones de iluminación

Se establecen requisitos básicos, por zonas determinando la eficiencia energética de las instalaciones, que no deberá superar determinados límites, según el número de luxes y teniendo en cuenta el factor de mantenimiento de la instalación.

Se plantea la obligatoriedad, de instalar mecanismos de regulación, control manual y sensores de detección de presencia, o sistemas de temporización para zonas de uso esporádico. El nivel de iluminación será regulado en función del aporte de luz natural exterior. Así mismo, es necesario elaborar un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación para asegurar su eficiencia.

### ✚ Contribución solar de agua caliente sanitaria

Dependiendo de la zona climática, de emplazamiento y el consumo anual se fija una contribución o aporte solar mínimo anual entre 30% y 70%. Se deberá hacer un análisis, de las posibles alternativas de ubicación, de los edificios optando por aquella que contribuya al máximo aporte solar.

### ✚ Contribución fotovoltaica de energía eléctrica

Será aplicable a los edificios con elevado consumo eléctrico y gran superficie, o según el uso específico. Se tendrá en cuenta interferencias de sombras, etc.

Se deberá hacer un análisis de las posibles alternativas de ubicación, de los edificios optando por aquella que contribuya a la máxima producción, en base a la contribución solar.

## 6.6 Agua Caliente Sanitaria.

### ✚ Calentamiento de Agua

La cantidad de agua caliente, es determinada por el número de ocupantes y sus hábitos de consumo. La forma de uso es importante porque los consumos varían durante el día.

### ✚ Potencia Necesaria

La instalación de un acumulador de agua caliente (volumen), recortará los picos de consumo. El calor aportado al sistema con acumulación se puede calcular como:

$$H = \frac{c_p V (q_2 - q_1)}{t} \quad (6.1)$$

donde,

$H$  = potencia (kW)

$V$  = volumen del acumulador (litros)

$c_p$  = calor específico del agua (4,19 kJ/kg °C)

$q_1$  = temperatura de ingreso de agua fría (°C)

$q_2$  = temperatura del agua caliente (°C)

$t$  = tiempo de calentamiento del acumulador (seg.)

### ✚ Ejemplo - Potencia requerida para un Acumulador Térmico

Si un acumulador de 200 litros se llena con agua fría a 5 °C, la potencia requerida para llevar el agua a 50 °C en 5.5 horas es:

$$H = (4,19 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}) (200 \text{ litros}) [(50 \text{ } ^\circ\text{C}) - (5 \text{ } ^\circ\text{C})] / ((5,5 \text{ horas}) (3600 \text{ s/hora})) = \underline{1,9 \text{ kW}}$$

Este valor es la potencia típica de las resistencias en este tipo de acumuladores.

### ✚ Volumen Necesario

La ecuación (6.1) se puede modificar para calcular el volumen de acumulación si se conoce la potencia y el tiempo disponible:

$$V = H_a t_a / [c_p (q_2 - q_1)] \quad (6.2)$$

donde,

$H_a$  = potencia disponible (kW)

$t_a$  = tiempo de calentamiento (s)

Para un calentador instantáneo sin acumulación térmica, la potencia necesaria se puede calcular como:

$$H = c_p v (q_2 - q_1) \quad (6.3)$$

donde,

$v =$  flujo requerido (litros/s)

### ✚ Ejemplo - Potencia Requerida para flujo continuo

Supongamos una ducha que consume 0,05 litros/s de agua caliente. Si no contamos con acumulación térmica y el agua se calienta continuamente de 5 °C to 50 °C. La potencia requerida se puede calcular como:

$$H = (4,19 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}) (0,05 \text{ litros/s}) [(50 ^\circ\text{C}) - (5 ^\circ\text{C})] = 9,4 \text{ kW}$$

Esta alta demanda de potencia, es la razón por la que se usan los termotanques eléctricos. Además un acumulador ofrece el beneficio de estabilizar la temperatura, ya que las duchas son muy sensibles a las variaciones de temperatura.

### ✚ Superficie de Calefacción

La superficie de calefacción de un intercambiador de calor se puede calcular como:

$$A = 1000 H / k q_m \quad (6.4)$$

donde,

$A =$  superficie de calefacción ( $\text{m}^2$ )

$H =$  potencia calefactora (kW)

$k =$  coeficiente de transmisión ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )

$q_m =$  diferencia de temperatura media logarítmica (K)

El coeficiente de transmisión depende de:

- ✚ Los materiales usados en la superficie de intercambio
- ✚ La forma constructiva del intercambiador (turbulencia)
- ✚ El tipo de fluido (viscosidad y calor específico)

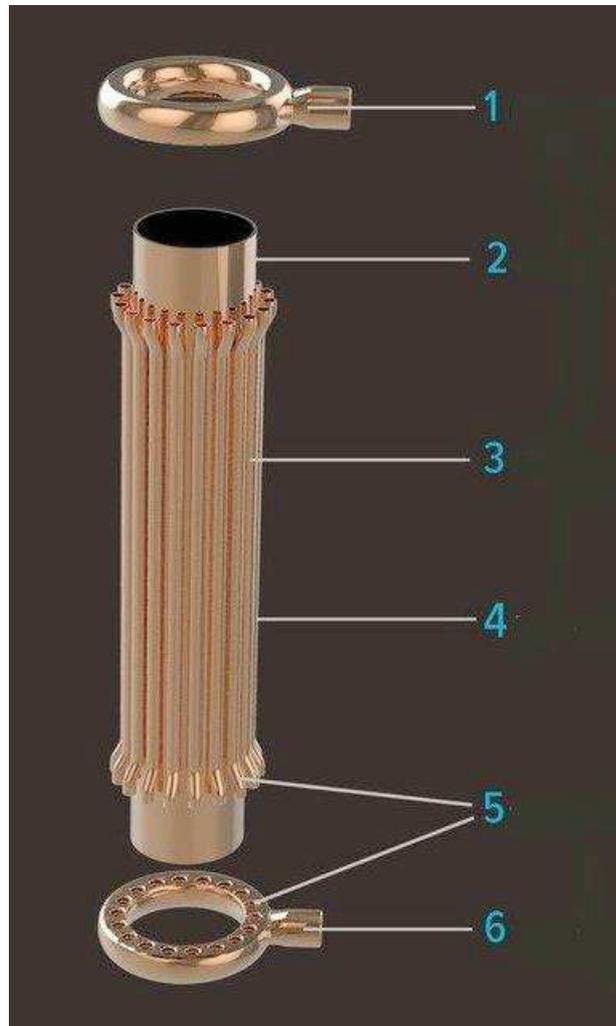


Figura 6-14

## 6.7 Colegios - Consumos.

Realidad actual de los edificios escolares:

### Factores externos:

- ✚ Edificios no diseñados para contener una escuela.
- ✚ Edificios con estructura de materiales antiguos
- ✚ Edificios sometidos a condiciones climáticas extremas
- ✚ Edificios con altas pérdidas térmicas.
- ✚ Sistemas de calefacción sobredimensionados

#### ✚ Edificios no diseñados para contener una escuela.

En nuestra realidad, ocupamos edificios que no están contruidos o diseñados para ser utilizado como escuela. Por ejemplo podemos citar el caso de una escuela que antiguamente era una cárcel de mujeres cuyo diseño no contempla el confort necesario para dictar una clase.

#### ✚ Edificios con estructura de materiales antiguos

En la actualidad existen escuelas construidas con materiales antiguos con baja aislación térmica por ejemplo techos de chapas o fibro cemento sin aislación térmica.

#### ✚ Edificios sometidos a condiciones climáticas extremas

Dentro de los edificios escolares podemos encontrar regiones donde las condiciones climáticas exponen a los materiales a cambios bruscos y aumentan la permeabilidad térmica provocando pérdidas de rendimiento térmico.

#### ✚ Sistemas de calefacción sobredimensionados

En un colegio, el pico de carga alcanza niveles altos solamente por la mañana; por lo tanto, el encendido de las calderas es de extrema importancia, porque el edificio que ha quedado frío durante toda la noche, se debe calentar en poco tiempo. Por esta razón, las calderas suelen ser de gran tamaño, causando un considerable gasto de energía, sin embargo, hay sistemas que evitan el uso de calderas sobredimensionadas, por ejemplo:

- ✚ Usar almacenamiento de calor térmico
- ✚ Instalar calderas modulares
- ✚ Gestionar racionalmente el tiempo de funcionamiento del sistema

#### **Factores internos:**

- ✚ Dejar calefacción encendida en lugares no ocupados.
- ✚ Las cargas horarias de los turnos.
- ✚ Desconocimiento del comportamiento de los materiales de construcción.

#### ✚ Dejar calefacción encendida en lugares no ocupados

Puede ocurrir que en algunos edificios se deje encendido los equipos de calefacción en aulas o talleres que no se encuentran ocupadas y estos son considerados como perdida de rendimiento térmico.

#### ✚ Las cargas horarias de los turnos.

En algunas escuelas existen diferentes cargas horarias como por ejemplo escuelas de tres turnos. Donde el consumo más importante se da en el turno nocturno donde se requiere un mayor consumo de iluminación y de energía térmica.

#### ✚ Desconocimiento del comportamiento de los materiales de construcción.

Sucede que el personal de mantenimiento de las escuelas que operan los equipos de calefacción desconoce la permeabilidad térmica de los materiales de los edificios y por lo tanto malgasta los recursos calefaccionando más en lugar de mejorar las aislaciones térmicas.

#### ✚ Sistemas de calefacción desequilibrados y uso parcial del edificio

Para resolver el problema de desequilibrio, en el sistema de calefacción es recomendable la instalación de válvulas termostáticas, que proporcionan el mismo nivel de confort en las diferentes zonas del edificio, independientemente de la distancia a la caldera, y reducen el gasto de energía.

Si solamente algunas de las aulas del colegio, son utilizadas después del horario escolar, la instalación de válvulas termostáticas por control remoto en habitaciones individuales, resolverían el problema de tener que mantener el sistema de calefacción en el resto del edificio, cuando no está siendo utilizado.

#### Consideraciones a tener en cuenta para la Climatización

- ✚ Configuración del edificio
- ✚ Factor de seguridad
- ✚ Horarios y tasa de ocupación, modo de uso
- ✚ Redundancia y sobrecapacidad
- ✚ Modelado energético como guía de diseño



---

# 7 Iluminación

por Eduardo R. Aquino, Gabriel Epíscopo y María Lanza

para Ministerio de Energía y Minería

## 7.1 Marco de trabajo

El siguiente contenido se desarrolló teniendo en cuenta documentos existentes referidos a la materia ILUMINACIÓN de amplia implementación en el ámbito de la seguridad e higiene laboral:

- La iluminación en el ambiente laboral, Guía práctica N°1 Gerencia de Prevención, Ministerio de Trabajo, Presidencia de la Nación.  
<http://www.srt.gob.ar/adjuntos/prevencion/guiailuminacion.pdf>
- Eficiencia y ahorro energético, Guía Técnica de Eficiencia Energética, Ministerio de Ciencia y Tecnología (España), pág. 22 a 40.  
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Guias\\_tecnicas\\_de\\_ahorro\\_y\\_eficiencia\\_energetica\\_en\\_climatizacion\\_prov\\_1701\\_c5505b02.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Guias_tecnicas_de_ahorro_y_eficiencia_energetica_en_climatizacion_prov_1701_c5505b02.pdf)

## 7.2 Resumen

Este capítulo describe la fotometría compuesta por la luz, la visión la sensibilidad del ojo los campos visuales y los conceptos básicos desde el punto de vista de la óptica. Hace referencia a la iluminación artificial teniendo en cuenta el flujo luminoso, el rendimiento y la luminancia. Describe las magnitudes y sus correspondientes unidades. Para finalizar, detalla la importancia de la iluminación natural teniendo en cuenta los factores económico-ambientales, la salud, la radiación solar y el deslumbramiento.

### 7.3 Introducción:

En el presente capítulo se expone un desarrollo teórico donde se explican varios conceptos a tener en cuenta previamente. Primeramente, se describe la fotometría y la óptica en relación a la anatomía de la visión humana. De esta manera se abordan conceptos de iluminación artificial con sus magnitudes y unidades, como así también, la distribución uniforme de la iluminación en los diferentes sectores de trabajos pasando por iluminación natural y culminando la unidad con un ejemplo práctico de medición.



### 7.4 Fotometría, Luz y Óptica

Los seres humanos poseen una capacidad extraordinaria para adaptarse a su ambiente y a su entorno inmediato. De todos los tipos de energía que se pueden utilizar, la luz es la más importante. La luz es un elemento esencial de nuestra capacidad de ver y necesaria para apreciar la forma, el color y la perspectiva de los objetos que nos rodean.

La mayor parte de la información que obtenemos a través de nuestros sentidos la obtenemos por la vista (cerca del 80%). Y al estar tan acostumbrados a disponer de ella, damos por supuesta su labor.

Ahora bien, no debemos olvidar que ciertos aspectos del bienestar humano, como nuestro estado mental o nuestro nivel de fatiga, se ven afectados por la iluminación y por el color de las cosas que nos rodean.

La luz: Es una forma particular y concreta de energía que se desplaza o propaga, no a través de un conductor (como la energía eléctrica o mecánica) sino por medio de radiaciones, es decir, de perturbaciones periódicas del estado electromagnético del espacio; es lo que se conoce como "energía radiante".

Existe un número infinito de radiaciones electromagnéticas que pueden clasificarse en función de la forma de generarse, manifestarse, etc. La clasificación más utilizada sin embargo es la que se basa en las longitudes de onda (Fig. 1). En dicha figura puede observarse que las radiaciones visibles por el ser humano ocupan una franja muy estrecha comprendida entre los 380 y los 780 nm (nanómetros).

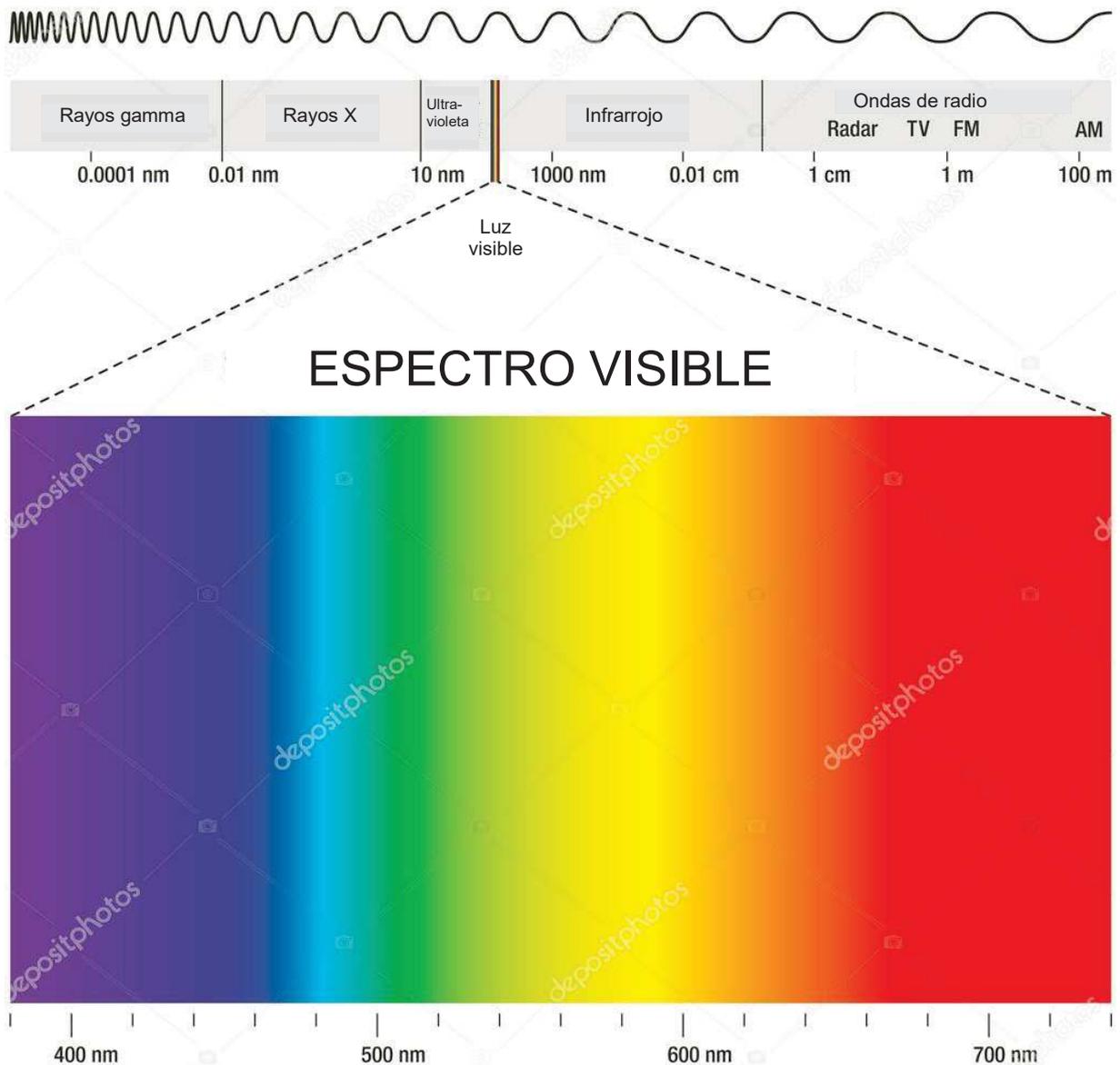


Figura 7-1

Podemos definir a la luz, como "una radiación electromagnética capaz de ser detectada por el ojo humano".

**La visión:** Es el proceso por medio del cual se transforma la luz en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones. El órgano encargado de realizar esta función es el ojo. Sin entrar en detalles, el ojo humano (Figura 7-2) consta de:

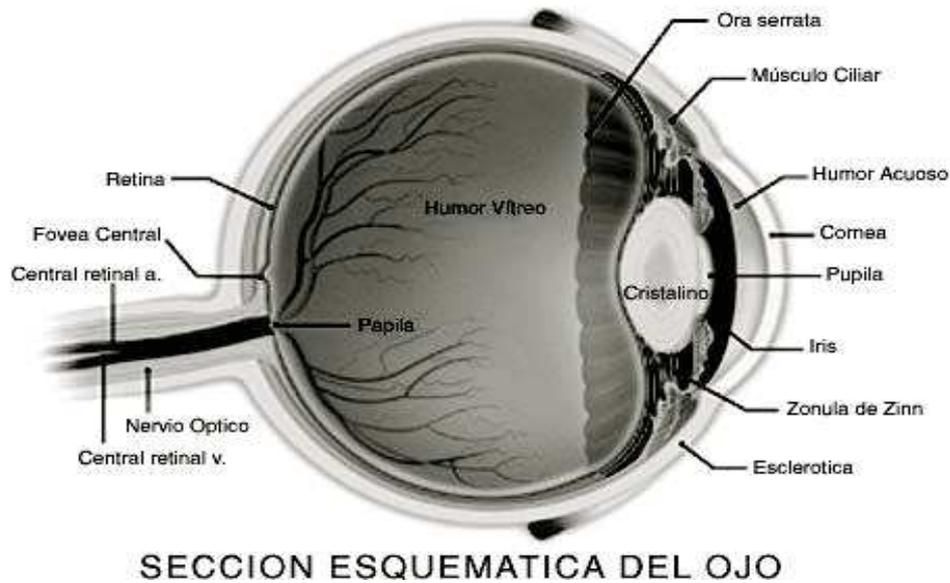


Figura 7-2: Estructura del ojo humano.

- Una pared de protección que protege de las radiaciones nocivas.
- Un sistema óptico cuya misión consiste en reproducir sobre la retina las imágenes exteriores. Este sistema se compone de córnea, humor acuoso, cristalino y humor vítreo.
- Un diafragma, el iris, que controla la cantidad de luz que entra en el ojo.
- Una fina película sensible a la luz, "la retina", sobre la que se proyecta la imagen exterior. En la retina se encuentran dos tipos de elementos sensibles a la luz: los conos y los bastones; los primeros son sensibles al color por lo que requieren iluminaciones elevadas y los segundos, sensibles a la forma, funcionan para bajos niveles de iluminación.
- También se encuentra en la retina la fovea, que es una zona exclusiva de conos y en donde la visión del color es perfecta, y el punto ciego, que es la zona donde no existen ni conos ni bastones.

En relación a la visión deben tenerse en cuenta los aspectos siguientes:

- Sensibilidad del ojo
- Agudeza Visual o poder separador del ojo
- Campo visual

**Sensibilidad del ojo:** Es quizás el aspecto más importante relativo a la visión y varía de un individuo a otro.

Si el ojo humano percibe una serie de radiaciones comprendidas entre los 380 y los 780 nm, la sensibilidad será baja en los extremos y el máximo se encontrará en los 555 nm. En el caso de niveles de iluminación débiles esta sensibilidad máxima se desplaza hacia los 500 nm. (Figura 7-3).

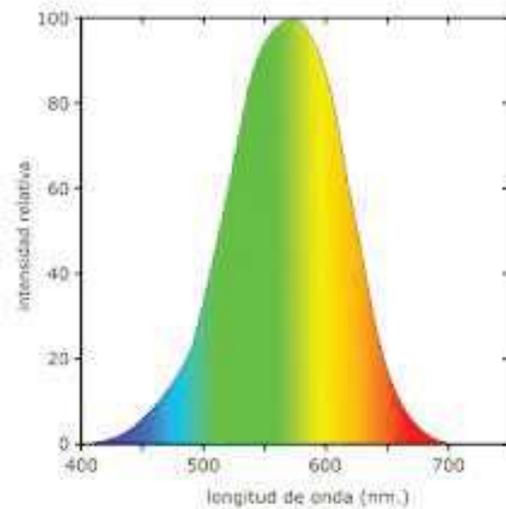


Figura 7-3

La visión diurna con iluminación alta se realiza principalmente por los conos: a esta visión la denominamos fotópica (Figura 7-4).

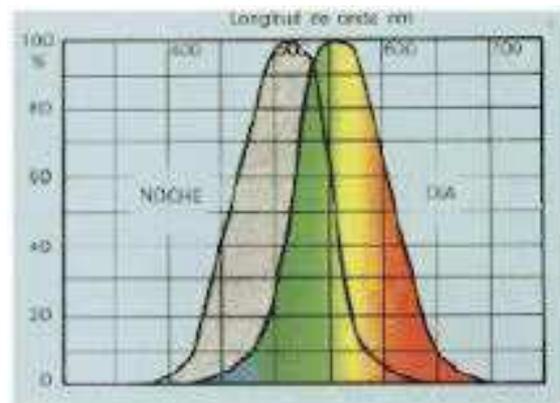


Figura 7-4

La visión nocturna con baja iluminación es debida a la acción de los bastones, a esta visión la denominamos escotópica (Figura 7-4).

**Campo visual:** Es la parte del entorno que se percibe con los ojos, cuando éstos y la cabeza permanecen fijos.

A efectos de mejor percepción de los objetos, el campo visual lo podemos dividir en tres partes:

- **Campo de visión neta:** visión precisa.
- **Campo medio:** se aprecian fuertes contrastes y movimientos.
- **Campo periférico:** se distinguen los objetos si se mueven.

## 7.5 Iluminación artificial. Magnitudes y unidades

Si partimos de la base de que para poder hablar de iluminación es preciso contar con la existencia de una fuente productora de luz y de un objeto a iluminar, las magnitudes que deberán conocerse serán las siguientes:

- El Flujo luminoso.
- Rendimiento luminoso.
- La Intensidad luminosa.
- La Iluminancia o nivel de iluminación.
- La Luminancia.

La definición de cada una de estas magnitudes, así como sus principales características y las correspondientes unidades se dan en la siguiente tabla:

Denominación	Símbolo	Unidad	Definición de la unidad
Flujo luminoso	$\Phi$	Lumen (lm)	Es la cantidad total de luz emitida o radiada, en un segundo, en todas las direcciones.
Rendimiento luminoso	$\eta$	Lumen por vatio (lm/W)	Indica el flujo que emite una lámpara por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.
Intensidad luminosa	I	Candela (cd)	Flujo emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección determinada.
Iluminancia	E	Lux (lx)	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de un m <sup>2</sup> .
Luminancia	L	Candela x m <sup>2</sup>	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie (1 m <sup>2</sup> )

**Iluminancia:** también conocida como nivel de iluminación, es la cantidad de luz en lúmenes, por el área de la superficie a la que llega dicha luz.

**Unidad:** lux = lm/m<sup>2</sup>. **Símbolo:** E

La cantidad de luz sobre una tarea específica o plano de trabajo, determina la visibilidad de la tarea pues afecta a:

- La agudeza visual
- La sensibilidad de contraste o capacidad de discriminar diferencias de luminancia y color

- La eficiencia de acomodación o eficiencia de enfoque sobre las tareas a diferentes distancias

Cuanto mayor sea la cantidad de luz y hasta un cierto valor máximo (límite de deslumbramiento), mejor será el rendimiento visual.

En principio, la cantidad de luz en el sentido de adaptación del ojo a la tarea debería especificarse en términos de luminancia. La luminancia de una superficie mate es proporcional al producto de la iluminancia o nivel de iluminación sobre dicha superficie.

La iluminancia es una consecuencia directa del alumbrado y la reflectancia constituye una propiedad intrínseca de la tarea. En una oficina determinada, pueden estar presentes muchas tareas diferentes con diversas reflectancias, lo que hace muy complicado tanto su estudio previo a la instalación, como sus medidas posteriores.

Pero la iluminancia permanece dependiendo sólo del sistema de alumbrado y afecta a la visibilidad. En consecuencia, para el alumbrado de oficinas, la cantidad de luz se especifica en términos de iluminancias y normalmente de la iluminancia media (E med) a la altura del plano de trabajo.

**Para medir la iluminancia se utiliza un equipo denominado luxómetro.**

**Luminancia:** Es una característica propia del aspecto luminoso de una fuente de luz o de una superficie iluminada en una dirección dada.

Es lo que produce en el órgano visual la sensación de mayor o menor claridad con que vemos los objetos igualmente iluminados. Por ejemplo, el libro y la mesa tienen el mismo nivel de iluminación, sin embargo, se ve con más claridad el libro porque éste posee mayor luminancia que la mesa.

Podemos decir entonces, que lo que el ojo percibe son diferencias de luminancia y no de niveles de iluminación.

**Grado de reflexión:** La luminancia de una superficie no sólo depende de la cantidad de lux que incidan sobre ella, sino también del grado de reflexión de esta superficie. Una superficie negro mate absorbe el 100% de la luz incidente, una superficie blanco brillante refleja prácticamente en 100% de la luz.

Todos los objetos existentes poseen grados de reflexión que van desde 0% y 100%. El grado de reflexión relaciona iluminancia con luminancia.

**Distribución de la luz, deslumbramiento:** Los factores esenciales en las condiciones que afectan a la visión son la distribución de la luz y el contraste de luminancias. Por lo que se refiere a la distribución de la luz, es preferible tener una buena iluminación general en lugar de una iluminación localizada, con el fin de evitar deslumbramientos.

- a) Reflejos cegadores causados por apliques con un fuerte componente descendente de flujo luminoso.

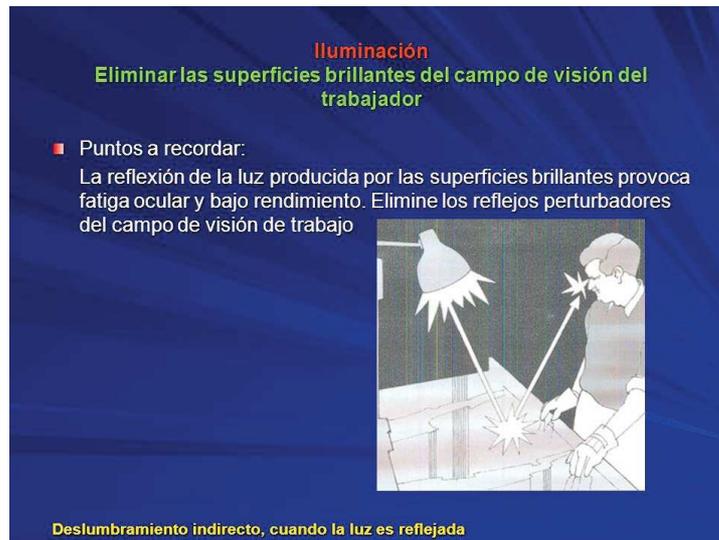


Figura 7-5: Fuente de información Wikipedia (enciclopedia libre).

- b) Luminarias con distribución de “ala de murciélago” para eliminar los reflejos cegadores sobre una superficie de trabajo horizontal.

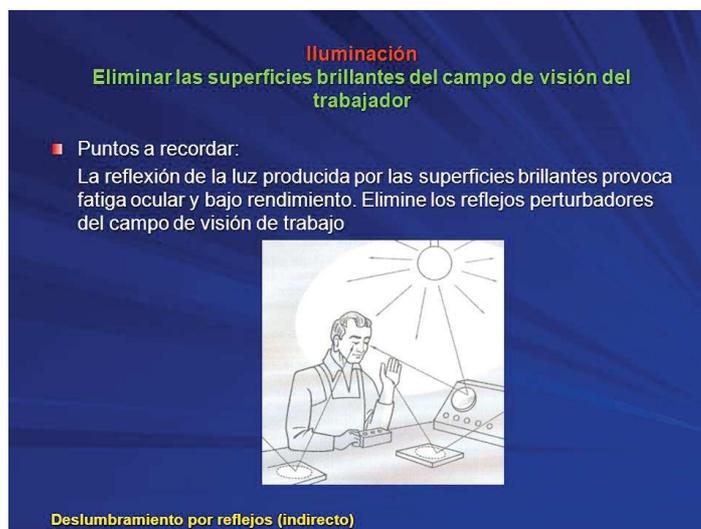


Figura 7-6: Fuente de información Wikipedia (enciclopedia libre).

La distribución de la luz de las luminarias también puede provocar un deslumbramiento directo y, en un intento por resolver este problema, es conveniente instalar unidades de iluminación local fuera del ángulo prohibido de 45 grados, como puede verse en la Figura 7-7.

**Iluminación**

**Reubicar las fuentes de luz o dotarlas de un apantallamiento apropiado para eliminar el deslumbramiento directo**

■ **Puntos a recordar:**  
 Evitando el deslumbramiento directo se puede mejorar mucho la visibilidad de los elementos de la tarea sin necesidad de incrementar la intensidad de la iluminación. Un trabajo libre de deslumbramiento mejora en gran medida la calidad del trabajo y reduce el discomfort de los operarios

**Una lámpara apantallada debe ser colocada a la altura apropiada**

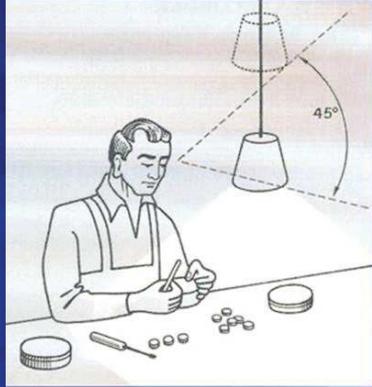


Figura 7-7: Fuente de información Wikipedia (enciclopedia libre).

Por esta razón los accesorios eléctricos deben distribuirse lo más uniformemente posible con el fin de evitar diferencias de intensidad luminosa.

El deslumbramiento puede ser directo (cuando su origen está en fuentes de luz brillante situadas directamente en la línea de la visión) o reflejado (cuando la luz se refleja en superficies de alta reflectancia).

Cuando existe una fuente de luz brillante en el campo visual se producen brillos deslumbrantes; el resultado es una disminución de la capacidad de distinguir objetos. Los trabajadores que sufren los efectos del deslumbramiento constante y sucesivamente pueden sufrir fatiga ocular, así como trastornos funcionales, aunque en muchos casos ni siquiera sean conscientes de ello.

**Factores que determinan el confort visual:** Los requisitos que un sistema de iluminación debe cumplir para proporcionar las condiciones necesarias para el confort visual son;

- Iluminación uniforme.
- Iluminancia óptima.
- Ausencia de brillos deslumbrantes.
- Condiciones de contraste adecuadas.
- Colores correctos.
- Ausencia de efectos estroboscópicos.

Es importante examinar la luz en el lugar de trabajo no sólo con criterios cuantitativos, sino cualitativos. El primer paso es estudiar la zona de trabajo, la

movilidad del personal etcétera. La luz debe incluir componentes de radiación difusa y directa.



El resultado de la combinación de ambos producirá sombras de mayor o menor intensidad, que permitirán al trabajador percibir la forma y la posición de los objetos situados en el puesto de trabajo. Deben eliminarse los reflejos molestos, que dificultan la percepción de los detalles, así como los brillos excesivos o las sombras oscuras.

Figura 7-8

El mantenimiento periódico de la instalación de alumbrado es muy importante. El objetivo es prevenir el envejecimiento de las lámparas y la acumulación de polvo en las luminarias, cuya consecuencia será una constante pérdida de luz. Por esta razón, es importante elegir lámparas y sistemas fáciles de mantener.



Figura 7-9

**Medición:** El método de medición que frecuentemente se utiliza, es una técnica de estudio fundamentada en una cuadrícula de puntos de medición que cubre toda la zona analizada. La base de esta técnica es la división del interior en varias áreas iguales, cada una de ellas idealmente cuadrada. Se mide la iluminancia existente en el centro de cada área a la altura de 0,8 metros sobre el nivel del suelo y se calcula un valor medio de iluminancia. En la precisión de la iluminancia media influye el número de puntos de medición utilizados. Existe una relación que permite calcular el número mínimos de puntos de medición a partir del valor del índice de local aplicable al interior analizado.

**Ejemplo Práctico:**

A continuación, recorreremos un ejemplo práctico de aplicación de cómo se realiza una medición:

$$\text{Índice de local (K)} = \text{Largo} \times \text{Ancho} / \text{Altura (largo + ancho)}$$

Aquí el largo y el ancho, son las dimensiones del recinto y la altura de montaje es la distancia vertical entre el centro de la fuente de luz y el plano de trabajo. La relación mencionada se expresa de la forma siguiente:

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (K+2)^2$$

Donde “K” es el valor del índice de local redondeado al entero superior, excepto para todos los valores de “Índice de local” iguales o mayores que 3, el valor de K es 4. A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

Una vez que se obtuvo el número mínimo de puntos de medición, se procede a tomar los valores en el centro de cada área de la grilla.

Cuando en recinto donde se realizará la medición posea una forma irregular, se deberá en lo posible, dividir en sectores cuadrados o rectángulos.

Luego se debe obtener la iluminancia media (E Media), que es el promedio de los valores obtenidos en la medición.

$$E \text{ Media} = \Sigma \text{ valores medidos (en Lux)} / \text{Cantidad de puntos medidos}$$

Una vez obtenida la iluminancia media, se procede a verificar el resultado según lo requiere el Decreto 351/79 en su Anexo IV, en su tabla 2, según el tipo de edificio, local y tarea visual.

**Según IRAM AADLJ 20-06 La Iluminancia media a verificar en aula común es de 500 lux general y 1000 lux en la zona del pizarrón.**

En caso de no encontrarse en la tabla de Em el tipo de edificio, el local o la tarea visual que se ajuste al lugar donde se realiza la medición, se deberá buscar la intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual en la tabla 1 y seleccionar la que más se ajuste a la tarea visual que se desarrolla en el lugar.

Una vez obtenida la iluminancia media, se procede a verificar la uniformidad de la iluminancia, según lo requiere el Decreto 351/79 en su Anexo IV

$$E \text{ Mínima} \geq E \text{ Media} / 2$$

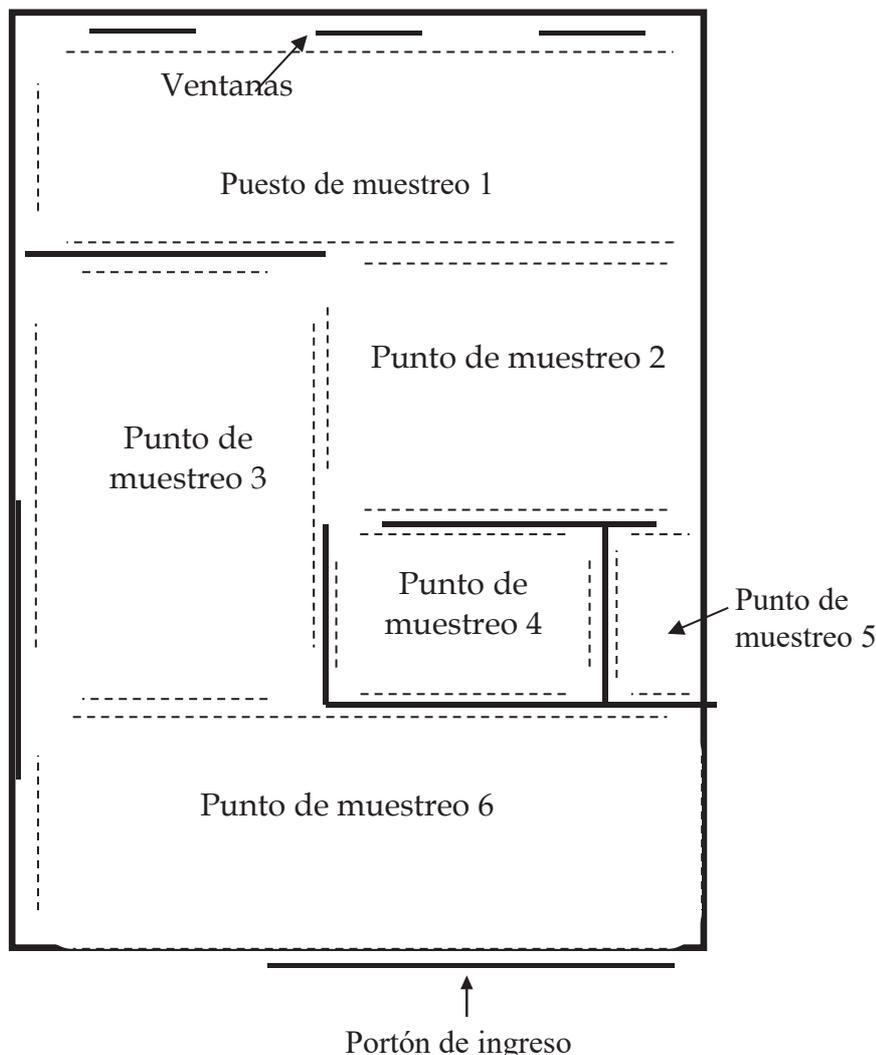
Donde la iluminancia Mínima ( $E$  Mínima), es el menor valor detectado en la medición y la iluminancia media ( $E$  Media) es el promedio de los valores obtenidos en la medición.

Si se cumple con la relación, indica que la uniformidad de la iluminación está dentro de lo exigido en la legislación vigente.

La tabla 4, del Anexo IV, del Decreto 351/79, indica la relación que debe existir entre la iluminación localizada y la iluminación general mínima.

### Ejemplo práctico.

Se realiza un relevamiento del nivel de iluminación, en un establecimiento dedicado a la fabricación de sillas y mesas de madera (carpintería), como primer paso tomamos un plano existente o confeccionamos un plano o croquis del establecimiento, lo divididos en zonas a las que llamaremos "punto de muestreo", individualizándolas con un número correlativo.



Luego tomamos cada punto de muestreo y realizamos un croquis con las medidas del mismo. Luego indicamos el sector, sección, puesto o puesto tipo (en nuestro ejemplo medimos la iluminación general de los puntos de muestreo).

La metodología utilizada es la de la cuadrícula o también llamada grilla. Para realizar las mediciones se deben tener en cuenta los turnos de trabajo que se realizan en el establecimiento, en nuestro caso, a la tarde y en horas de la noche.

### Mediciones hipotéticas realizadas a la tarde

**Punto de muestreo 1:** Producción, aquí se encuentran distintas máquinas como, sierras, tupi, garlopa, lijadora de banda entre otras.

Las dimensiones del punto de muestreo son las siguientes:

**Largo:** 10 metros

**Ancho:** 40 metros

**Altura de trabajo:** 4 metros medidos desde el piso.

Calculamos el número mínimo de puntos de medición a partir del valor del índice de local aplicable al interior analizado.

$$\text{Índice de local} = 10 \text{ m.} \times 40 \text{ m.} / 4 \text{ m.} (10 \text{ m.} + 40 \text{ m.})$$

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (2+2)^2 = 16$$

Croquis aproximado del local donde, con la cuadrícula de puntos de medición que cubre toda la zona analizada.

200	250	250	200	10 m.
95	100	90	80	
68	76	90	80	
80	85	100	100	
40 m.				

Luego se debe obtener la iluminancia media (E Media), que es el promedio de los valores obtenidos en la medición.

$$E \text{ Media} = 200 + 250 + 200 + 95 + 100 + 90 + 80 + 68 + 76 + 90 + 80 + 80 + 85 + 100 + 100 / 16 = 121.5 \text{ (Lux)}$$

Entonces, para verificar que el valor calculado cumple con el mínimo requerido por la legislación vigente, ingreso en el Anexo IV, del Decreto 351/79 y en su tabla 2 (intensidad mínima de iluminación), se busca si existe el tipo de edificio, local y tarea visual, donde tome la medición, en nuestro caso es una maderera, carpintería, zona de bancos y maquinas, donde la legislación exige, que el valor mínimo de servicio de iluminación es de 300 lux y el promedio de iluminación obtenida (E media) es de 121,5 lux, por lo que no cumple con la legislación vigente.

Luego se procede a verificar la uniformidad de la iluminancia según lo requiere el Anexo IV, Dec. 351/79.

$$68 \geq (121,5/2) = 68 \geq 60,75$$

El resultado de la relación, nos indica que la uniformidad de la iluminación se ajusta a la legislación vigente, ya que 68 (valor de iluminancia más bajo) es mayor que 60,75.

❖ ESTE PROCEDIMIENTO SE DEBE REPETIR CON CADA PUNTO DE MUESTREO

### Recomendaciones a tener en cuenta

Cuando se efectúa un relevamiento de niveles de iluminación a partir de la medición de iluminancias, es conveniente tener en cuenta los puntos siguientes:

- El luxómetro debe estar correctamente calibrado.
- Prácticamente la totalidad de los fabricantes de instrumentos indican una calibración anual, la que debe incluir el control de la respuesta espectral y la corrección a la ley coseno.
- El instrumento debe ubicarse de modo que registre la iluminancia que interesa medir. Ésta puede ser horizontal (por ej. para determinar el nivel de iluminancia media en un ambiente) o estar sobre una superficie inclinada (un tablero de dibujo).
- La medición se debe efectuar en la peor condición o en una condición típica de trabajo.
- Se debe medir la iluminación general y por cada puesto de trabajo o por un puesto tipo.
- Planificar las mediciones según los turnos de trabajo que existan en el establecimiento.
- Debe tenerse siempre presente cuál es el plano de referencia del instrumento, el que suele marcarse directamente sobre la fotocelda o se indica en su manual.

- Se debe tener especial cuidado en excluir de la medición aquellas fuentes de luz que no sean de la instalación. Asimismo, deben evitarse sombras sobre el sensor del luxómetro.
- En el caso de instalaciones con lámparas de descarga, es importante que éstas se enciendan al menos veinte minutos antes de realizar la medición, para permitir una correcta estabilización.
- Suele ser importante registrar el valor de la tensión de alimentación de las lámparas.
- En instalaciones con lámparas de descarga nuevas, éstas deben estabilizarse antes de la medición, lo que se logra luego de entre 100 y 200 horas de funcionamiento.

### Tipos de lámparas en una instalación

En una instalación de iluminación tipo podemos encontrar distintos tipos de lámparas, desde las más eficientes hasta las menos, ello depende principalmente de los costos y del momento en que fue instalada. Por lo tanto, podemos encontrar una amplia gama de lámparas y luminarias.

Si realizamos una lista de tipos de lámparas iniciando por las menos eficientes hacia las de mayor eficiencia deberíamos comenzar de la siguiente manera:

	Eficiencia (lum/W)	Vida útil (horas)	IRC (%)	Temp (K)	Reencendid (min)
Incandescente	Hasta ~10	~1000	100	3000	0
Halógena	Hasta ~20	~2000	100	2500 - 4700	0
Fluorescente	60 - 110	Hasta 25000	>80	2500 - 6500	~0
Luz mezcla	25	Hasta 13000	<65	~3500	10
Halogenuro	Hasta 110	Hasta 20000	70 - 90	3800 - 6700	15
VSBP	Hasta 160	Hasta 22000	-	-	0,2
VSAP	Hasta 130	Hasta 28000	25 - 65	2000	1 - 5
LED	Hasta 120	50000	>80	3000 - 6000	0

### Valor de Eficiencia Energética de la Instalación

La eficiencia energética de una instalación de iluminación en una zona, se determinará mediante la expresión “*valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m<sup>2</sup>)*” por cada 100 lux mediante la siguiente fórmula:

$$VEEI = P \times 100 / S \times Em$$

Donde:

P: la potencia de la *lámpara* más el *equipo auxiliar* [W]

S: la superficie iluminada [m<sup>2</sup>]

E<sub>m</sub>: la iluminancia media horizontal mantenida [lux]

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la siguiente tabla. Estos valores incluyen la iluminación general y la iluminación localizada.

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico <sup>(1)</sup>	3,5
aulas y laboratorios <sup>(2)</sup>	3,5
habitaciones de hospital <sup>(3)</sup>	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes <sup>(4)</sup>	4,0
almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos <sup>(5)</sup>	4,0
estaciones de transporte <sup>(6)</sup>	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) <sup>(7)</sup>	6,0
hostelería y restauración <sup>(8)</sup>	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias <sup>(9)</sup>	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Tabla 7-1: Valores límite de eficiencia energética de la instalación

## 7.6 Iluminación natural



La iluminación natural es un factor muy importante a tener en cuenta a la hora de diagramar o diseñar un sistema de iluminación eficiente, aprovechando este recurso natural y gratuito podemos reducir hasta un 20% del consumo de energía y generar homogeneidad en el alumbrado interior

Algunos de los factores positivos a tener en cuenta son:

- **Económico / Ambiental:** Es un recurso gratuito y renovable, mediante su aprovechamiento se puede ahorrar hasta un 20% del consumo de energía
- **Salud:** contar con buena iluminación natural no solo ayuda a mejorar la visión, sino también ayuda a mejorar el estado de ánimo y la concentración en las tareas que se están realizando.
- **Térmico:** contar con radiación solar en invierno es favorable para mejorar la temperatura del ambiente, no obstante, durante los veranos contar con luz solar puede resultar contra productivo por las altas temperaturas.
- **Deslumbramiento:** contar con un exceso de luz solar puede generar deslumbramientos en el ambiente si no se cuenta con un control de parasoles adecuado, lo que puede resultar molesto para los ocupantes del sector.

## 7.7 Referencias

- [50] Iluminación en el ambiente laboral. Guía práctica N°1 GERENCIA DE PREVENCIÓN. SRT Superintendencia de Riesgos del Trabajo. (Ministerio de Trabajo).
- [51] Catálogo general Osram 2016.
- [52] Faen, Fundación Asturiana de Energía.



---

# 8 Consumos eléctricos

por Marcelo Silvosa

para Ministerio de Energía y Minería

## 8.1 Resumen

Este capítulo contiene conceptos básicos de potencia y energía, en particular detalla la potencia activa y la potencia reactiva. Asimismo define el costo energético y el factor tarifario, y ayuda mostrando como podemos armar un cuadro tarifario; y los componentes tarifarios uno a uno dentro de una factura, aportando datos de cómo verificar el encuadre tarifario. Muestra cómo reducir las penalizaciones en la facturación realizada en la compañía distribuidora, y cómo se relacionan los equipos con la eficiencia energética presentando un cuadro de consumos. Por último aporta consejos de cómo ahorrar energía en cada equipo instalado en la escuela.

## 8.2 Introducción

Para realizar una introducción a cerca de consumos eléctricos estableceremos los tipos de potencias (potencia activa, reactiva y aparente). Para saber cuál de ellas interviene en la facturación de las empresas, cuál de ellas es la considerada no deseable y su relación con el factor de potencia.

Para conocer y comparar los datos de facturación con los consumidos en las escuelas deberemos tener en cuenta dos factores importantes como son:

- Conocer e interpretar cada detalle de una factura.
- Saber y registrar adecuadamente los consumos de cada uno de los equipos instalados en las escuelas.

Con esta información se podrán tomar decisiones respecto de cómo reducir, por ejemplo, los costos por bajo factor de potencia, y la estrategia para mejorar el mapa de consumo, realizando una distribución que se relacione con las tarifas de facturación según los horarios, picos, de valle y resto.

A demás del plan estratégico de consumo conoceremos el valor de la potencia de cada uno de los aparatos más comunes instalados en las escuelas y los consejos para mejorar sus usos.

## 8.3 Potencia y Energía eléctrica

En el capítulo 1, ya hemos definido en forma genérica a la energía y sus varios tipos.

La energía eléctrica en particular, es la forma de energía que resultará de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, situación que permitirá establecer una corriente eléctrica entre ambos puntos si se los coloca en contacto por intermedio de un conductor eléctrico, lo que le permitirá producir transformaciones en un sistema determinado.

La energía eléctrica, tiene la propiedad, como cualquier otro tipo de energía de ser transferida, transformada, transportada o acumulada.

La potencia eléctrica, por otra parte, es la velocidad con la cual se transfiere la energía, es decir que tiene en cuenta el tiempo en el cual esa energía es utilizada.

Por ejemplo, tendremos una cierta potencia eléctrica cuando la cantidad de energía disponible se transfiera en un determinado tiempo. Pero si esa misma cantidad de energía se transfiere en la mitad del tiempo, entonces habremos puesto en juego el doble de potencia eléctrica.

La unidad de energía en el sistema internacional (SI) es el Joule (J) y sus múltiplos y submúltiplos (ej. kJ, MJ, GJ). También es muy utilizada como unidad el Wh o kWh aunque esta unidad no es aceptada en el SI.

La unidad para la potencia es el Watt ( $W = J/s$ ) y sus múltiplos y submúltiplos (ej. kW, MW, GW).

## 8.4 Energía y Potencia activa, Energía y Potencia reactiva.

Tanto la energía como la potencia eléctrica podemos considerarlas que están formadas por dos componentes, una llamada activa y la otra reactiva.

Activa: La energía o potencia activa es la realmente útil que produce trabajo eléctrico y es capaz de ser transformada en otros tipos de energía, calórica, mecánica, etc., para producir transformaciones en los sistemas. Esta es la energía que realmente nos cuesta generar, y con la cual se consumen los recursos energéticos primarios.

Reactiva: Por otra parte, esta es utilizada en la generación de campos eléctricos y magnéticos, necesarios para el funcionamiento de los motores, transformadores, reactancias, y los capacitores o condensadores. Este tipo de energía no puede transformarse en trabajo útil, y por lo tanto es utilizada para generar el campo magnético y devuelta a la red cuando ese campo desaparece. Esta energía no es una energía que se quiera generar, pero aparece cuando existen bobinados o capacitores, y es indeseable.

Para diferenciarla de la energía activa, la unidad que se utiliza para la energía reactiva es el VARh (Volta ampere reactivo por hora), y para la potencia reactiva VAR, pero en realidad es una simple diferenciación de nomenclatura para no confundirla con la energía activa.

Si bien la energía reactiva no nos sirve para producir trabajo, el hecho que aparezca cuando se generan campos eléctricos y magnéticos, implica que es una energía que debe ser transportada, y esto produce la sobrecarga de las líneas de transmisión así como el incremento de las pérdidas energéticas a través de ellas.

Otra diferencia importante entre la energía activa y la reactiva son los valores que adquiere cada una de ellas cuando es transportada a través de las redes de distribución.

Sabemos que la energía eléctrica que utilizamos, llamada Alterna, a diferencia de la continua, adquiere valores que varían en el tiempo. Estos valores van, tanto para la tensión como para la corriente, desde un valor máximo pasando luego por cero y tomando luego valores mínimos y negativos, para luego volver a cero y seguir así el ciclo, y lo hacen siguiendo una función matemática sinusoidal.

Pero existe una diferencia muy importante en los valores de tensión y de corriente cuando se trate de energía activa o reactiva. En la energía activa, tanto los valores

máximos, ceros y mínimos de la tensión y de la corriente se producen en el mismo instante, mientras que en la generación de la energía reactiva, mientras la tensión pasa por un máximo, la corriente pasa por un valor cero.

De esta forma se produce un desfase entre los valores de tensión y corriente. Cuando existe una carga inductiva (bobinado) la corriente está atrasada con respecto a la tensión, mientras que con una carga capacitiva, la corriente está adelantada con la tensión. Cuando estas cargas son puras, tanto inductiva como capacitiva, esos desfases son de un cuarto de ciclo.

Este desfase entre la tensión y la corriente, produce lo que denominamos energía reactiva.

## 8.5 El costo energético.

El costo energético obedece a algo tan simple como:

$$\text{COSTO ENERGÉTICO} = \text{TARIFA} \times \text{CONSUMO}$$

Para disminuirlo la cuestión está en conocer, para:

### LAS TARIFAS

- ❖ Como es fijada la tarifa y que posibilidad tenemos para mejorar ese encuadramiento.
- ❖ Qué variables están al alcance de nuestra acción.
- ❖ Como se mueven los parámetros que influyen en la tarifa.
- ❖ Que otros costos existen asociados a las tarifas directas (penalizaciones).

### LOS CONSUMOS

- ❖ Dónde se usa la energía.
- ❖ Cómo se usa esa energía.
- ❖ Dónde se desperdicia la energía.
- ❖ Cómo hacemos para disminuir esos consumos.
- ❖ Cuánto nos cuestan esas modificaciones.

En definitiva, debemos conocer cómo funciona el **sistema externo** a nuestras instalaciones (aunque con influencias directas y mutuas), en lo que denominamos aquí **EL FACTOR TARIFARIO**.

También debemos conocer cómo funciona el **sistema interno**, (nuestras instalaciones, nuestro equipamiento). Lo que aquí denominamos **EL FACTOR CONSUMO**.

Por lo tanto, la tan mencionada **GESTIÓN ENERGÉTICA**, no es más que conocer cómo funcionan estos dos factores, cómo se interrelacionan y saber cómo se puede hacer para disminuir cada uno de ellos, y por ende **DISMINUIR** el producto de ambos, que es **EL COSTO ENERGÉTICO**.

## 8.6 El factor tarifario

### ENERGÍA ELÉCTRICA

A lo largo de este desarrollo, nos referiremos únicamente a los usuarios encuadrados en la tarifa **T3**, que es donde se encuentran enmarcadas las escuelas, a quienes va dirigido el presente material.

#### TARIFA N° 3 (T3) – Medianas Demandas.



**Demanda igual o superior a 50 kW e inferior a 300 kW.**

El trabajo abarca a los usuarios de La Ciudad de Buenos Aires (área de concesión nacional, con las distribuidoras EDENOR y EDESUR) y de la provincia de Jujuy (EJESA).

Dado que los contratos de concesión son diferentes entre las dos jurisdicciones, se mostrarán las diferencias más significativas a medida que surjan.

El primer elemento a considerar, es que no es lo mismo consumir energía eléctrica a cualquier hora.

El día se divide en tres bandas horarias, según las empresas de distribución así:

**Horario de pico:** de 18 a 23, de lunes a domingo (valor más alto)

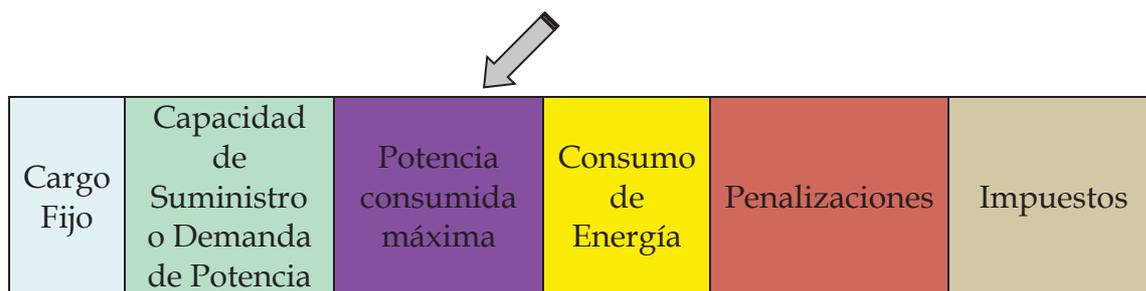
**Horario de valle:** de 23 a 05, de lunes a domingo (valor más bajo)

**Horario resto:** de 05 a 18, de lunes a domingo (valor intermedio)

**La Energía consumida no tiene el mismo costo a lo largo del día.**

### 8.7 Entendiendo los componentes tarifarios.

La factura total, está conformada por estos componentes:



Y aunque la factura de energía eléctrica para cada cliente es única, las informaciones contenidas incluyen de un modo general, los mismos siguientes ítems:

#### 8.7.1 Cargo Fijo

Este cargo para la tarifa T2 o T3, es un cargo mensual por factura emitida vinculado al Valor agregado comercial que se les reconoce a los operadores, y que se expresa en \$/mes

#### 8.7.2 Capacidad de Suministro (o Demanda de Potencia)

Es cobrada en forma discriminada a los consumidores de Tarifa 3, (cualquiera sea la tensión de suministro). Representa el mayor promedio de potencia registrada por el medidor, durante 15 minutos consecutivos.

Ahora, con el nuevo régimen tarifario, la tarifa de la potencia contratada es única para cualquier horario del día para las concesiones de EDENOR Y EDESUR. Y es abonada por el total contratado se consuma o no esa potencia.

Para la concesión de EJESA, existe una discriminación de la potencia convenida. Se definen como "capacidad de suministro en punta" y la "capacidad de suministro máxima" las potencias en kW, promedio de quince (15) minutos consecutivos, que LA DISTRIBUIDORA pondrá a disposición del usuario en cada punto de entrega en "las

horas de punta" y "máxima" registrada en cualquier momento del período de facturación.

Los horarios de Punta son en el horario de 18 a 23 hs. **La "máxima" se considera para cualquier horario.**

La potencia se mide en kilowatt (kW), y la tarifa de este cargo se expresa en \$/kW-mes.

**Representa la potencia puesta a disposición por el proveedor, en concordancia con el requerimiento pactado.**

Siendo éste el concepto, se desprenden dos consecuencias:

- ◆ **El usuario la abona aunque no se haya utilizado en su totalidad, incluso si no tuviera consumo.**
- ◆ **Se penaliza cuando se excede de la Potencia acordada (EJESA).**

Como recomendaciones básicas para disminuir el costo energético en este ítem, se debe tener en cuenta que:

**La disminución de la demanda se realiza evitando el funcionamiento simultáneo de los equipos, siempre que esto sea posible.**

### 8.7.1 Potencia Consumida

Representa el costo de la potencia realmente consumida en cualquier horario. Se aplica por la potencia máxima registrada durante 15 minutos consecutivos.

La potencia se mide en kilowatt (kW), y la tarifa de este cargo se expresa en \$/kW-mes.

**Representa la potencia máxima realmente registrada por el medidor, esta puede ser inferior, igual o superior a la**

### 8.7.1 Consumo de Energía



Representa el costo de la energía activa utilizada durante el período entre dos mediciones, La energía tiene como unidad al kilowatt-hora (kWh), y la tarifa se expresa como \$/kWh.

Equivale a la suma de la potencia que cada equipo toma al funcionar, multiplicado por las horas que cada uno funcionó.

Para llevarlo a un ejemplo doméstico, una plancha, con una potencia de 2.500 watts, funcionando diariamente durante 30 minutos, en un mes de 30 (treinta) días, tendrá un consumo de:

$$2,5 \text{ kW} \times 0,5 \frac{\text{h}}{\text{día}} \times 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = 37,5 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

que multiplicado por ejemplo por una tarifa de 0,739 \$/kWh (valor de tarifa T3 hora pico sin impuestos de EDENOR), resulta:

$$37,5 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \times 0,739 \frac{\$}{\text{kWh}} = 27,71 \frac{\$}{\text{mes}}$$

En tarifa 3 (T3), los valores de las tarifas de Energía se diferencian por banda horaria, entre "Pico", "Resto" y "Valle".

**La energía consumida depende de la potencia de los equipos y del tiempo en que cada uno de ellos esté funcionando.**

El control del consumo puede ser hecho por la disminución del tiempo de uso de un equipo, o por la reducción de la potencia tomada, ambas cosas vinculadas más al proceso y/o equipamiento, que al manejo tarifario. Por lo tanto, en este caso las disminuciones de costo estarán más vinculadas al uso eficiente (lo que llamamos el **FACTOR CONSUMO**).

No obstante ello, como la tarifa está discriminada por banda horaria, y consecuentemente con la potencia demandada:

**Debe procurarse concentrar los consumos fuera del horario pico, y si fuera posible, realizarlos en el horario de valle.**

### 8.7.2 Penalizaciones

Las penalizaciones vinculadas al consumo son:

#### **A. Por exceso de Demanda de Potencia por sobre la acordada.**

Para cada área de concesión se aplica una modalidad diferente

##### **★ Para de área de concesión nacional (EDENOR, EDESUR)**

- ❖ Antes de iniciarse el servicio, se conviene por escrito la "capacidad de suministro".
- ❖ En caso que el usuario tomara una potencia superior a la convenida y, sin perjuicio de lo que corresponda para evitar un nuevo exceso, en el período de facturación en que se haya producido la transgresión, LA DISTRIBUIDORA facturará la potencia realmente registrada, más un recargo del 50% de la capacidad de suministro excedida respecto a la convenida. Si el exceso superara el 50% de la capacidad de suministro contratada, el recargo será del 100% sobre el exceso registrado.

##### **★ Para de área de concesión provincial (EJESA)**

- ❖ Antes de iniciarse el servicio, se conviene por escrito la "capacidad de suministro en punta" y la "capacidad de suministro máxima".
- ❖ En caso que el USUARIO tomara una potencia superior a la convenida, ésta considerará la potencia en punta o máxima realmente registrada, como la "capacidad de suministro convenida en punta" o "la capacidad de suministro convenida máxima", para los próximos SEIS (6) meses.
- ❖ Si en el transcurso de los SEIS (6) meses antes mencionados, ocurriera la finalización del período contractual, el USUARIO podrá:
  - a) recontractar una nueva capacidad de suministro en punta y/o máxima, la que deberá ser definida con un valor no menor al 75 % de la potencia registrada en exceso. En este caso cesa la penalización establecida en el presente inciso; o,
  - b) continuar con el contrato de capacidad de suministro en punta y/o máxima durante los próximos SEIS (6) meses, en donde se considerará como capacidad de suministro convenida en punta o máxima, la que se

registró en oportunidad de producirse el exceso, hasta completar el plazo establecido.

- ❖ Si antes de finalizar el período de SEIS (6) meses estipulados en b) del presente, el USUARIO tomara nuevamente una potencia superior a la convenida, se considerará la potencia registrada como nueva capacidad de suministro convenida en punta o máxima, comenzando un nuevo período de SEIS (6) meses.
- ❖ Los ciclos de SEIS (6) meses en los cuales el USUARIO no podrá recontractar la capacidad de suministro, se contabilizarán en forma independiente para la capacidad de suministro contratada en punta y la capacidad de suministro contratada máxima.

## B. Factor de potencia

El factor de potencia define cuanta energía reactiva toma su escuela de la red de la distribuidora. La energía reactiva tiene como unidad al kilo volt-ampere reactivo – hora (kVArh).

Varias son las formas de explicar lo que representa la energía reactiva; de las que aquí ofrecemos dos, una técnica conceptualmente y otra estableciendo una analogía con el agua.

Enfoque técnico: Podemos representar a la energía reactiva como la necesaria para energizar los campos magnéticos de todas las máquinas que tienen bobinados, tales como los motores eléctricos y las reactancias de las lámparas fluorescentes.



Así también en los capacitores se consume energía reactiva, debido a la generación del campo eléctrico que se forma en el condensador.

Enfoque análogo con el agua: Vamos a suponer que su colegio recibe agua en un tanque de 1.000 litros. La distribuidora, sin embargo, realiza la medición por el agua que salió por el tope en la parte superior del tanque.

Para que la distribuidora pueda medir y facturar 1 (un) litro de agua, ella habrá tenido que proveer 1.000 litros para llenar el tanque más un litro para que rebalse y sea facturado; esto es, tendrá que abastecer 1.001 litros. Vamos a admitir que, en esa situación, no haya cobranza de excedente reactivo. Sin embargo, supongamos que Ud. decide cambiar el tanque de 1.000 litros por otro más grande, de 15.000 litros. En este caso, para que la distribuidora pueda facturar el mismo 1 (un)

litro, ahora tendrá que suministrar 15.001 litros. En ese caso, va a cobrar sobre el exceso de 14.000 litros, además de 1 litro consumido como antes.

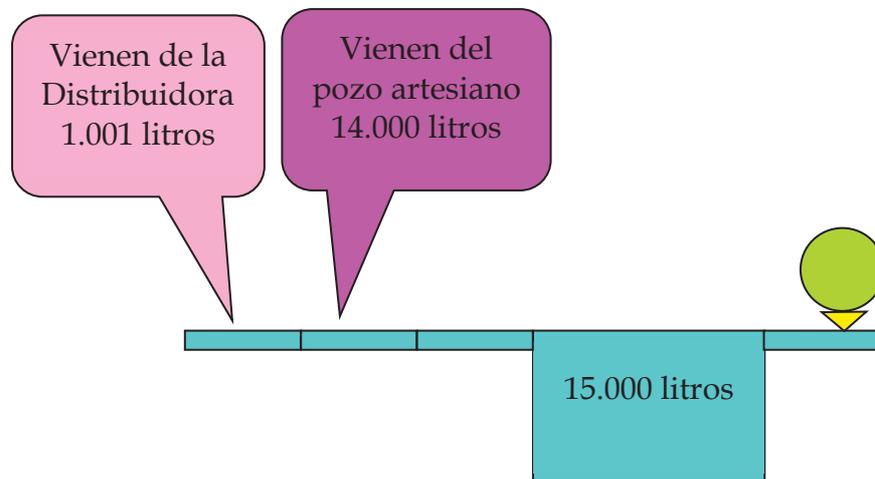
¿Qué Sucedió entonces? En este último caso, la empresa tuvo que bombear 14.000 litros de agua de más para poder facturar 1 litro, y esos 14.000 litros al circular por las cañerías hasta llegar al tanque produjeron pérdidas de energía por rozamiento y saturaron la capacidad de las cañerías para trasladar el agua, por lo tanto se consumió una energía adicional debido a las pérdidas por rozamiento y a la energía necesaria para su bombeo.

Para evitar que ocurra esto, la reglamentación establece un límite entre el valor medido y el volumen del tanque, que en el caso de la electricidad será la relación indicada por el FP.

Nuestro problema será ahora mantener el tanque de 15.000 litros que Ud. definió como necesario para su colegio, volviendo a la condición de no pago de la multa, tal como era con el tanque de 1.000 litros.

Lógicamente, necesitaremos abastecer los 14.000 litros adicionales por algún otro medio, para que la distribuidora sólo tenga que abastecer los 1.000 litros iniciales.

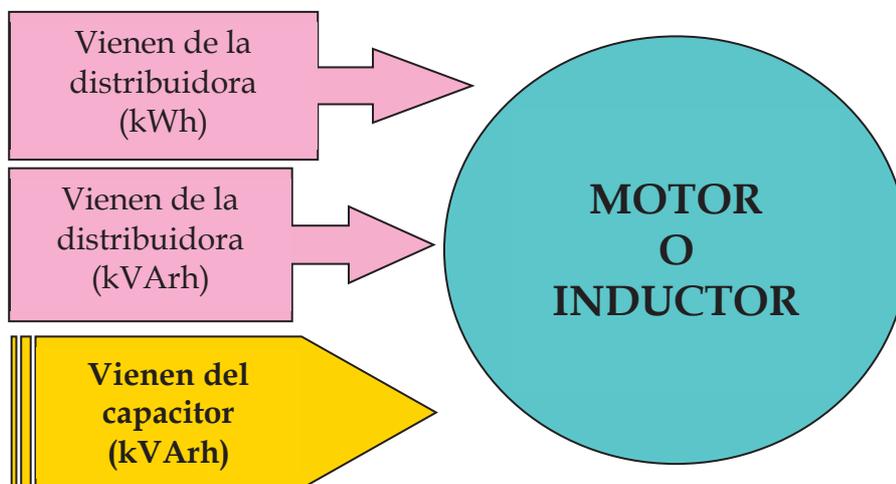
En este caso, la forma de abastecer el agua adicional que necesitamos sería por ejemplo desde un pozo artesiano (surgente).



Volviendo a la energía eléctrica, todo queda más simple ahora. Necesitamos descubrir algún equipo que suministre la energía reactiva que excede a la que la concesionaria está obligada a suministrar.

Ese equipo existe y se llama capacitor. El capacitor es un proveedor de energía reactiva que devuelve en parte o totalmente la energía reactiva que consume nuestro sistema. Y suministrando energía reactiva en la cantidad correcta, se corrige el FP.

## EL CAPACITOR ES UN EQUIPO QUE CORRIGE EL FACTOR DE POTENCIA



La distribuidora abastece al consumidor un “paquete” con las dos formas de energía: la energía activa, así llamada porque realiza el trabajo útil, y la reactiva, que queda retenida en los campos magnéticos.

La cantidad de energía reactiva abastecida sin cargo guarda relación con la energía activa, que ya conocemos y se mide en kWh.

Esa relación es representada por el **factor de potencia (FP)**, también llamado coseno de  $\varphi$  ( $\text{fi}$ ), que se desarrolla en profundidad más adelante del presente trabajo.

Solo adelantaremos aquí, que para la categoría tarifaria que estamos analizando (T2 y T3), el Factor de Potencia Mínimo es:

**Para ambas concesiones: 0,85**

La energía reactiva no se factura directamente, sino a través de una penalización cuando la relación con la energía activa ( $\text{tg } \varphi$ ) supera el valor básico de 0,62 ( $\cos \varphi = 0,85$ ).

En este caso se factura la energía activa con un recargo igual al 1,50 % (uno con cincuenta por ciento) por cada centésimo (0,01) o fracción mayor de cinco milésimos (0,005) de variación de la  $\text{Tg } \varphi$  con respecto al precitado valor básico.

Cuando el cociente entre la energía reactiva y la energía activa sea igual o superior al 1,34 (factor de potencia menor a 0,60), LA DISTRIBUIDORA, previa notificación, podrá suspender el servicio hasta tanto el usuario adecue sus instalaciones a fin de superar dicho valor límite del factor de potencia.

### 8.7.3 Impuestos

Los impuestos que soportan las facturas eléctricas son variados, y no son de aplicación homogénea para todos los usuarios.

Estas diferencias tienen que ver, por un lado con el área de concesión, y por otro lado con la categoría de usuario. Por ello encontraremos diferencias según se trate de usuarios del área de concesión provincial o del área de concesión nacional, e incluso diferencias dentro de estos (clientes de EDENOR, EDESUR) y para algunas categorías y rangos de demanda de Potencia.

El esquema y componentes de los gravámenes y cómo afecta a cada tipo de usuario, se verá más adelante en Encuadramientos tarifarios, pues es necesario comprender dichos encuadramientos, para luego determinar los gravámenes que pesan en cada uno de ellos.

**Sólo como adelanto, diremos aquí que para EDENOR Y EDESUR es del 6,983 %**

Encuadramientos tarifarios ESQUEMA IMPOSITIVO Y TASAS Grandes Usuarios de tarifa T3			
		CONCESIÓN NACIONAL	CONCESIÓN PROVINCIAL
		Ciudad Bs. As.	Prov. de Jujuy
TARIFA	Impuesto o Tasa	EDESUR - EDENOR	EJESA
		%	%
TARIFA T3	Ley 23.681	0,6	
	Contribución Municipal	6,383	
	IVA	21	
	<b>IMPUESTO TOTAL</b>	<b>27,983</b>	

## 8.8 Encuadramiento Tarifario.

### CONCESIONES NACIONALES.

#### TARIFA N° 3 (T3) – Grandes Demandas.

➔ **Demanda** igual o superior a 50 kW (promedio de 15 minutos consecutivos).

➔ **Tensión de alimentación:** Baja Tensión (hasta 1 kV).

Media Tensión (entre 1 kV y 66 kV).

Alta Tensión (mayor a 66 kV).

Costo decreciente con la Tensión de suministro.

➔ **Frecuencia de Facturación:** Mensual.

➔ **Pago de** **Demanda** (potencia), medida en kW,  
**Adquirida** (potencia), medida en kW y  
**Consumo** (energía), medida en kWh.

➔ **Tarifa diferenciada según banda horaria**, para:

**Potencia:** en pico y máxima (EJESA).

**Energía:** en pico, valle y resto.

➔ **Condición para el cambio de tensión:**

**BT → MT 315 kW de Demanda.**

**MT → AT 20 MW de Demanda.**

#### Clientes T3 - EDENOR

Edenor

Español | English

Contáctenos | Glosario | Mapa del sitio | FAQ

11:07 | Martes 7 de Marzo

Hogares | Comercios e Industrias | Grandes Clientes | **Cientes** | La Empresa

> Régimen de contratación  
 > Trámites y consultas  
 > Información de Interés  
 > Servicios para Grandes Proyectos  
 > Información Técnica  
 > Mercado eléctrico mayorista  
 > Canales de Contacto  
 > Marco Regulatorio  
 > Reglamentaciones  
 > Sitios de Interés

Clientes > Grandes Clientes

**Grandes Clientes**

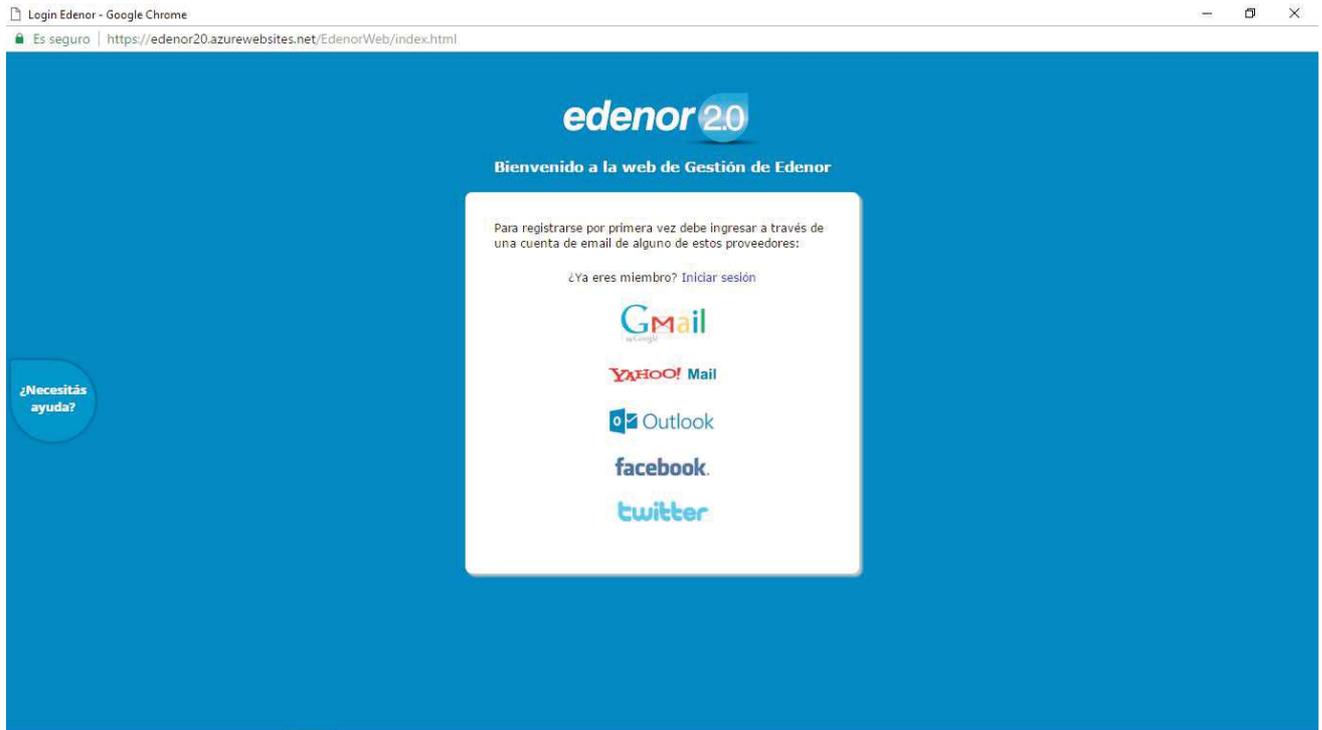
En Edenor somos conscientes de la importancia de los Grandes Clientes (aquellos cuya potencia es mayor o igual a 50kW) y queremos garantizarles un nivel de respuesta a la medida de sus necesidades.

Por eso, en esta sección Grandes Clientes de nuestro sitio web les proponemos una nueva forma de comunicación con nuestra empresa.

**TODA LA INFORMACIÓN, EN UN SOLO LUGAR**

Su cuenta  
 Donde Abonar las Facturas  
 Adhesión Pago Directo  
 Emergencias o Falta de Suministro  
 P.U.R.E.E.

© Copyright 2008 Edenor S.A. | Nota Legal | Política de Privacidad



factura
 servicio técnico
 oficinas comerciales
 notificaciones
 trámites
 pagos
 simulador consumo

**Bienvenido**  
Marcelo Silvosa

Cuenta:  
CERETTI 3330 - SIL

Datos del Usuario | Datos de la Cuenta

---

**Novedades**

Noticias  
Pagá online con edenor 2.0  
Ahora con edenor 2.0 podés pagar tus facturas de forma rápida y segura durante las 24 hs los 365 ...Ver más...

Noticias  
Calculá cuánto vas a pagar en

## factura

Periodo facturación	01/2017
Total a abonar hasta el 23/02/2017	\$230.24,-
2do vencimiento hasta el 01/03/2017	\$0,-
La próxima factura vence el	23/03/2017
Estado	Adherido a pago directo/Débito automático

Visualizar factura
Histórico de Consumos
Facturas Anteriores

Si cancelaste la factura a través de alguna entidad bancaria o pago fácil, recordá que el pago se verá reflejado en tu cuenta en 72 hs. hábiles.

- Oficina Virtual**
- Imprimir comprobante
  - Ingresar un Reclamo
  - Ingresar un Requerimiento**
    - Modificar Domicilio Postal
    - Adhesión/Baja a Débito Automático
    - Adherir a E-Factura**
    - Otras Gestiones
  - Realizar una consulta
  - Solicitar un Nuevo Suministro

**Identificación de Cliente**

Para identificarte deberás tener a mano una factura de EDESUR. Introduci los siguientes datos que se solicitan de tu factura

Recordá que debés ingresar los 8 dígitos de tu número de Cliente. Lo encontrarás en la factura debajo del nombre.

**Datos de la factura**

Número de Cliente:  Ver Ejemplo

Nro. de Medidor:

**Datos de seguridad**

Ingresá el texto que aparece en el dibujo:  

Refrescar

Volver
Aceptar

**EDESUR**  
 Empresa Distribuidora Sur S.A. - San José 140  
 C.P. C1076AAD - Capital Federal - Tel.: 0010-222-0200  
 Internet: www.edesur.com.ar  
 E-mail: email.servicio@edesur.com.ar

Capital Federal 06/01/2014  
 CUIT: Consumidor final

**Factura N° 0001-32313031**  
 Al: Sr Perez  
 Su número de cliente es **0000001**  
 LOS CIPRESES  
 043 LONGCHAMPS  
 1854 LONGCHAMPS  
 DOMICILIO DE ENTREGA:  
 BOSCH GRNAL  
 1832 BANFIELD  
 Entre CABRERO  
 Plan: 1 Suc.: 0056 Rad.: 23249 Rec.: 02402 N° med.: 020036368 C: 00003

SE:  
 Almacén:  
 CT:

RNPSP: R#

**Tarifa T1 G General 1 B**

Esta factura vence el 22/01/2014	\$ 98,52
2° Vto: 05/02/2014 (05/02/2014 límite de pago en Banco)	\$ 99,89

Su próxima factura vence el 11/03/2014 (estimado)

Esta factura corresponde a su consumo del bimestre 6/13

Consumo mismo Período año anterior

1/13	2/13	3/13	4/13	5/13	6/13	0/13
10	15	18	12	10	15	10

Emergencias 24 hs. 0800-3-323787  
 Atención Comercial 0810-222-0200

A la fecha de emisión de la presente, este suministro no registra facturas pendientes de pago por consumo de energía eléctrica.

**Detalle de Consumo**  
 Medidor N° **020036368**  
 Estado actual al 30/12/2013 (C=40) 002040  
 Estado anterior al 22/12/2013 002030  
 Total de energía 15 kWh  
 Nro de Medidor

**Detalle de su Cuenta**

Descripción	Cantidad	Importe
Cargo fijo		14,94
Cargo variable	15 kWh	8,03
Subtotal por Servicio Eléctrico sin Subsidio		22,97
Res. ENRE 347/12 Inv. y Mant.		48,99
Res. S.E Nro. 1868/06 (*)	15 kWh	0,06
Interés por mora		1,32

**Cientes T3 - EDENOR Y EDESUR**

Compran la energía a Edenor o Edesur, quien también les presta el servicio de distribución. La facturación es mensual y se compone de los siguientes conceptos:

- ❖ Un Cargo Fijo mensual en \$/mes
- ❖ Cargo por Potencia adquirida que es la potencia máxima leída en cualquier horario en \$/kW-mes
- ❖ Cargo por Capacidad convenida en \$/kW-mes.
- ❖ Energía Activa: energía consumida en horas restantes (de 5:00 a 18:00 hs), energía consumida en horas punta (de 18:00 a 23:00 hs) y energía consumida en horas de valle nocturno (de 23:00 a 5:00 hs).
- ❖ Energía reactiva: si el cociente entre la energía reactiva y la energía activa supera 0,62 entonces se aplica un recargo por exceso de energía reactiva.

**Modificación de Potencia para Clientes de T3**

Para realizar este trámite se debe presentar lo siguiente:

- ❖ Nota realizada en hoja con membrete de la sociedad y firmada por el titular o apoderado, solicitando las nuevas potencias y la fecha a partir de la cual serán necesarias.
- ❖ Documentación que acredite al firmante del contrato como apoderado de la sociedad y fotocopia del documento de identidad.

ES IMPORTANTE QUE TODO INCREMENTO DE DEMANDA SEA DEBIDAMENTE SOLICITADO, YA QUE EN CASO CONTRARIO SE CORRE EL RIESGO DE CAUSAR DAÑOS A LAS REDES Y AFECTAR LA CALIDAD DEL SERVICIO.

En el caso que el aumento de potencia existente, igual o inferior a 60 kVA, y tal requerimiento o solicitud supere la capacidad de las redes existentes o cuando los nuevos suministros totalicen valores mayores a 60 kVA el usuario / solicitante deberá cumplimentar lo indicado en el Art.1° Inc. G del Reglamento de Suministro (suministrar un espacio para instalar una unidad de transformación).

### **Aumento de potencia convenida.**

- ❖ Etapas para el aumento de potencia:
- ❖ Presentar la documentación necesaria.
- ❖ Se Realiza el estudio técnico correspondiente.
- ❖ Se comunican las obras necesarias que deben ser realizadas, tanto por parte del cliente como de EDENOR o EDESUR, y los plazos involucrados.
- ❖ Se Formaliza el Nuevo Suministro mediante la firma de un contrato.
- ❖ Se realizan los trabajos correspondientes y se habilita la nueva potencia a utilizar.
- ❖ El nuevo Contrato tendrá una vigencia mínima de 12 meses para las nuevas capacidades de suministro solicitadas.

### **Disminución de Potencia Convenida.**

Para poder disminuir la capacidad convenida es necesario que el suministro cumpla los siguientes requisitos:

- ❖ Que hayan transcurrido al menos doce meses desde la firma del último contrato.
- ❖ Que hayan transcurrido al menos siete facturaciones desde la última vez que se registró un exceso de potencia (sólo para EJESA).

Si se cumplen estas condiciones el trámite se limita sólo a presentar una nota en las oficinas de Proveedor o enviándola por vía fax, en una hoja con membrete de la empresa y firma del titular o apoderado.

Cuadro Tarifario EDENOR

Resolución ENRE N° 82/2017 modificada por Resolución ENRE N° 92/2017

Información al cliente  
**Cuadro Tarifario**  
Aplicado a partir del 01/03/2017

Dirección Distribución y Comercialización. Fecha de supervisión: 01/02/2017 - Fecha de emisión: 01/02/2017

Tarifa 1 - (Pequeñas Demandas)		Tarifa 3 - (Grandes Demandas)	
Tarifa	Concepto kWh/mes	Unidad	Valor
T1-R	Cargo Fijo 0 -150	\$/mes	16,86
	Cargo Variable 0 -150	\$/kWh	0,908
	Cargo Fijo 151-325	\$/mes	31,74
	Cargo Variable 151-325	\$/kWh	0,908
	Cargo Fijo 326-400	\$/mes	54,56
T1-R	Cargo Fijo 401-450	\$/mes	64,48
	Cargo Variable 401-450	\$/kWh	0,990
	Cargo Fijo 451-500	\$/mes	99,20
	Cargo Variable 451-500	\$/kWh	1,040
T1-R	Cargo Fijo 501-600	\$/mes	198,40
	Cargo Variable 501-600	\$/kWh	1,073
	Cargo Fijo 601-700	\$/mes	390,10
	Cargo Variable 601-700	\$/kWh	1,089
T1-R	Cargo Fijo 701-1400	\$/mes	800,15
	Cargo Variable 701-1400	\$/kWh	1,089
	Cargo Fijo +1400	\$/mes	780,23
	Cargo Variable +1400	\$/kWh	1,089

Tarifa	Concepto kWh/mes	Unidad	Valor	El ahorro es en relación con igual período de 2016. 1,089 por cargo variable por consumo excedente de 600 kWh/mes ± 1,089 por cargo variable por consumo excedente de 1050 kWh/mes
T1-R	Cargo Fijo 0 -150	\$/mes	9,92	0,92
	Cargo Variable 0 -150	\$/kWh	0	0
	Cargo Fijo 151-325	\$/mes	19,84	19,84
	Cargo Variable 151-325	\$/kWh	0,299	0,552
	Cargo Fijo 326-400	\$/mes	29,76	29,76
T1-R	Cargo Fijo 401-450	\$/mes	39,68	39,68
	Cargo Variable 401-450	\$/kWh	0,382	0,634
	Cargo Fijo 451-500	\$/mes	59,52	59,52
	Cargo Variable 451-500	\$/kWh	0,431	0,684
T1-R	Cargo Fijo 501-600	\$/mes	79,36	79,36
	Cargo Variable 501-600	\$/kWh	0,464	0,717
	Cargo Fijo 601-700	\$/mes	87,77	87,77
	Cargo Variable 601-700	\$/kWh	0,480	0,733

Tarifa	Concepto kWh/mes	Unidad	Valor
T1-R	Cargo Fijo 0 -150	\$/mes	16,86
	Cargo Variable 0 -150	\$/kWh	0,908
	Cargo Fijo 151-325	\$/mes	31,74
	Cargo Variable 151-325	\$/kWh	0,908
	Cargo Fijo 326-400	\$/mes	54,56
T1-R	Cargo Fijo 401-450	\$/mes	64,48
	Cargo Variable 401-450	\$/kWh	0,990
	Cargo Fijo 451-500	\$/mes	99,20
	Cargo Variable 451-500	\$/kWh	1,040
T1-R	Cargo Fijo 501-600	\$/mes	198,40
	Cargo Variable 501-600	\$/kWh	1,073
	Cargo Fijo 601-700	\$/mes	390,10
	Cargo Variable 601-700	\$/kWh	1,089
T1-R	Cargo Fijo 701-1400	\$/mes	800,15
	Cargo Variable 701-1400	\$/kWh	1,089
	Cargo Fijo +1400	\$/mes	780,23
	Cargo Variable +1400	\$/kWh	1,089

Tarifa	Concepto kWh/mes	Unidad	Valor
T1-R	Cargo Fijo 0 -150	\$/mes	9,92
	Cargo Variable 0 -150	\$/kWh	0
	Cargo Fijo 151-325	\$/mes	19,84
	Cargo Variable 151-325	\$/kWh	0,299
	Cargo Fijo 326-400	\$/mes	29,76
T1-R	Cargo Fijo 401-450	\$/mes	39,68
	Cargo Variable 401-450	\$/kWh	0,382
	Cargo Fijo 451-500	\$/mes	59,52
	Cargo Variable 451-500	\$/kWh	0,431
T1-R	Cargo Fijo 501-600	\$/mes	79,36
	Cargo Variable 501-600	\$/kWh	0,464
	Cargo Fijo 601-700	\$/mes	87,77
	Cargo Variable 601-700	\$/kWh	0,480

Tarifa	Concepto kWh/mes	Unidad	Valor
T1-R	Cargo Fijo 0 -150	\$/mes	16,86
	Cargo Variable 0 -150	\$/kWh	0,908
	Cargo Fijo 151-325	\$/mes	31,74
	Cargo Variable 151-325	\$/kWh	0,908
	Cargo Fijo 326-400	\$/mes	54,56
T1-R	Cargo Fijo 401-450	\$/mes	64,48
	Cargo Variable 401-450	\$/kWh	0,990
	Cargo Fijo 451-500	\$/mes	99,20
	Cargo Variable 451-500	\$/kWh	1,040
T1-R	Cargo Fijo 501-600	\$/mes	198,40
	Cargo Variable 501-600	\$/kWh	1,073
	Cargo Fijo 601-700	\$/mes	390,10
	Cargo Variable 601-700	\$/kWh	1,089
T1-R	Cargo Fijo 701-1400	\$/mes	800,15
	Cargo Variable 701-1400	\$/kWh	1,089
	Cargo Fijo +1400	\$/mes	780,23
	Cargo Variable +1400	\$/kWh	1,089

Tarifa 3 - (Grandes Demandas)		Tarifa 3 - (Servicio de Peaje)	
Concepto	Unidad	Valor	Valor
Baja Tensión	Cargo Fijo	\$/mes	1,555,75
	Cargo Potencia Contratada	\$/KW-mes	164,020
	Cargo Potencia Adquirida	\$/KW-mes	2,053
	Cargo Variable Pico	\$/KWh	0,3899
	Cargo Variable Resto	\$/KWh	0,08513
Media Tensión	Cargo Fijo	\$/mes	1,555,75
	Cargo Potencia Contratada	\$/KW-mes	77,56
	Cargo Potencia Adquirida	\$/KW-mes	5,09
	Cargo Variable Pico	\$/KWh	0,703
	Cargo Variable Resto	\$/KWh	0,096
Alta Tensión	Cargo Fijo	\$/mes	1,555,75
	Cargo Potencia Contratada	\$/KW-mes	20,36
	Cargo Potencia Adquirida	\$/KW-mes	4,77
	Cargo Variable Pico	\$/KWh	0,674
	Cargo Variable Resto	\$/KWh	0,111

Tarifa 2 - (Medianas Demandas)		Tarifa 2 - (Servicio de Peaje)	
Concepto	Unidad	Valor	Valor
Baja Tensión	Cargo Fijo	\$/mes	382,70
	Cargo Potencia Contratada	\$/KW-mes	184,03
	Cargo Potencia Adquirida	\$/KW-mes	3,80
	Cargo variable por energía	\$/KWh	0,731
Media Tensión	Cargo Fijo	\$/mes	382,70
	Cargo Potencia Contratada	\$/KW-mes	184,029
	Cargo Potencia Adquirida	\$/KW-mes	1,544
	Cargo variable por energía	\$/KWh	0,083

Tarifa 3 - (Grandes Demandas)		Tarifa 3 - (Servicio de Peaje)	
Concepto	Unidad	Valor	Valor
Baja Tensión	Cargo Fijo	\$/mes	1,555,75
	Cargo Potencia Contratada	\$/KW-mes	164,020
	Cargo Potencia Adquirida	\$/KW-mes	2,053
	Cargo Variable Pico	\$/KWh	0,3899
	Cargo Variable Resto	\$/KWh	0,08513
Media Tensión	Cargo Fijo	\$/mes	1,555,75
	Cargo Potencia Contratada	\$/KW-mes	77,56
	Cargo Potencia Adquirida	\$/KW-mes	5,09
	Cargo Variable Pico	\$/KWh	0,703
	Cargo Variable Resto	\$/KWh	0,096
Alta Tensión	Cargo Fijo	\$/mes	1,555,75
	Cargo Potencia Contratada	\$/KW-mes	20,36
	Cargo Potencia Adquirida	\$/KW-mes	4,77
	Cargo Variable Pico	\$/KWh	0,674
	Cargo Variable Resto	\$/KWh	0,111

Los valores indicados no incluyen el Impuesto al Valor Agregado (IVA) ni demás tributos e impuestos establecidos en la legislación vigente.



Cuadro Tarifario EDESUR



# Cuadro Tarifario

(Vigente a partir del 01/02/2017)

Resolución Enre N° 83/2017

Los valores indicados no incluyen el impuesto al Valor Agregado (IVA) ni demás tributos e impuestos establecidos en la legislación vigente.

TARIFA 1   Pequeñas Demandas											
TARIFA	CONCEPTO	UNIDAD	NORMAL	AHORRO +30%	AHORRO +40%	Tarifa Social con ahorro	Tarifa Social sin ahorro (ahorro de 150 kWh/mes hasta 500 kWh/año)	Tarifa Social sin ahorro (ahorro de 100 kWh/mes o de 400 kWh/año)	Electro dependientes con 17 años de edad o más	Electro dependientes de 17 años a los 19 años	Electro dependientes de 19 años a los 22 años
T1 - R1 0-150	Cargo Fijo	\$/mes	18,76	18,76	18,76	11,04	11,04	0	11,04	0	0
	Cargo Variable	\$/kWh	0,644	0,599	0,555	0	0	0	0	0	0
T1 - R2 151-325	Cargo Fijo	\$/mes	35,32	35,32	35,32	22,08	22,08	0	22,08	0	0
	Cargo Variable	\$/kWh	0,644	0,599	0,555	0,261	0,555	0	0	0	0
T1 - R3 326-400	Cargo Fijo	\$/mes	60,71	60,71	60,71	33,11	33,11	0	33,11	0	0
	Cargo Variable	\$/kWh	0,681	0,637	0,593	0,298	0,593	0	0	0	0
T1 - R4 401-450	Cargo Fijo	\$/mes	71,74	71,74	71,74	44,15	44,15	0	44,15	0	0
	Cargo Variable	\$/kWh	0,738	0,693	0,649	0,355	0,649	0	0	0	0
T1 - R5 451-500	Cargo Fijo	\$/mes	110,38	110,38	110,38	66,23	66,23	0	66,23	0	0
	Cargo Variable	\$/kWh	0,794	0,750	0,706	0,411	0,706	0	0	0	0
T1 - R6 501-600	Cargo Fijo	\$/mes	220,75	220,75	220,75	88,30	88,30	0	88,30	0	0
	Cargo Variable	\$/kWh	0,832	0,788	0,744	0,449	0,743	0	0	0	0
T1 - R7 601-700	Cargo Fijo	\$/mes	443,59	443,59	443,59	91,13	91,13	91,13	91,13	91,13	91,13
	Cargo Variable	\$/kWh	0,851	0,807	0,762	0,468	0,762	0,851	0,468	0,762	0,851
T1 - R8 701-1400	Cargo Fijo	\$/mes	545,96	545,96	545,96						
	Cargo Variable	\$/kWh	0,851	0,807	0,762						
T1 - R9 +1400	Cargo Fijo	\$/mes	887,19	887,19	887,19						
	Cargo Variable	\$/kWh	0,851	0,807	0,762						
T1 - G1 0-800	Cargo Variable	\$/kWh	1,248								
T1 - G2 801-2000	Cargo Fijo	\$/mes	1774,2								
	Cargo Variable	\$/kWh	1,469								
T1 - G3 +2000	Cargo Fijo	\$/mes	1774,2								
	Cargo Variable	\$/kWh	1,532								
T1 - AP	Cargo Variable	\$/kWh	1,011								

ENTIDADES DE BIEN PÚBLICO										
TARIFA	CONCEPTO	UNIDAD	NORMAL							
EBP1 0-150	Cargo Fijo	\$/mes	18,76							
	Cargo Variable	\$/kWh	0,644							
EBP2 151-325	Cargo Fijo	\$/mes	35,32							
	Cargo Variable	\$/kWh	0,644							
EBP3 326-400	Cargo Fijo	\$/mes	60,71							
	Cargo Variable	\$/kWh	0,681							
EBP4 401-450	Cargo Fijo	\$/mes	71,74							
	Cargo Variable	\$/kWh	0,738							
EBP5 451-500	Cargo Fijo	\$/mes	110,38							
	Cargo Variable	\$/kWh	0,794							
EBP6 501-600	Cargo Fijo	\$/mes	220,75							
	Cargo Variable	\$/kWh	0,832							
EBP7 601-700	Cargo Fijo	\$/mes	443,59							
	Cargo Variable	\$/kWh	0,851							
EBP8 701-1400	Cargo Fijo	\$/mes	545,96							
	Cargo Variable	\$/kWh	0,851							
EBP9 +1400	Cargo Fijo	\$/mes	887,19							
	Cargo Variable	\$/kWh	0,851							

TARIFA 2   Medianas Demandas			
CONCEPTO	UNIDAD	NORMAL	
Cargo Fijo	\$/mes	471,24	
Cargo por Potencia Convenida	\$/kW - mes	170,82	
Cargo por Potencia Adquirida	\$/kW - mes	1,19	
Cargo Variable	\$/kWh	0,482	

TARIFA 2   Servicios de Peaje			
CONCEPTO	UNIDAD	NORMAL	
Cargo Fijo	\$/mes	471,24	
Cargo por Potencia Convenida	\$/MW - mes	170825	
Cargo por Potencia Adquirida	\$/MW - mes	284	
Cargo Variable	\$/kWh	51,000	

TARIFA 3   Grandes Demandas								
TARIFA	CONCEPTO	UNIDAD	BT<=300kW potencia no medida	MT<=300kW potencia no medida	AT<=300kW potencia no medida	BT>=300kW potencia medida	MT>=300kW potencia medida	AT>=300kW potencia medida
Tarifa 3	Cargo Fijo	\$/mes	1866,24	1866,24	1866,24	1866,24	1866,24	1866,24
	Cargo por Potencia Convenida	\$/kW - mes	128,99	55,73	14,64	128,99	55,73	14,64
	Cargo por Potencia Adquirida	\$/kW - mes	1,32	1,64	1,61	1,32	1,64	1,61
	Cargo Variable Pico	\$/kWh	0,457	0,435	0,417	1,213	1,183	1,106
	Cargo Variable Resto	\$/kWh	0,453	0,430	0,413	1,208	1,148	1,101
	Cargo Variable Valle	\$/kWh	0,442	0,420	0,402	1,203	1,143	1,096

TARIFA 3   Servicio de peaje								
TARIFA	CONCEPTO	UNIDAD	BT<=300kW potencia no medida	MT<=300kW potencia no medida	AT<=300kW potencia no medida	BT>=300kW potencia medida	MT>=300kW potencia medida	AT>=300kW potencia medida
Tarifa 3	Cargo Fijo	\$/mes	1866,24	1866,24	1866,24	1866,24	1866,24	1866,24
	Cargo por Potencia Convenida	\$/MW - mes	128996	55731	14640	128996	55731	14640
	Cargo por Potencia Adquirida	\$/MW - mes	384	339	266	384	339	266
	Cargo Variable Pico	\$/MWh	51,30	29,19	11,35	13767	7744	30,12
	Cargo Variable Resto	\$/MWh	51,39	28,91	11,24	13710	7712	29,99
	Cargo Variable Valle	\$/MWh	50,11	28,19	10,96	13650	7678	29,86

Servicio de Rehabilitación		Conexiones domiciliarias			
TARIFA	CONCEPTO	UNIDAD	Comunes	Especiales	
	Por cada servicio interrumpido	Tarifa 1 - R1	64,03	Aéreas monofásicas \$ 779,70 Subterráneas \$ 2421,83	Aéreas monofásicas \$ 2048,26 Subterráneas \$ 6583,64
	por falta de pago	Tarifa 1 - G y AP	387,27	Aéreas trifásicas \$ 1475,47 Subterráneas Trifásicas \$ 3702,54	Aéreas trifásicas \$ 3605,29 Subterráneas Trifásicas \$ 6806,41
		Tarifa 2 y Tarifa 3	1024,14		

Normas de Calidad de Producto Técnico		Recargos por la Energía Reactiva	
CONCEPTO	TARIFA	CONCEPTO	VALOR
El suministro eléctrico deberá efectuarse dentro de los siguientes límites admisibles de tensión respecto al valor nominal:	T1	Recargo de Energía Reactiva por Cos fi menor de 0,85; por cada centésimo menor a 0,85.	1,5%
Suministros de Alta Tensión	T2	Recargo de Energía Reactiva por Cos fi menor de 0,85; por cada centésimo menor a 0,85.	1,5%
Suministros en Media y Baja Tensión	T3 y Peaje	Recargo por la Energía Reactiva en exceso del 62% de la Energía Activa, por cada centésimo de Tg FL mayor de 0,82.	1,5%

Fondos, Impuestos y Contribuciones					
Los porcentajes que se indican a continuación se aplicarán sobre el importe tarifario					
Impuestos de Provincia al Servicio de la Electricidad (Ley N° 7290/67) 1		Fondo Especial de Grandes Obras Eléctricas Provinciales (Ley N° 9.038) 1		Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.) (Ley N° 20.631) 2	
Concepto	Provincia	Concepto	Provincia	Concepto	CABA Pcia.
- Residencial	10%	- Residencial	5,5%	- Residencial, Alumbrado Público, Oficial, Nacional, Provincial, Municipal y Hogares de Ancianos	21% 21%
- Comercial	0%	- Comercial	0%	- Industrial y Comercial (Responsable Inscripto, Monotributo y Sujeto no Categorizado)	27% 27%
- Industrial	0%	- Industrial	0%		+13,5% +13,5%
				Contribuciones	CABA PCIA.
				- Contribución Municipal 4	6,383% 6,424%
				- Contribución Provincial 4	0,6424%

1. Están exentos los suministros a la Administración Nacional, Provincial y Municipal. /  
 2. Responsable Monotributo: se adicionará a la alícuota el 13,5%. Sujeto no Categorizado: se adicionará a la alícuota el 13,5% calculado sobre la base imponible incluyendo el IVA del 27%. /  
 3. Salvo a usuarios cuya actividad principal está exenta del IVA, a quienes se les aplicará un 21%. /  
 4. Están exentos los suministros a los Ferrocarriles y Alumbrado Público.

Cuadro Tarifario Jujuy



**INFORMA A LA COMUNIDAD**

Resolución SUSEPU N° 15/2017: El Directorio de la SUSEPU resuelve aprobar el Cuadro Tarifario de EJE SA, que tendrá vigencia desde el 1° de marzo al 30 de abril de 2017, y que como Anexo 2, forma parte de la presente Resolución.

TARIFA T1	UNIDAD	IMPORTE
<b>Pequeñas Demandas</b>		
<b>T1-S Tarifa Social</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	53,45
Cargo Variable Tarifa Social (Primeros 150 kWh/mes)	\$/kWh	0,0925
Cargo Variable Tarifa Social (Excedentes a 150 kWh/mes, si el consumo es menor o igual con respecto al mismo mes del año 2015)	\$/kWh	0,8987
Cargo Variable Tarifa Social (Excedentes a 150 kWh/mes, hasta 600 kWh/mes, si el consumo es mayor con respecto al mismo mes del año 2015)	\$/kWh	1,6107
Cargo Variable Tarifa Social (Excedentes a 600 kWh/mes, si el consumo es mayor con respecto al mismo mes del año 2015)	\$/kWh	1,9819
<b>Electrodependientes</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	53,45
Cargo Variable (Primeros 600 kWh/mes)	\$/kWh	0,6529
Cargo Variable (Excedentes a 600 kWh/mes, si el consumo es menor o igual con respecto al mismo mes del año 2015)	\$/kWh	1,1639
Cargo Variable (Excedentes a 600 kWh/mes, hasta 1050 kWh/mes, si el consumo es mayor con respecto al mismo mes del año 2015)	\$/kWh	1,2957
Cargo Variable (Excedentes a 1050 kWh/mes, si el consumo es mayor con respecto al mismo mes del año 2015)	\$/kWh	1,4813
<b>T1-R Uso Residencial</b>		
Cargo Fijo Residencial	\$/mes	53,45
Cargo Variable por consumo de energía primeros 150 kWh/mes	\$/kWh	1,5335
Cargo Variable por consumo de energía excedentes a 150 kWh/mes	\$/kWh	1,9819
<b>PLAN ESTIMULO</b>		
<b>Uso Residencial con ahorro mayor al 10% en igual mes año 2015</b>		
Cargo Fijo Residencial	\$/mes	53,45
Cargo Variable por consumo de energía primeros 150 kWh/mes	\$/kWh	1,3474
Cargo Variable por consumo de energía excedentes a 150 kWh/mes	\$/kWh	1,8041
<b>PLAN ESTIMULO</b>		
<b>Uso Residencial con ahorro mayor al 20% en igual mes año 2015</b>		
Cargo Fijo Residencial	\$/mes	53,45
Cargo Variable por consumo de energía primeros 150 kWh/mes	\$/kWh	1,1623
Cargo Variable por consumo de energía excedentes a 150 kWh/mes	\$/kWh	1,6190
<b>T1-G Uso General</b>		
Cargo Fijo General	\$/mes	132,81
Cargo Variable por consumo de energía primeros 350 kWh/mes	\$/kWh	1,4121
Cargo Variable por consumo de energía excedentes a 350 kWh/mes	\$/kWh	1,9939
<b>T1-AP Alumbrado Público</b>		
Cargo Variable por consumo de energía	\$/kWh	1,9432

TARIFA T2 MD	UNIDAD	IMPORTE
<b>Medianas Demandas BT</b>		
<b>Potencia Máxima contratada igual o mayor a 10 kW, e inferior a 50 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	337,06
Cargo Potencia en horas de punta	\$/kW	44,03
Cargo de Potencia Máxima contratada	\$/kW	157,15
Cargo Variable por consumo de energía	\$/kWh	0,9102
<b>Medianas Demandas BT Estacionales</b>		
<b>Potencia máxima contratada igual o mayor a 10kW, e inferior a 50kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	337,04
Cargo Variable por consumo de energía	\$/kWh	1,9692

TARIFA T3	UNIDAD	IMPORTE
<b>Grandes Demandas BT</b>		
<b>Potencia Máxima contratada igual o mayor a 50 kW, e inferior a 300 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	668,31
Cargo Potencia horas Punta contratada	\$/kW	47,29
Cargo Potencia Máxima contratada	\$/kW	165,42
Cargo Variable por consumo de energía en horas de punta	\$/kWh	0,9297
Cargo Variable por consumo de energía en horas de resto	\$/kWh	0,9096
Cargo Variable por consumo de energía en horas de valle	\$/kWh	0,8903
<b>Grandes Demandas BT</b>		
<b>Potencia máxima contratada igual o mayor a 300 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	668,31
Cargo Potencia horas Punta contratada	\$/kW	47,29
Cargo Potencia Máxima contratada	\$/kW	165,42
Cargo Variable por consumo de energía en horas de punta	\$/kWh	1,4358
Cargo Variable por consumo de energía en horas de resto	\$/kWh	1,4175
Cargo Variable por consumo de energía en horas de valle	\$/kWh	1,4127
<b>Grandes Demandas BT Estacionales</b>		
<b>Potencia máxima contratada igual o mayor a 50 kW, e inferior a 300 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	668,31
Cargo Variable por consumo de energía en horas de punta	\$/kWh	2,0305
Cargo Variable por consumo de energía en horas de resto	\$/kWh	1,9804
Cargo Variable por consumo de energía en horas de valle	\$/kWh	1,9611
<b>Grandes Demandas MT</b>		
<b>Potencia máxima contratada igual o mayor a 50 kW, e inferior a 300 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	3318,02
Cargo Potencia horas Punta contratada	\$/kW	44,74
Cargo Potencia Máxima contratada	\$/kW	88,38
Cargo Variable por consumo de energía en horas de punta	\$/kWh	0,8480
Cargo Variable por consumo de energía en horas de resto	\$/kWh	0,8297
Cargo Variable por consumo de energía en horas de valle	\$/kWh	0,8121
<b>Grandes Demandas MT</b>		
<b>Potencia máxima contratada igual o mayor a 300 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	3318,02
Cargo Potencia horas Punta contratada	\$/kW	44,74
Cargo Potencia Máxima contratada	\$/kW	88,38
Cargo Variable por consumo de energía en horas de punta	\$/kWh	1,3097
Cargo Variable por consumo de energía en horas de resto	\$/kWh	1,2929
Cargo Variable por consumo de energía en horas de valle	\$/kWh	1,2886

TARIFA T4 PFTT	UNIDAD	IMPORTE
<b>Medianas Demandas BT PFTT</b>		
<b>Potencia máxima contratada igual o mayor a 30 kW, e inferior a 50 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	337,06
Cargo Potencia en horas de punta	\$/kW	41,27
Cargo Potencia Máxima contratada	\$/kW	165,42
Cargo Variable por consumo de energía	\$/kWh	0,2433

TARIFA T5 PFTT	UNIDAD	IMPORTE
<b>Grandes Demandas BT PFTT</b>		
<b>Potencia máxima contratada igual o mayor a 50 kW, e inferior a 300 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	668,31
Cargo Potencia horas Punta contratada	\$/kW	41,27
Cargo Potencia Máxima contratada	\$/kW	165,42
Cargo Variable por transporte de energía en horas de punta	\$/kWh	0,2545
Cargo Variable por transporte de energía en horas de resto	\$/kWh	0,2405
Cargo Variable por transporte de energía en horas de valle	\$/kWh	0,2388
<b>Grandes Demandas BT PFTT</b>		
<b>Potencia máxima contratada igual o mayor a 300 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	668,31
Cargo Potencia horas Punta contratada	\$/kW	41,27
Cargo Potencia Máxima contratada	\$/kW	165,42
Cargo Variable por energía transportada en horas de punta	\$/kWh	0,1781
Cargo Variable por energía transportada en horas de resto	\$/kWh	0,1659
Cargo Variable por energía transportada en horas de valle	\$/kWh	0,1657
<b>Grandes Demandas MT PFTT</b>		
<b>Potencia máxima contratada igual o mayor a 50 kW, e inferior a 300 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	3318,02
Cargo Potencia horas Punta contratada	\$/kW	41,68
Cargo Potencia Máxima contratada	\$/kW	88,38
Cargo Variable por energía transportada en horas de punta	\$/kWh	0,1724
Cargo Variable por energía transportada en horas de resto	\$/kWh	0,1602
Cargo Variable por energía transportada en horas de valle	\$/kWh	0,1602
<b>Grandes Demandas MT PFTT</b>		
<b>Potencia máxima contratada igual o mayor a 300 kW</b>		
Cargo Fijo	\$/mes	3318,02
Cargo Potencia horas Punta contratada	\$/kW	41,68
Cargo Potencia Máxima contratada	\$/kW	88,38
Cargo Variable por energía transportada en horas de punta	\$/kWh	0,1906
Cargo Variable por energía transportada en horas de resto	\$/kWh	0,1786
Cargo Variable por energía transportada en horas de valle	\$/kWh	0,1790

CARGOS POR DERECHOS DE CONEXIÓN	UNIDAD	IMPORTE
<b>Conexiones Comunes</b>		
1- Aéreas Monofásicas Tarifa Social	\$	466,00
2- Aéreas Monofásicas	\$	559,00
3- Aéreas Trifásicas	\$	1059,00
4- Subterráneas Monofásicas	\$	1729,00
5- Subterráneas Trifásicas	\$	2658,00
<b>Conexiones Especiales</b>		
1- Aéreas Monofásicas	\$	1469,00
2- Aéreas Trifásicas	\$	2588,00
3- Subterráneas Monofásicas	\$	4726,00
4- Subterráneas Trifásicas	\$	4886,00
<b>Cargos por Suspensión y Rehabilitación de Servicio</b>		
T1 - Servicio Monofásico Tarifa Social	\$	186,00
T1 - Servicio Monofásico	\$	186,00
T1 - Servicio Trifásico	\$	882,00
T2 - T3 - T4 - T5	\$	882,00

CARGOS FONIVEMEN	UNIDAD	IMPORTE
T1 Generales	\$/kWh	0,0045
T1 Alumbrado Público	\$/kWh	0,0045
T2 Medianas Demandas BT	\$/kWh	0,0045
T3 Grandes Demandas BT	\$/kWh	0,0045
T3 Grandes Demandas MT	\$/kWh	0,0041
T4 Medianas Demandas Estacionales	\$/kWh	0,0045
T4 Grandes Demandas Estacionales	\$/kWh	0,0045

 **CENTRO DE LLAMADOS**  
**0800 888 0077**

 **HTTP://WWW.**  
**ejesa.com.ar**

 **SMS AL**  
**50150**

## 8.9 Cómo reducir los cargos por Demanda de Potencia

Vamos a recordar textualmente lo que dice la reglamentación al respecto de la Potencia:

**Se denomina Capacidad de Suministro convenida a la Potencia máxima en kilovatios (kW) promedio quince minutos que la CONCESIONARIA se compromete a poner a disposición del cliente usuario en cada punto de entrega y para cada tramo horario (esto último sólo para EJESA).**

**El cliente se compromete a abonarla haya o no consumo.**

**El cliente procurará no utilizar potencias superiores a las convenidas para cada tramo horario y la CONCESIONARIA no estará obligada a suministrarla.**

**En caso que el usuario tomara una potencia superior a la convenida y, sin perjuicio de lo que corresponda para evitar un nuevo exceso, en el período de facturación en que se haya producido la transgresión, LA DISTRIBUIDORA facturará la potencia realmente registrada, más un recargo del 50% de la capacidad de suministro excedida respecto a la convenida. Si el exceso superara el 50% de la capacidad de suministro contratada, el recargo será del 100% sobre el exceso registrado.**

El mensaje, es muy simple:

**No contratar más de lo necesario.  
Evitar consumir en horario pico (más caro).  
No exceder lo solicitado.**

Para lograr esto, lo que recomendamos hacer es un:

**Inventario de Cargas eléctricas.**

Se trata de relacionar todos los equipos eléctricos, la cantidad de cada uno de ellos, sus respectivas potencias y a través de cálculos simples, poder determinar la potencia a contratar, y tratar de evitar tomar en exceso por sobre ese valor, de modo de cumplir con dos objetivos básicos que reducirán costos:

**A:** No contratar una demanda de Potencia mayor a la necesaria.

**B:** No ser penalizado por excederse de la Demanda contratada.

Para realizar este inventario es conveniente entender el concepto de factor de diversidad.

**Factor de diversidad (FD):** Relación entre la suma de las demandas máximas en las distintas partes de un sistema eléctrico y la demanda máxima de todo el sistema.

El Factor de Diversidad (FD) es el número (dado en porcentaje) que indica la probabilidad de uso simultáneo de varios equipos.

$$\text{Matemáticamente es: } \text{FD} = \frac{\text{Demanda Pico}}{\text{Demanda Total}} \times 100$$

No olvidemos que la potencia demandada por nuestras instalaciones en cada momento es la **suma de las potencias individuales** de cada uno los equipos y/o aparatos **que se encuentran funcionando en ese momento**. Y que en cada banda horaria, la potencia por la que pagaremos, está relacionada con la **máxima** demanda (**Demanda Pico**) que se presente durante 15 minutos seguidos.

Esta potencia máxima demandada, obviamente será menor a suma de las potencias individuales (Demanda Total). A continuación se muestra una planilla simple para inventariar cargas eléctricas:

Descripción de la Carga	Cantidad	kW por Unidad	kW Total	FD %	Demanda kW	Horas	Energía kWh

Como ejemplo vamos usar esta planilla para hacer el inventario de las cargas eléctricas de una escuela técnica.

Descripción de la Carga	Nº	kW por Unidad	kW	FD	Demanda	Funcionamiento x mes	Energía
				%	kW	Horas	kWh
Iluminación	520	0,04	20,8	80	16,64	308	5.125
Compresor Aire	2	5	10	80	8	308	2.464
Tornos	10	2	20	70	14	40	560
Compresor Refrigeración	1	20	20	60	12	150	1.800
Limadoras	6	3	18	60	10,8	150	1.620
Fresadoras	6	2	12	50	6	150	900
Soldadora	1	1,5	1,5	40	0,6	150	90
Computadoras	30	0,4	12	30	3,6	150	540
Monitores	30	0,1	3	60	1,8	150	270
Microondas	1	2	2	10	0,2	150	30
Heladera	1	0,5	0,5	60	0,3	150	45
<b>Totales</b>			<b>119,8</b>	<b>61,7</b>	<b>73,94</b>		<b>13.444</b>

Para determinar el valor de diversidad individual, se debe considerar para cada equipo y aparato, la frecuencia de encendido y la duración del mismo, y su evaluación detallada excede los alcances de la presente guía.

Lo realmente importante es observar que el pico de demanda estará en torno a los 74 kW, y no 120 kW, como resultaría de la suma de las potencias individuales. Y **en torno al primer valor, es el que deberíamos contratar**. El factor de diversidad para el conjunto resulta ser 61,7 %.

El valor teórico obtenido, habrá luego que ajustarlo con los valores experimentales.

Teniendo en cuenta que las tarifas son diferentes por bandas horarias (para gran parte de las tarifas establecidas), la otra gran utilidad que tiene llevar un inventario de cargas con la mayor apertura posible, es que permite analizar la posibilidad de evitar el funcionamiento de equipos en las horas de tarifas más caras, así como intentar achatar la curva de demanda distribuyendo los consumos, para que los picos sean más bajos, y por ende la demanda a contratar también sea lo más baja posible. (Esto, siempre que la modalidad de nuestro establecimiento lo admita).

Vamos a trabajar sobre algunos ejemplos, que reúnen las siguientes características:

Analicemos primero la situación base o situación de partida.

**Categoría: T3 BT**

**Demanda de Potencia: 74 kW**

**Consumo de energía: 13.444 kWh/mes**

**Factor de Carga: 0,31 en Pico, 0,51 en Resto y 0,013 en Valle**

Con el inventario de cargas eléctricas, se graficó hora a hora la demanda teórica, lo que se observa en la Figura 8-1.

Como primer paso, asumimos que se contrató exactamente la Demanda máxima que tiene. En rigor, esto sería el límite de la eficacia para no contratar de más, pero entraña en riesgo de pasarse.

La ventaja de no contratar en exceso resulta obvia, por lo que no realizaremos ningún ejemplo; simplemente

**Si contratamos Y PAGAMOS, para que el Distribuidor nos ponga a disposición una Potencia que no usamos, estamos pagando de más**

Veamos entonces, que podemos hacer con la demanda ya contratada:

Volviendo a nuestro ejemplo, y habiendo contratado exactamente lo que necesitaba, tiene un costo de Energía Eléctrica de 30.571,79 \$/mes, asumiendo que es cliente de EDENOR.

La energía que consume (13.444 kWh/mes) tiene que ver con su modalidad de uso, y consideraremos que es un parámetro que no debe cambiar para estos ejemplos.

Reproducimos a continuación los cálculos correspondientes al CASO 1 (Situación Base).

Ejemplos de cálculo del caso N° 1

CASO 1 SITUACIÓN BASE

Hora	Potencia
1	0,900
2	0,800
3	0,972
4	0,900
5	1,20
6	2,00
7	10,00
8	20,00
9	30,00
10	74,00
11	70,00
12	30,00
13	25,00
14	43,42
15	50,00
16	68,00
17	67,00
18	30,00
19	25,70
20	20,00
21	25,00
22	14,00
23	1,200
24	1,000

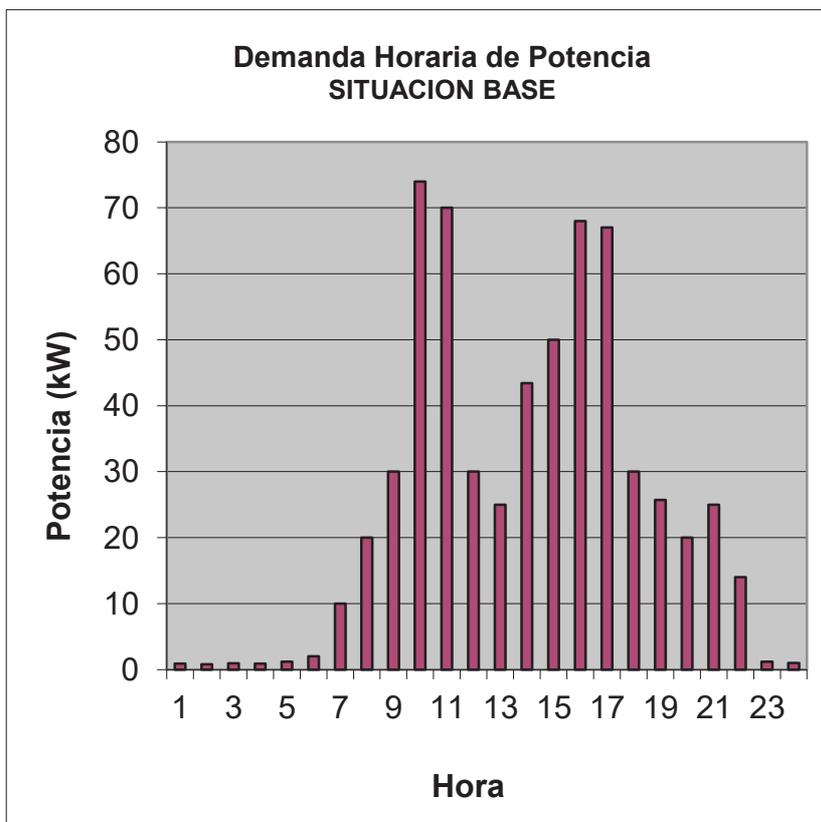


Figura 8-1

Potencia en hora Pico	30			
Potencia en hora Resto	74 kW			
Potencia en hora Valle	0,972 kW			
		<b>Tarifa EDENOR</b>	<b>CARGOS</b>	
			1.555,75 \$/mes	<-- Cargo Fijo
Potencia Convenida	74 kW	164 \$/kW-mes	12.137,48 \$/mes	
Potencia Consumida	74 kW	4,42 \$/kW-mes	327,08 \$/mes	
Energía en hora Pico	2.523 kWh/mes	0,739 \$/kWh	1.864,79 \$/mes	
Energía en hora Resto	10.794 kWh/mes	0,733 \$/kWh	7.911,74 \$/mes	
Energía en hora Valle	127 kWh/mes	0,713 \$/kWh	90,54 \$/mes	
<b>ENERGÍA TOTAL</b>	<b>13.444 kWh/mes</b>	<b>Subtotal sin imp. --&gt;</b>	<b>23.887,38 \$/mes</b>	
		Impuestos	6,983 %	
		Monto impuesto	1.668,06 \$/mes	
		IVA	5.016,35 \$/mes	
Factor Carga Pico	0,31	<b>MONTO TOTAL</b>	<b>30.571,79 \$/mes</b>	
Factor Carga Resto	0,51			
Factor Carga Valle	0,013			

### Alternativa 2 - Distribuyendo la Demanda de Potencia

Es este caso, que denominamos CASO 2, y cuyo esquema se muestra en la Figura 8-2, hemos distribuido la demanda, que llevamos a 55 kW, manteniendo siempre la misma energía consumida (13.444 kWh), que suponemos es necesaria para desarrollar la actividad.

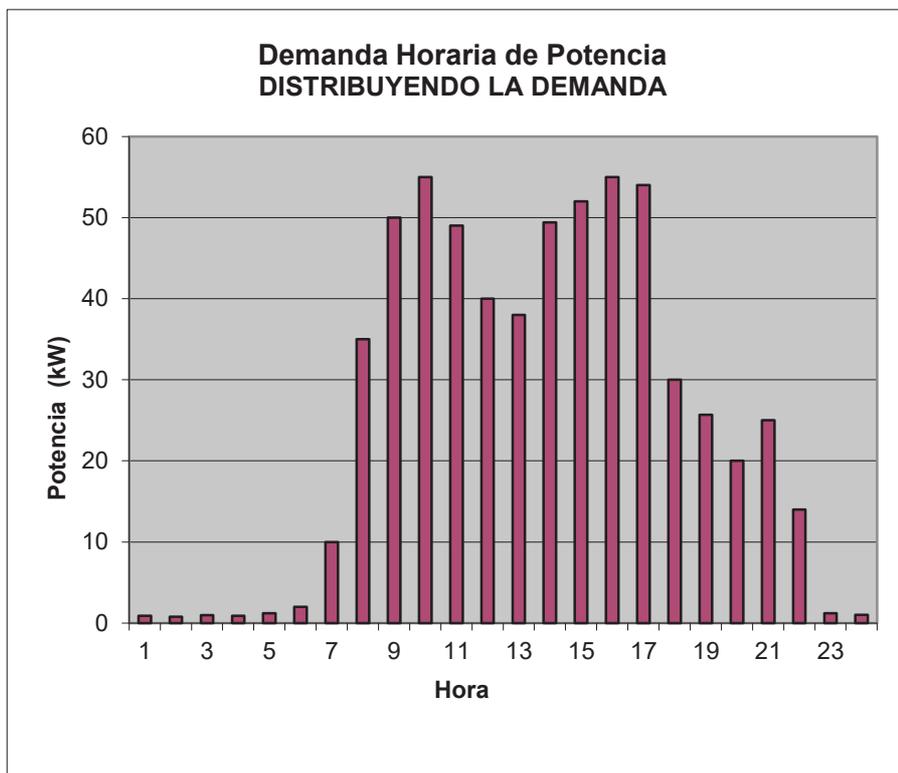


Figura 8-2

lo que le representa

**Se ahorrará el 13,4 % de su costo de Energía Eléctrica, lo que le representará 49.151 \$/año**

Por supuesto que esto que se ve tan sencillo en el papel, no es tan simple de llevar a la práctica, ya que de hecho hay que considerar una serie de factores que hacen a nuestro proceso, los horarios de nuestra actividad u otros elementos, pero consideremos **que si nos ponemos a analizar las posibilidades, encontraremos soluciones creativas.**

Reproducimos a continuación los cálculos correspondientes al CASO 2, dónde se optimizó la distribución de cargas, manteniendo el mismo consumo de energía (Situación mejorada)

### Ejemplos de cálculo del caso N° 2

**CASO 2**      *DISTRIBUYENDO LA DEMANDA*

Hora	Potencia
1	0,90
2	0,80
3	0,97
4	0,90
5	1,20
6	2,00
7	10,00
8	35,00
9	50,00
10	55,00
11	49,00
12	40,00
13	38,00
14	49,42
15	52,00
16	55,00
17	54,00
18	30,00
19	25,70
20	20,00
21	25,00
22	14,00
23	1,20
24	1,00

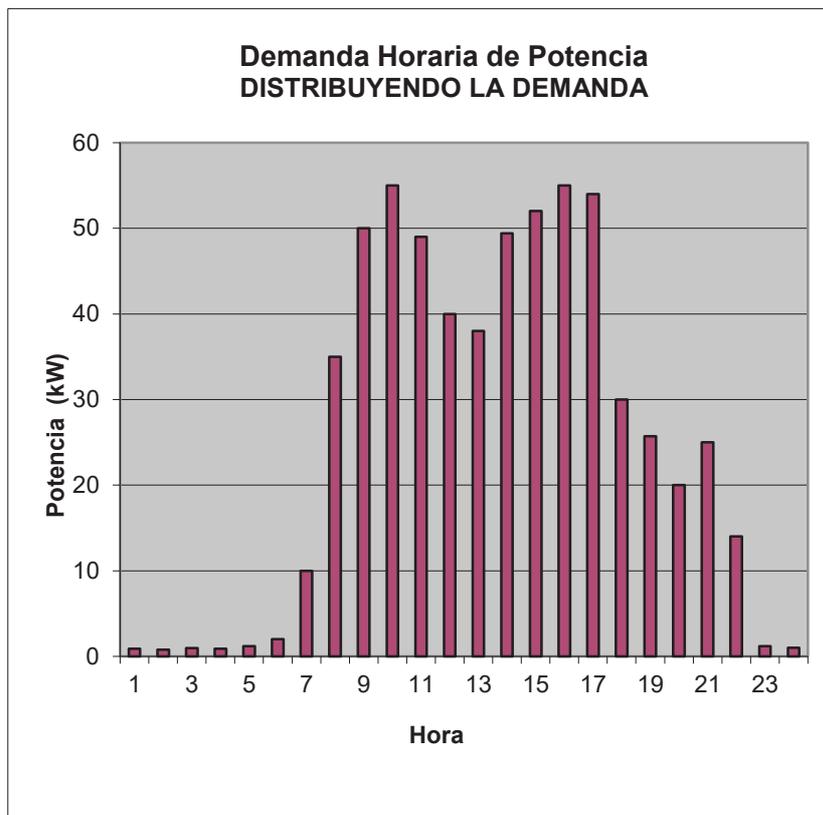


Figura 8-3

Potencia en hora Pico	30 kW			
Potencia en hora Resto	55 kW			
Potencia en hora Valle	0,972 kW	<b>Tarifa EDENOR</b>	<b>CARGOS</b>	
			1.555,75 \$/mes	<-- Cargo Fijo
Potencia Convenida	55 kW	164 \$/kW-mes	9.021,10 \$/mes	
Potencia Consumida	55 kW	4,42 \$/kW-mes	243,10 \$/mes	
Energía en hora Pico	2.523 kWh/mes	0,739 \$/kWh	1.864,79 \$/mes	
Energía en hora Resto	10.794 kWh/mes	0,733 \$/kWh	7.911,74 \$/mes	
Energía en hora Valle	127 kWh/mes	0,713 \$/kWh	90,54 \$/mes	
<b>ENERGÍA TOTAL</b>	13.444 kWh/mes	<b>Subtotal sin imp. --&gt;</b>	<b>20.687,02 \$/mes</b>	
		<b>Impuestos</b>	<b>6,983 %</b>	
		Monto impuesto	1.444,57 \$/mes	
		IVA	4.344,27 \$/mes	
		<b>MONTO TOTAL</b>	<b>26.475,87 \$/mes</b>	
Factor Carga Pico	0,42			
Factor Carga Resto	0,69			
Factor Carga Valle	0,017			

**AHORRO RESPECTO DEL CASO 1**      **49.151 \$/año = 13,4 %**

Finalmente, veamos el caso de

### **PENALIZACIÓN POR EXCESO DE POTENCIA**

Supongamos la misma curva de Demanda original del CASO 1, pero en este **CASO 3**, que se muestra en la Figura 8-4, la contratación de Potencia había sido hecha por:

Demanda **CONTRATADA** de Potencia: 55 kW (**CASO 2**)

Pero dada la curva de demanda, resulta que en la realidad:

Demanda **REGISTRADA** de Potencia: 74 kW

Por lo que resulta

Demanda **PENALIZADA** de Potencia: 19 kW

Desarrollando todos los cálculos, se explicita el recargo, aplicando a la Potencia excedente la tarifa incrementada en un 50 %, de lo que resulta que la penalización, incluyendo el impuesto que le cabe en este caso, le representa al cliente un sobre costo de **6.090,14 \$/mes.**

No repetimos aquí el gráfico de la curva de demanda, ya que es el mismo que el CASO 1.

**Se incrementará el 19,9 % de su costo de Energía Eléctrica,  
lo que le representará 73.082 \$/año**

Esta comparación está realizada ahora respecto del CASO 2, en donde la demanda máxima había sido de 55 kW.

### **¿Qué hacer entonces?**

Tomamos como criterio, que no podemos consumir menos energía, porque la modalidad del establecimiento así lo determina. Además, no queremos contratar mayor demanda de Potencia.

La solución radica en reordenar el funcionamiento de nuestros equipos y máquinas, de modo de no pasarnos en ningún momento de la Potencia **CONTRATADA**, lo cual por ejemplo, nos puede dar el perfil de demanda como el visto en el **CASO 2**.

De esta nueva distribución de la demanda, y consumiendo siempre la misma cantidad de energía - 13.444 kWh/mes - pasamos, tal como se muestra en el **CASO 2**, a

una situación en la que el Usuario no es penalizado contratando la misma demanda que anteriormente.

Es importante resaltar que en el caso ideal, la solución dio como resultado un mayor FACTOR DE CARGA.

Esto resulta lógico, pues estamos haciendo siempre un mejor aprovechamiento de la potencia contratada. Recordar que en el extremo del óptimo, el Factor de Carga sería igual a 1, si contratáramos una potencia  $X$ , y la demandáramos permanentemente a lo largo del día, todos los días del mes.

**NO PIENSE QUE ESTO ES DEMASIADO COMPLEJO,**

**SÓLO SEPA QUE:**

**SI ESTA SIENDO PENALIZADO POR EXCESO DE POTENCIA,**

**UD PUEDE AHORRAR ADMINISTRANDO SU DEMANDA**

**POR LO TANTO:**

**VERIFIQUE SU SITUACIÓN, SIMPLEMENTE OBSERVANDO LA**

**FACTURA, Y MIDIENDO LAS CARGAS A LO LARGO DEL DÍA.**

Reproducimos a continuación los cálculos correspondientes al CASO 3, donde debido a una mala distribución de las cargas, se produjo un exceso de demanda por encima de la convenida (Situación no querida)

**Ejemplos de cálculo del caso N° 3**

**CASO 3 PENALIZACIÓN POR EXCESO DE POTENCIA**

Hora Potencia Demanda Contratada = 55 kW

1	0,900
2	0,800
3	0,972
4	0,900
5	1,20
6	2,00
7	10,00
8	20,00
9	30,00
10	74,00
11	70,00
12	30,00
13	25,00
14	43,42
15	50,00
16	68,00
17	67,00
18	30,00
19	25,70
20	20,00
21	25,00
22	14,00
23	1,200
24	1,000

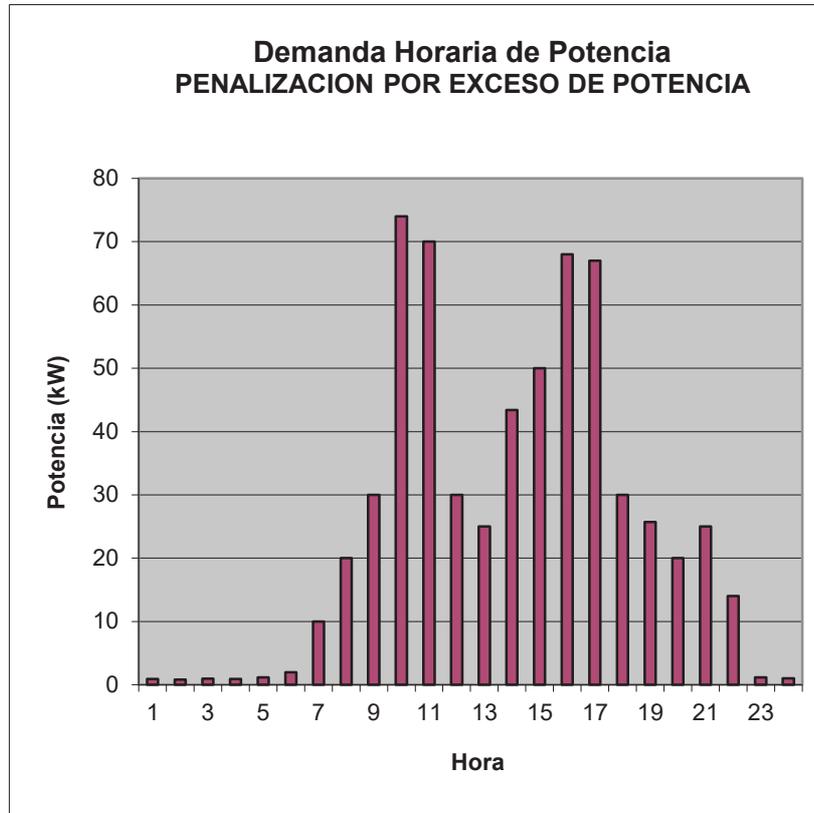


Figura 8-4

Potencia en hora Pico	30 kW			
Potencia en hora Resto	74 kW			
Potencia en hora Valle	0,972 kW			
Potencia Convenida	55 kW	<b>Tarifa EDENOR</b>	<b>CARGOS</b>	
Potencia Consumida	74 kW	164 \$/kW-mes	1.555,75 \$/mes	<-- Cargo Fijo
		4,42 \$/kW-mes	9.021,10 \$/mes	
			327,08 \$/mes	
Energía en hora Pico	2.523 kWh/mes	0,739 \$/kWh	1.864,79 \$/mes	
Energía en hora Resto	10.794 kWh/mes	0,733 \$/kWh	7.911,74 \$/mes	
Energía en hora Valle	127 kWh/mes	0,713 \$/kWh	90,54 \$/mes	
<b>ENERGÍA TOTAL</b>	13.444 kWh/mes	<b>Subtotal sin imp.--&gt;</b>	<b>20.771,00 \$/mes</b>	
		<b>EXCEDENTE</b>		<b>RECARGO</b>
Potencia Convenida	19 kW	246,03 \$/kW-mes	4.674,57 \$/mes	4.674,57
Potencia Consumida	19 kW	4,42 \$/kW-mes		83,98
<b>ENERGÍA TOTAL</b>	13.444 kWh/mes	<b>Subtotal sin imp.--&gt;</b>	<b>25.445,57 \$/mes</b>	<b>4.758,55</b>
		Impuestos	6,983 %	
		Monto impuesto	1.776,86 \$/mes	332,29
		IVA	5.343,57	999,30
		<b>MONTO TOTAL</b>	<b>32.566,00 \$/mes</b>	<b>6.090,14</b>
<b>RECARGO RESPECTO DEL CASO 2</b>		<b>73.081,62 \$/año =</b>	<b>19,9 %</b>	

## 8.10 Cómo reducir las Penalizaciones por Energía Reactiva

El FACTOR DE POTENCIA o  $\cos \varphi$ , es una medida relativa de la ENERGÍA REACTIVA que consume una instalación eléctrica, respecto a la ENERGÍA APARENTE consumida.

La ENERGÍA REACTIVA representa la Energía necesaria para generar los campos magnéticos en las instalaciones; y que es indeseable que aparezca, por los perjuicios que ocasiona al sistema, tales como:

- ❖ Se requiere mayor sección de cables.
- ❖ Se requieren protecciones de mayor calibre
- ❖ Ocasiona mayores pérdidas
- ❖ Produce mayor sobrecalentamiento
- ❖ Genera mayor necesidad de mantenimiento
- ❖ Requiere mayor capacidad de transformación,

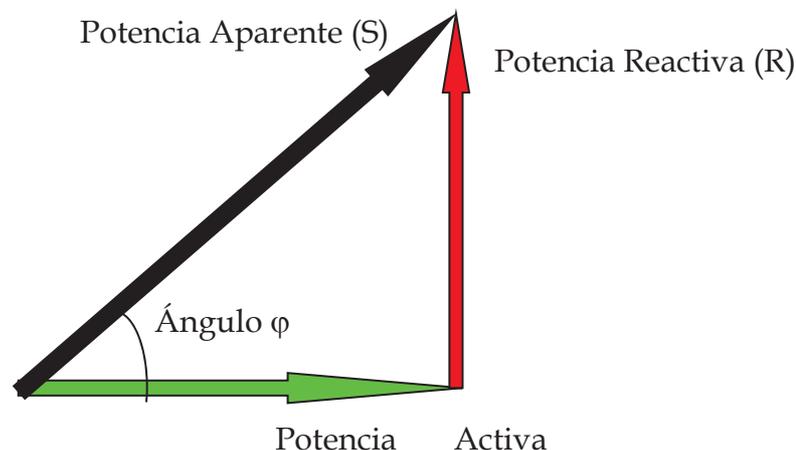
Por lo que:

Está PENALIZADA por los marcos regulatorios, en caso de exceder ciertos límites.

Entre otras consecuencias, el exceso de Energía Reactiva en las instalaciones produce caídas de tensión y saturación en las líneas de distribución, de allí que sea necesario acotarla a ciertos límites.

Para entender como es penalizada y como se puede corregir el Factor de Potencia para evitar dicha sanción, repasemos brevemente:

Podemos representar la relación entre Energía Activa y Energía Reactiva, con el siguiente gráfico:



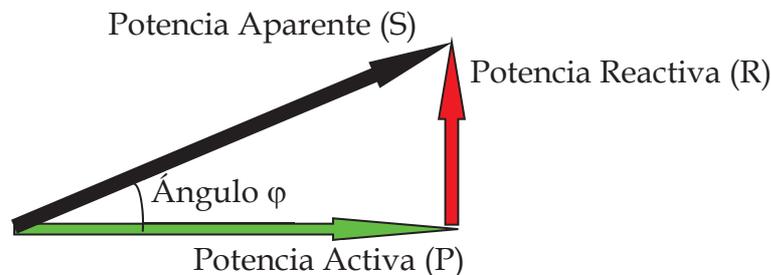
Como la energía que se factura es la ACTIVA, y dijimos que es deseable que la REACTIVA esté por debajo de cierta proporción, el ángulo que se muestra en la figura, de alguna manera nos da la magnitud de esa relación, dado que para una misma P, cuanto más chica sea R, menor será el ángulo  $\varphi$ .

Existe una función matemática conocida como coseno de un ángulo, que para el ángulo recién definido, es:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad \text{Esto se denomina factor de potencia}$$

Cuanto menor sea R respecto de P, hará que S sea menor y por lo tanto menor será el ángulo  $\varphi$ , y entonces mayor será el  $\cos \varphi$ , y consecuentemente: **mayor será el Factor de Potencia, que es lo buscado.**

Esto estaría simbolizado por el siguiente gráfico



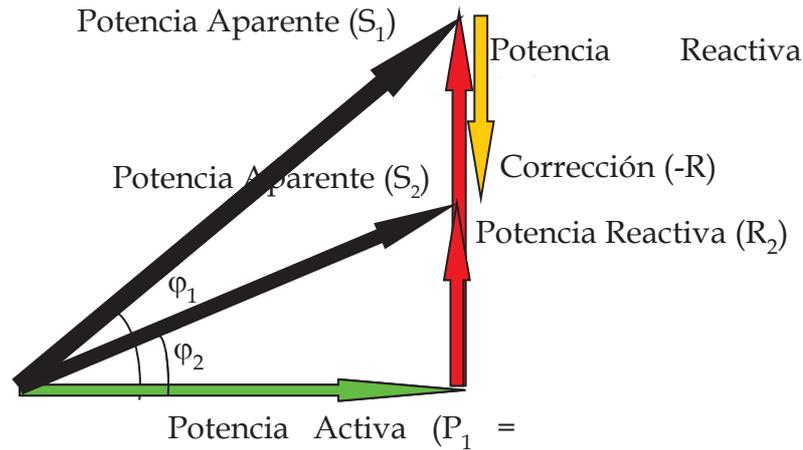
La Energía Activa es la misma que en el caso anterior, pero la Energía Reactiva disminuyó, y por lo tanto se achicó el ángulo, y en consecuencia aumentó el  $\cos \varphi$ , esto es: aumentó el FACTOR DE POTENCIA.

Por otro lado, existe otra función matemática llamada tangente de un ángulo, que se define como el cateto opuesto sobre cateto adyacente, y que aplicada a nuestro diagrama, resulta:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{P}$$

Por lo que la tangente del ángulo también es una medida de la relación entre ambas energías, y en este caso, es deseable que esa relación sea baja.

Por lo tanto, si de la **situación inicial** (bajo factor de potencia, bajo  $\cos \varphi$ , alta  $\operatorname{tg} \varphi$  y alta Energía Reactiva), **queremos pasar a la situación 2**, de MAYOR FACTOR DE POTENCIA (o sea mayor  $\cos \varphi$ , menor  $\operatorname{tg} \varphi$  y menor Energía Reactiva), tenemos que generar un efecto como el de la flecha **amarilla**, del siguiente gráfico:



Ese efecto correctivo lo producen los **capacitores**, la pregunta es:

**¿POR QUÉ HABRÍAMOS DE GASTAR EN COLOCAR ESOS CAPACITORES EN NUESTRA INSTALACIÓN?**

**MUY SIMPLE:**

Porque si estamos en:

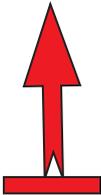
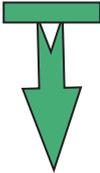
	<b>ÁREA METROPOLITANA EDENOR o EDESUR</b>	<b>PROVINCIA de JUJUY EJESA</b>
y tenemos un <b>FACTOR DE POTENCIA</b>	<b>MENOR A 0,85</b>	<b>MENOR A 0,85 y MENOR DE 0,75</b>
	<b><u>PAGAREMOS por RECARGO</u></b> Se realiza un recargo (sobre el monto facturado de la Energía activa total), del 1,5 % por cada 0,01 de exceso respecto a 0,62, y posibilidad de corte si $\cos \phi < 0,60$ ( $\text{tg } \phi > 1,34$ )	<b><u>PAGAREMOS por RECARGO</u></b> Recargo del 10 % sobre monto de Energía activa Si $0,75 < \cos \phi < 0,85$ .  Recargo del 20 % sobre monto de Energía activa si $\cos \phi < 0,75$ y posibilidad de corte si $\cos \phi < 0,60$ ( $\text{tg } \phi > 1,34$ )

**¡Y LOS IMPUESTOS Y TASAS SE APLICAN TAMBIÉN SOBRE ESTAS PENALIZACIONES!**

Para entender estos valores y límites, observemos las siguientes tablas:

Para los usuarios de EDENOR, EDESUR y EJESA)

$tg \varphi$	$cos \varphi$
(Energía Reactiva / Energía Activa)	(Factor de Potencia)
1,34	0,60
1,02	0,70
0,88	0,75
0,75	0,80
0,62	0,85
0,48	0,90
0,33	0,95
0,00	1,00

Penalizable   No penalizable

Apliquemos todo esto a un ejemplo:

Supongamos el caso de un usuario de TARIFA T3, cliente de EDENOR, de una POTENCIA de 74 kW, con un FACTOR DE POTENCIA de 0,7.

Con estas características de consumo, este cliente

**Estará pagando de recargo que con los impuestos (con IVA) llega a 5.923,26 \$/mes, 7.580,77 \$/mes !!!!**

A este usuario hay que llevarlo de su factor de Potencia actual de 0,7, a un Factor de Potencia ( $cos \varphi$ ) de 0,85; para evitar la penalización.

Es decir que se debe llevar de un valor de  $tan \varphi = 1,02$  a un valor de  $tan \varphi = 0,62$ , lo que implica una diferencia de 0,4.

Para esas características de consumo y factor de potencia, se requieren entonces capacitores de:

$$0,4 \text{ kVA/kW} = R / P$$

para llevar el factor de potencia de 0,7 a 0,85, que es el mínimo requerido para este ejemplo (este valor sale de tablas o cálculo), y representa el coeficiente entre el valor de Capacitor requerido y la demanda de Potencia.

Por lo que, la capacidad requerida del equipo a Instalar será de:

$$0,400 \text{ kVA/kW} \times 74 \text{ kW} = 29,62 \text{ kVA},$$

(Se tomará en todos los casos la Demanda de Potencia Adquirida).

El equipo de catálogo más cercano a ese valor es de 30 kVAr pero se adopta de 35 KVAr, para asegurarse de no quedar por debajo de 0,85 de factor de potencia.

Este equipo, (con regulador) más la instalación, representa una **Inversión de aproximadamente \$ 28.000.**

Por lo tanto, en nuestro ejemplo,

**Con lo que se ahorra, pagará el equipamiento en 4,5 meses y estará reduciendo su costo de energía eléctrica en casi un 20 %, e incrementando su ganancia en 91.000 \$/año,**

**SÓLO SEPA QUE:**

**SI ESTA FUERA DE LOS LIMITES ADMITIDOS, UD SERÁ PENALIZADO**

**POR LO TANTO:**

**VERIFIQUE SU SITUACIÓN, SIMPLEMENTE OBSERVANDO LA FACTURA.**

A continuación, en el siguiente ejemplo se indican los cálculos realizados para corregir el factor de potencia de una instalación que cuenta con las siguientes características.

**Categoría: T3 BT**

**Demanda de Potencia: 74 kW**

**Consumo de energía: 13.444 kWh/mes**

**Factor de Carga: 0,31 en Pico, 0,51 en Resto y 0,013 en Valle**

**Consumo de energía reactiva: 13.715,6 kVAr/mes**

**Esto representa un factor de potencia de 0,7 ( $\cos \phi = 0,7$  y  $\tan \phi = 1,02$ )**

ADECUACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

CASO 1

Se corrige llevando el Factor de Potencia a 0,85

Características

Tarifa	T3 BT	
Potencia Convenida	74 kW	
Potencia Consumida	74 kW	
Consumo en Pico	2.523,4 kWh/mes	factor de carga 0,31
Consumo en Resto	10.793,6 kWh/mes	factor de carga 0,51
Consumo en Valle	127,0 kWh/mes	factor de carga 0,013
ENERGÍA REACTIVA	13.715,6 kVArh/mes	
Factor de Potencia	0,7 (para todos los horarios)	<-----equivale a tg φ 1,02
<b>Tarifas EDENOR Vigencia mar-17</b>		
CARGO FIJO	1.555,75 \$/mes	
Potencia CONVENIDA	164,02 \$/kW-mes	
Potencia CONSUMIDA	4,42 \$/kW-mes	
Consumo en Pico	0,739 \$/kWh	
Consumo en Resto	0,733 \$/kWh	
Consumo en Valle	0,713 \$/kWh	
CARGO FIJO	1.555,75 \$/mes	
Cargo por Potencia CONVENIDA	12.137,48 \$/mes	
Cargo por Potencia CONSUMIDA	327,08 \$/mes	
Cargo por Energía en Pico	1.864,79 \$/mes	
Cargo por Energía en Resto	7.911,74 \$/mes	
Cargo por Energía en Valle	90,54 \$/mes	
Cargo total	23.887,38 \$/mes (sin impuestos y sin recargo por FP)	
Recargo por FP	5.923,26 \$/mes	
Impuestos	2.081,68 \$/mes	
<b>TOTAL DE LA FACTURA</b>	<b>31.892,32 SIN IVA</b>	
<b>IVA</b>	<b>6.260,23</b>	
<b>TOTAL DE LA FACTURA</b>	<b>38.152,55 CON IVA</b>	
<b>Costo por unidad de consumo</b>	<b>2,838 \$/kWh</b>	
Penalización Porcentual	60,03 % <-----	aplicando 1,5 % cada 0,01 de desvío respecto de tg φ 0,62
Sobre monto abonado de Energía	9.867,07 \$ <-----	Por consumo de ENERGÍA ACTIVA en el período.
<b>Penalización por FP</b>	<b>5.923,26 \$</b>	
Impuestos sobre penalización	413,62 \$	son 6,983 % sin incluir IVA
<b>Recargo Total</b>	<b>6.336,88 \$/mes (sin IVA)</b>	
<b>Recargo Total</b>	<b>7.580,77 \$/mes (con IVA)</b>	
<b>Corrección del FP</b>		
Requerimiento de Capacitor	0,400 kVAr/kW	(Tg φ <sub>inicial</sub> - Tg φ <sub>final</sub> )
Capacitor requerido de	29,62 kVA	
Capacitor adoptado	30 kVA	
Costo del Sistema (Capac. + Reg.)	25.000 \$	
Transformador de Intensidad	1.000 \$	
Instalación (Mat. Y M. de Obra)	2.000 \$	
<b>Costo total de corrección</b>	<b>28.000,00 \$</b>	
<b>INVERSIÓN SE REPAGA EN</b>	<b>4,42 MESES</b>	
<b>ESTO SIGNIFICA:</b>	<b>Ahorro equivalente a 19,87 % del gasto en energía eléctrica</b>	
<b>AHORRO ANUAL</b>	<b>90.969 \$</b>	

### 8.10.1 Valores típicos de factor de potencia de diferentes equipos

En la siguiente tabla se puede observar los valores de  $\cos \varphi$  para diferentes equipos que podemos encontrar en una escuela técnica.

#### Factor de potencia de diferentes tipos de equipos.

Equipo		$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$
Motores asincrónicos estándar, cargados al :	0%	0,17	5,80
	25%	0,55	1,52
	50%	0,73	0,94
	75%	0,80	0,75
	100%	0,85	0,62
Lámparas incandescentes		aprox. 1	aprox. 0
Lámparas fluorescentes		aprox. 0,5	aprox. 1,73
Lámparas de descarga		0,4 a 0,6	2,29 a 1,33
Hornos de resistencia		aprox. 1	aprox. 0
Hornos de inducción compensados		aprox. 0,85	aprox. 0,62
Hornos de calentamiento		aprox. 0,85	aprox. 0,62
Soldadoras de resistencia		0,8 a 0,9	0,75 a 0,48
Soldadoras de arco (monofásicas)		aprox. 0,5	aprox. 1,73
Soldadoras de arco rotativas		0,7 a 0,9	1,02 a 0,48
Soldadoras de arco (transf-rectif)		0,7 a 0,8	1,02 a 0,75
Hornos de arco		0,8	0,75
Rectificadores tiristorizados		0,4 a 0,8	2,25 a 0,75

### 8.10.2 Diferentes tipos de bancos de capacitores

Desde el punto de vista de su maniobra, hay dos tipos principales de bancos de capacitores:

**Banco fijo:** La potencia reactiva suministrada es constante independientemente del estado de carga de la instalación.

Estos bancos son maniobrados:

- ✚ En forma manual mediante interruptores o seccionadores
- ✚ En forma semi-automática por medio de contactores con control remoto
- ✚ Generalmente, se adopta esta solución en los siguientes casos:
  - ✚ Instalaciones con carga constante (operaciones continuas)
  - ✚ Compensación de pérdidas reactivas de transformadores
  - ✚ Compensación individual de motores

**Banco automático:** La potencia reactiva del banco puede ser regulada de acuerdo a las variaciones del estado de carga de la instalación.

Estos bancos están formados por varios pasos de capacitores conectados en paralelo: el control de estos pasos es realizado por un regulador electrónico incorporado en el banco.

Estos bancos son usados generalmente en los siguientes casos:

- ✚ Instalaciones que presentan variabilidad en su estado de carga
- ✚ Compensación de tableros generales de distribución en baja tensión.
- ✚ Bancos de capacitores que superan el 15% de la potencia del correspondiente transformador MT/BT.

## 8.11 Equipos y Eficiencia Energética

Los equipos que normalmente podemos encontrar en una escuela técnica son muy variados en su tipo y también en su modo de utilización.

Mientras la iluminación podemos encontrarla encendida durante un tiempo prolongado, existen otros equipos que se operan durante lapsos reducidos.

Daremos aquí, un breve listado de los posibles equipos que podemos encontrar, pero seguramente faltarán algunos otros que han sido omitidos.

Entre los equipos que podemos encontrar, se podrían clasificar en equipos de:

- c) Ofimática (computadoras, impresoras, escáneres, fotocopiadoras, etc.)
- d) Refrigeradores y freezers
- e) Hornos Microondas
- f) Dispensadores de agua fría y caliente
- g) Ventiladores y equipos de aire acondicionado
- h) Ascensores
- i) Máquinas herramientas (Limadoras, tornos, fresadoras, soldadoras, etc.)
- j) Bombas de agua
- k) Luminarias

Con el propósito de tener una idea de los valores de potencia de cada uno de ellos, daremos una lista con los valores aproximados de cada uno. Los valores reales de consumo de potencia deberán ser determinados por medición en cada caso.

Equipo	Potencia
	kW
Luminaria de tubo fluorescente	0,04 - 0,05
Compresor Aire	1,5 - 2
Tornos	0,75 - 1,2
Refrigeradores y freezers	1 - 15
Compresor Refrigeración	1 - 15
Limadoras	2 - 3
Fresadoras	1,5 - 2
Soldadora	4 - 10
Agujereadora de banco	1,5 - 2
Computadoras	0,4
Monitores	0,1
Microondas	0,8 - 1
Horno Eléctrico	1,6 - 2,2

## 8.12 Consejos para ahorrar energía

- ★ Cuando se trate de maquinaria, no encienda todas al mismo tiempo. Hacerlo en forma escalonada. La potencia de arranque en forma directa de los motores se incrementan unas seis veces de su potencia nominal durante pocos segundos.

### 8.12.1 Motores eléctricos

- ✱ Eliminar el funcionamiento en vacío de los motores, o sea el motor rotando sin accionar ninguna “carga” (equipamiento físico que está siendo accionado, por ejemplo una bomba hidráulica). El consumo de energía durante la operación en vacío es de 2 a 3 veces las pérdidas del motor debido al conexionado, y funcionan con bajo factor de potencia.
- ✱ Selección del motor en relación a las características de la carga. La potencia nominal del motor debe estar adecuada a la potencia de la máquina accionada. De no ser así, el motor trabajará bajo condiciones de bajo rendimiento, ocasionando mayores consumos.
- ✱ La alimentación de tensión tiene una gran influencia en el comportamiento de los motores de inducción. Estos motores son capaces de funcionar de manera satisfactoria cuando se alimenta con tensiones iguales a la tensión nominal (220V para los motores monofásico y 380 V para los trifásicos) o con variaciones no mayores al 10%.
- ✱ Cuando las condiciones de carga lo permitan, realizar un control de la velocidad de rotación con variación de frecuencia trae aparejado numerosos beneficios, como ser fácil obtención de par constante y potencia constante, arranque y paradas suaves, control continuo y preciso de velocidad, factor de potencia alto y corriente limitada.

### 8.12.2 Bombas hidráulicas

- ✱ Estudiar la factibilidad de reducir la cantidad de bombas en servicio.
- ✱ Disminuir el caudal de bombeo utilizando variadores de frecuencia en lugar de regular con válvula. Si es posible disminuir el bombeo durante las horas de inactividad.

### 8.12.3 Compresores de aire

- ✱ Disminuir la temperatura del aire de admisión. Tomar el aire de una zona más fresca
- ✱ La presión y el caudal de descarga debe estar adecuada a los requerimientos.
- ✱ En caso de operar con varias unidades en paralelo, es importante el control de operación a fin de resultar un factor de carga alto.
- ✱ En caso de tener compresores rotativos y alternativos, los primeros tienen un consumo en vacío mucho mayor que los últimos, por lo que conviene que los alternativos modulen el caudal y tener de base los rotativos.

- ✱ Trabajando con caudales altos colocar sistema de secado de aire. El agua provoca fenómenos de oxidación, pérdidas de carga y de rendimiento del sistema.
- ✱ Eliminar y prevenir fugas de aire comprimido en el sistema.

#### 8.12.4 Sistema de aire acondicionado. Uso del frío y calor.

- ✱ Mantener los condensadores limpios.
- ✱ Asegurar que el aire o el agua que circula a través de los condensadores se encuentre a la temperatura más baja posible.
- ✱ Controlar la existencia de burbujas en el fluido refrigerante a través de las mirillas de vidrio del compresor.
- ✱ Controlar periódicamente el nivel de aceite lubricante del compresor.
- ✱ Verificar la existencia de vibraciones en las cañerías de fluido refrigerante.
- ✱ Controlar el estado de la aislación de las tuberías del refrigerante.
- ✱ Mantener las puertas y ventanas de los diferentes ambientes climatizados tanto como sea posible para evitar la fuga de "frío" y la entrada de aire "caliente" y "húmedo" a los mismos en verano, y a la inversa en invierno.
- ✱ Verificar que los evaporadores no acumulen demasiado hielo, pues este hecho disminuye la capacidad de intercambio de calor de éstos equipos clave para el mantenimiento de la temperatura de los ambientes cámaras.
- ✱ Poner el aire acondicionado en 24 °C en verano y en 22 °C en invierno, para un consumo equilibrado o lo más alto (en verano), o más bajo (en invierno) que se pueda compatible con el confort.
- ✱ Revisar los filtros con frecuencia.
- ✱ Es importante eliminar todo lo que sea posible las fuentes de generación de calor dentro de los ambientes climatizados.

#### 8.12.5 Ventiladores y sopladores

- ✱ Reducir el tiempo de operación innecesario.
- ✱ Adoptar equipamiento de alta eficiencia.
- ✱ Adecuar el caudal de aire a los requerimientos.

#### 8.12.6 Iluminación

- ✱ Reducir el tiempo de uso de las luminarias estrictamente a lo necesario. Apagar las luces que no se están usando

- ✱ Priorizar el uso de luz natural. Abrir persianas y cortinas.
- ✱ Priorizar el uso de un sistema general más localizado.
- ✱ Mantener el nivel de iluminación requerido para cada tipo de uso.
- ✱ Reducir las pérdidas en la línea de distribución.
- ✱ Usar luminarias de alta eficiencia.
- ✱ Mejorar el factor de utilización (iluminación realmente aprovechada).
- ✱ Disposición adecuada de las luminarias y mejorar el factor de reflectancia del cielorraso, por ejemplo pintado con colores claros y tratar de mantenerlo siempre limpio. También el de las paredes.
- ✱ Mejorar el factor de mantenimiento. Programa de mantenimiento periódico de las fuentes luminosas y reemplazo de lámparas quemadas.
- ✱ Reemplazar luminarias de baja eficiencia por luminarias de led.
- ✱ Si se utilizan lámparas de bajo consumo comprar las que tengan etiqueta energética clase A.

#### 8.12.7 Ofimática

- ✱ Configure la PC en modo ahorro de energía.
- ✱ Ajustar el brillo del monitor a nivel medio.
- ✱ Cuando no use más la PC, apagar totalmente el monitor. No dejarlo en stand-by.
- ✱ Apagar las impresoras, escáneres y fotocopiadoras cuando no se estén utilizando. En modo de espera consumen energía.

#### 8.12.8 Electrodomésticos

- ✱ Usar electrodomésticos clase A. Si se va a comprar uno, buscar la letra en la etiqueta de eficiencia energética.
- ✱ El stand-by también consume. Desconectar los equipos que no se usen. Las luces en reposo consumen hasta el 10 % de la electricidad del equipo.
- ✱ Desconectar los cargadores enchufados que no se usen. ¡También consumen energía!
- ✱ Evitar que la heladera pierda frío. No mantener la puerta abierta por mucho tiempo. Verificar los burletes de la heladera, y si es necesario reemplazarlos.
- ✱ Ajustar el termostato interno de las heladeras, para que no enfríen de más. No guardar comida caliente. Descongelar la heladera regularmente. El hielo y la escarcha dificultan el enfriamiento.

- ★ Usar el lavarropas con carga completa. Si se lava poca ropa, utilizar programas de lavado cortos. Con agua caliente, el lavarropas consume hasta un 90 % más. Usarlo con agua a temperatura natural, y reservar el agua caliente sólo para ropa muy sucia.
- ★ Revisar el termostato del termotanque eléctrico. Regularlo a 45 °C para un consumo más eficiente. Evitar instalar el termotanque eléctrico al aire libre.
- ★ Apagar el horno eléctrico antes de finalizar la cocción. El calor residual será suficiente para terminar la cocción.
- ★ Mantener limpio el microondas, para un funcionamiento más eficiente.
- ★ Mantener limpia la plancha, así el calor se transmite con más eficiencia. Reunir varias prendas y plancharlas en el mismo momento. Así se evita derrochar energía con el encendido y apagado.
- ★ Verificar que el TV tiene la función de ahorro de energía y activarla. Ajustar el brillo del TV a nivel medio, así se descansa la vista y se reduce el consumo de energía.



---

# 9 Energía solar

por Federico Pescio y Marcos Politi  
para Ministerio de Energía y Minería

## 9.1 Resumen

Este capítulo contiene, los principales aspectos conceptuales sobre la energía solar. Cita la vinculación con el aprovechamiento térmico y eléctrico de la energía solar. Describe los conceptos básicos, el funcionamiento, las partes que componen y el dimensionamiento y cálculo de los paneles fotovoltaicos. Y también describe los conceptos básicos, el funcionamiento, las partes que componen y el dimensionamiento y cálculo de los calefactores termosolares.

## 9.2 Introducción

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre ellas se encuentran:

### **Eólica:**

Es una fuente de energía renovable que no emite gases de efecto invernadero. El principal medio para obtenerla son los molinos de viento que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica, que luego se transforma en electricidad. Cuanto mayor es la velocidad del viento, hasta un cierto límite, mayor capacidad de generación tienen. Es por eso que hay zonas óptimas para la colocación de los mismos, como es el caso de la Patagonia argentina. En muchos lugares del mundo, la energía eólica es la fuente de energía más económica. Al igual que la energía solar, ésta es una energía intermitente que debe ser compensada con otros tipos de fuentes.

Existen molinos tanto en la tierra como en el mar (offshore). Si bien los ubicados en el agua son más caros, en ciertos países, a causa de la velocidad de viento y del espacio físico, son una buena alternativa.

### **Hidráulica:**

Es la electricidad generada aprovechando la energía cinética y potencial del agua. Si bien su uso más común es en represas hidroeléctricas, también se pueden aprovechar las mareas y los cambios de la altura del agua (mareomotriz). Cuando el agua de un río, o aquella que está almacenada en una represa, pasa a través de una turbina, se genera electricidad. Este tipo de energía se ha aprovechado desde hace siglos, por ejemplo con una pequeña corriente de un río que mueve una pala y genera trabajo.

Existen diferentes escalas, desde pequeños aprovechamientos hasta grandes represas hidroeléctricas como Yacretá. A su vez existen los aprovechamientos de ríos que fluyen naturalmente y que se denomina "de pasada" (la energía que no se aprovecha se pierde). También existen represas construidas especialmente para contener agua y poder usarla cuando más se necesite. Esto permite un control más exacto de la energía generada y sirve como método de almacenamiento, especialmente útil para complementar fuentes intermitentes como solar y eólica.

Cabe destacar que la energía hidráulica no emite gases de efecto invernadero y en muchos casos es una forma de generación muy económica.

### **Biomasa y biocombustibles:**

La biomasa es un tipo de energía que podemos utilizar a partir de la materia orgánica o industrial formada en algún proceso biológico o mecánico. El aprovechamiento puede ser en forma directa, por ejemplo la quema por combustión, o

por la transformación en otras sustancias como biocombustibles, como el bioetanol o biodiesel.

Existen diversos tipos de biomasa, según de donde viene la sustancia, por ejemplo la biomasa vegetal está relacionada con las plantas en general (troncos, ramas, tallos, frutos, restos y residuos vegetales, etc.); y la biomasa animal como los excrementos, grasas, restos, etc.

Si bien la biomasa es una fuente considerada renovable, su combustión produce CO<sub>2</sub>, lo que contribuye al calentamiento global. No obstante, es considerada una fuente menos contaminante que los combustibles fósiles ya que suele no emitir compuestos azufrados y nitrogenados. Además, las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas durante la combustión de la biomasa suele ser compensado por la captura de CO<sub>2</sub> que utilizó la biomasa para crecer.

En este Capítulo en particular nos referiremos a la energía solar como complemento posible de la matriz energética de una escuela y para comenzar vamos a definirla.

### Energía Solar

La **energía solar** es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando. En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de diversos captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, pudiendo transformarse en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que podrían ayudar a resolver algunos de los problemas más urgentes que afronta la humanidad.<sup>2</sup>



Las diferentes tecnologías solares se pueden clasificar en pasivas o activas según cómo capturan, convierten y distribuyen la energía solar. Las tecnologías activas incluyen el uso de paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos para recolectar la energía. Entre las técnicas pasivas, se encuentran diferentes técnicas enmarcadas en la arquitectura bioclimática: la orientación de los edificios al Sol, la selección de materiales con una masa térmica favorable o que tengan propiedades para la dispersión de luz, así como el diseño de espacios mediante ventilación natural.

En 2011, la Agencia Internacional de la Energía afirmó que «El desarrollo de tecnologías solares limpias, baratas e inagotables supondrá un enorme beneficio a largo plazo. Aumentará la seguridad energética de los países mediante el uso de una fuente de energía local, inagotable y, aún más importante, independientemente de importaciones, aumentará la sostenibilidad, reducirá la contaminación, disminuirá los costes de la mitigación del cambio climático, y evitará la subida excesiva de los precios de los combustibles fósiles. Estas ventajas son globales. De esta manera, los costes para su incentivo y desarrollo deben ser considerados inversiones; deben ser realizadas de forma correcta y ampliamente difundidas».<sup>2</sup>



La fuente de energía solar más desarrollada en la actualidad es la energía solar fotovoltaica. Según informes de la organización ecologista Greenpeace, la energía solar fotovoltaica podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030.<sup>3</sup>

### **Aprovechamiento de la energía solar**

Vamos a considerar dos formas de transformación de la energía solar que podrá tener aplicación en las escuelas y las vamos a clasificar en dos:

- El uso de la energía solar para transformarla en electricidad a través de paneles fotovoltaicos que vamos a detallar.
- El uso de la energía solar para transformarla en calor y con el uso de calefactores termosolares obtener agua caliente.

A continuación vamos a detallar estos dos sistemas de aprovechamiento:

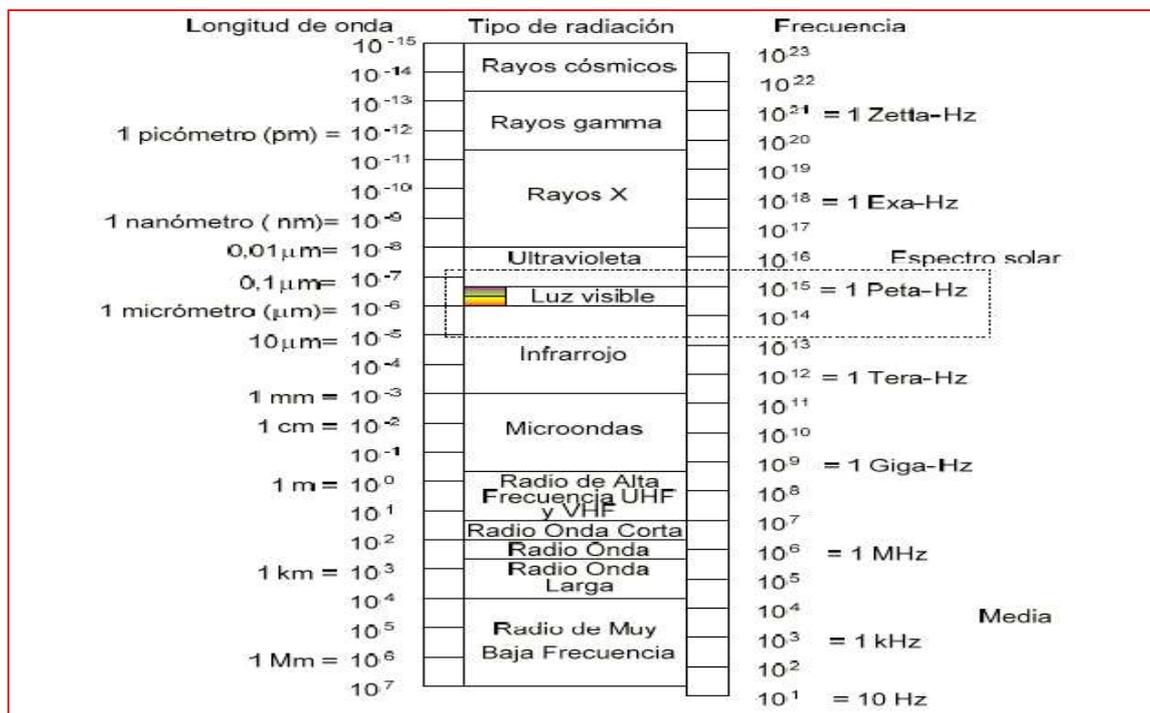
### **9.3 Paneles Fotovoltaicos.**

Los paneles fotovoltaicos forman parte de las energías primarias y para entender cómo funcionan describiremos sus características los tipos, sus usos y ventajas y desventajas.

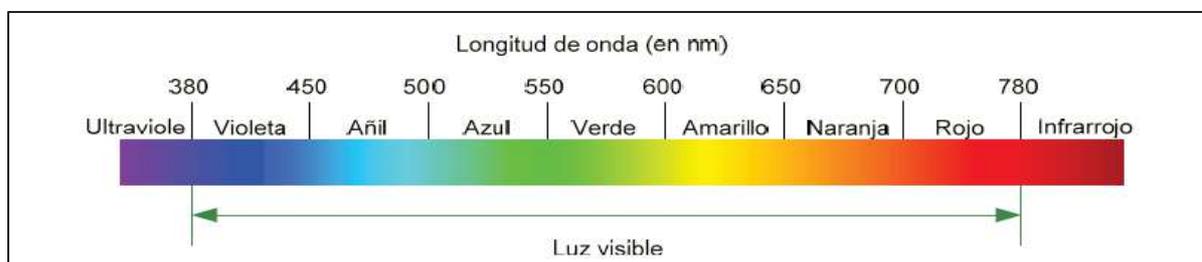
### 9.3.1 Definición básica y conceptos.

#### ESPECTRO SOLAR.

La energía solar es emitida y se propaga, atravesando el espacio vacío que separa el Sol y la Tierra, como un frente de **ondas electromagnéticas** asociadas a unas partículas denominadas fotones. Este frente de energía está compuesto por diferentes tipos de ondas, que conforman lo que se denomina **espectro**. La diferencia entre cada uno de estos tipos de ondas es su energía, su frecuencia y su longitud de onda. De esta forma, las ondas electromagnéticas pueden clasificarse en función de su longitud de onda y de su frecuencia, tal y como puede verse en la tabla siguiente,



#### LAS LONGITUDES DE ONDA.



La energía de un fotón depende de su frecuencia y se expresa mediante la siguiente ecuación,

$$E = h \cdot \nu$$

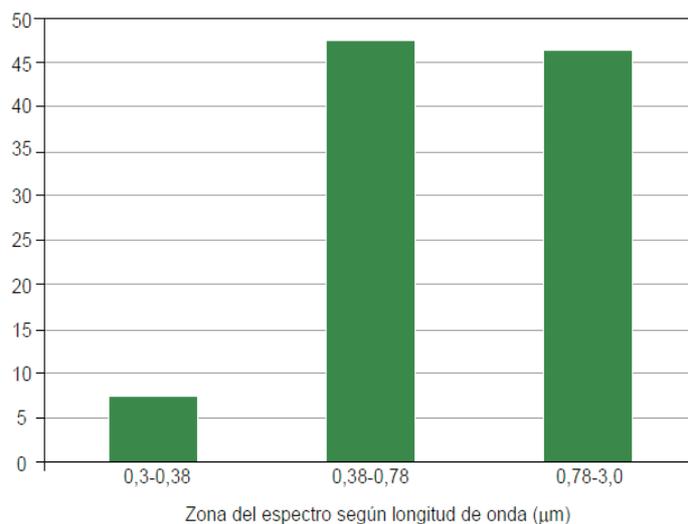
Cuanto mayor es la frecuencia de una onda electromagnética, mayor es su energía.

Puede verse que las ondas de mayor frecuencia son, por ejemplo los rayos gamma y rayos X, cuya elevada energía les permite atravesar materiales tan densos como muros de hormigón y planchas de plomo.

Los rayos ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos tienen una cantidad de energía intermedia, mientras que las ondas de radio son las que menos energía transmiten.

El espectro de radiación solar contiene fotones cuya longitud de onda está comprendida entre 0,3  $\mu\text{m}$  (ultravioleta) y 3  $\mu\text{m}$  (infrarrojo), aunque sólo las que están entre 0,38 y 0,78  $\mu\text{m}$  (luz visible) pueden ser captadas por el ojo humano. El resto de radiación, no es visible, pero contiene una cantidad importante de energía que debe ser tenida en cuenta.

Zona del espectro	Energía (%)
Longitud de onda menor de 0,38 $\mu\text{m}$	7%
Longitud de onda entre 0,38 y 0,78 $\mu\text{m}$	47%
Longitud de onda mayor de 0,78 $\mu\text{m}$	46%



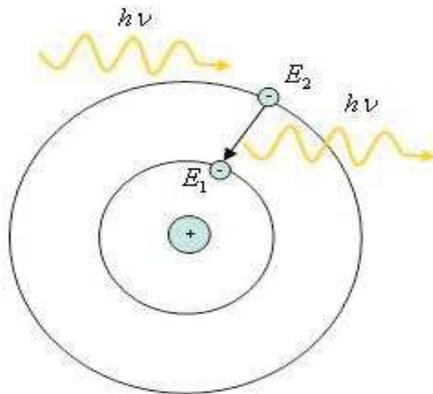
## SEMICONDUCTORES.

Los semiconductores son elementos que se caracterizan entre varias cuestiones por tener cuatro electrones en su última órbita, formando parte del Grupo IV en la Tabla periódica.

Cuando el semiconductor está en reposo, y sin una fuente de excitación externa, lo que significa que se encuentra aislado, en oscuridad y a una temperatura al cero absoluto, todas las cargas eléctricas que constituyen sus átomos están enlazadas entre sí, o lo que es lo mismo cada electrón está enlazado con su hueco, y ambos están fijos en la posición que ocupa su átomo correspondiente en la red cristalina.

En esta situación, no hay cargas eléctricas circulando dentro del cristal, por lo que no hay circulación de electrones, o lo que es lo mismo en este momento el cristal se comporta como aislante perfecto.

Un aporte de energía al cristal, puede lograr que se rompa el enlace de algunos átomos, originando la aparición de electrones y huecos que puedan moverse libremente por el mismo, y si conectamos cargas eléctricas (receptores), vamos a provocar que exista una circulación de electrones por el circuito.



La energía necesaria para romper un enlace se le conoce con el nombre de energía de gap, y para cada semiconductor su valor difiere.

Un semiconductor, es por ejemplo, el silicio, que es el elemento más abundante en la tierra después del oxígeno. La energía que necesita el silicio aportar a un átomo de silicio para generar un par electrón-hueco es  $E_G = 1,12$  eV (electrón-Volt)

Una forma de energizar un cristal es iluminarlo. La luz está formada por fotones, que funcionan como paquetes de energía que pueden ser absorbidos por los átomos de cristal.

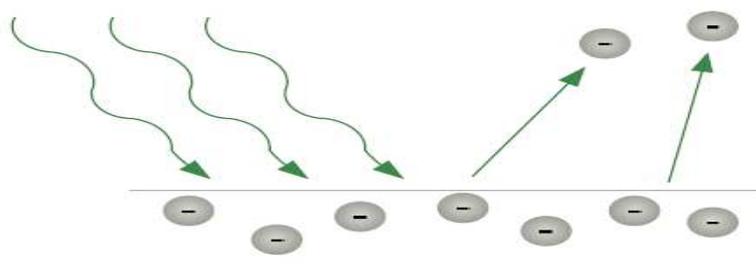
Como hemos visto en el tema anterior la cantidad de energía que tiene un fotón depende de la longitud de onda ( $\lambda$ ), o de la frecuencia,  $f$ , de la radiación correspondiente.

Si un fotón es aprovechado, y se le imprimiera al electrón mayor energía que la energía de Gap o Función de Trabajo, este excedente podría ser usado para dar al electrón mayor energía cinética.

## EL EFECTO FOTOVOLTAICO.

El efecto fotovoltaico consiste entonces en la transformación de la energía que aportan los fotones de luz incidentes sobre materiales semiconductores (tratados de forma conveniente) en energía eléctrica capaz de impulsar los electrones despedidos a través de un circuito exterior, realizando un trabajo útil.

$$hf = \phi + E_K$$

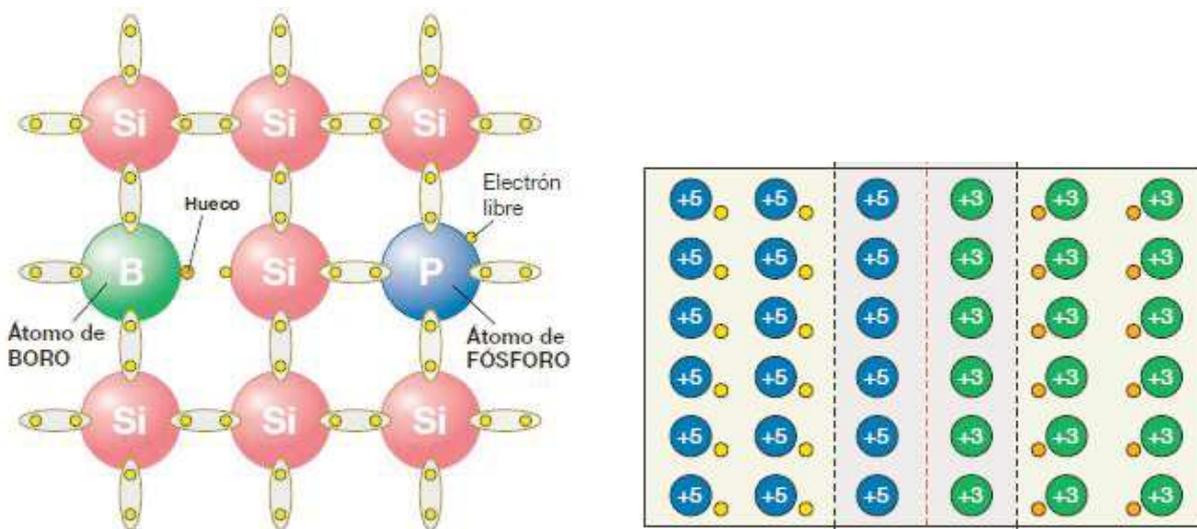


Cabe destacar que un semiconductor puro no es capaz de producir el efecto fotovoltaico cuando el mismo es irradiado por una fuente luminosa, el mismo debe ser tratado, "dopado", con elementos que aporten electrones, es decir elementos del Grupo V de la tabla periódica, que tienen 5 electrones en su última órbita, es decir donores como por ejemplo el fósforo respecto a los del grupo IV como es el silicio, y elementos del Grupo III, como que poseen 3 electrones en su última órbita y por lo tanto son aceptores dado que poseen menos electrones que los del Grupo IV y Grupo V.

Cuando se los combina, por medio de procesos térmicos controlados, donde entre otros se vaporizan materiales, se produce una reordenamiento a nivel estructura atómica del material, lo que da lugar a recombinaciones parciales hasta que se logra una zona de carga espacial o zona neutra, región dentro del semiconductor donde se genera un campo eléctrico que no puede ser "vencido", a menos que se entregue a este semiconductor energía, por algún medio, bien sea térmica o por medio de radiación luminosa.

### CELDA FOTOVOLTAICAS.

Al exponer las células solares a la luz solar nos encontramos con que los fotones, son capaces de transmitir su energía a los electrones del semiconductor que compone la célula, para romper el enlace que les mantiene unidos a los átomos que forman al semiconductor.



Por cada enlace roto, queda un electrón libre, y además hace que se produzcan huecos, desplazándose ambos en el interior del sólido de un átomo a otro.

El movimiento de electrones y huecos en direcciones opuestas genera una corriente eléctrica en el semiconductor capaz de circular por el circuito externo.

En el mercado se dispone actualmente de varios materiales diferentes de celdas, aunque las más utilizadas en las instalaciones son las células de silicio cristalinas.

Las celdas fotovoltaicas las podemos clasificar según los materiales por las que están fabricadas, con las siguientes,

- Células de silicio mono cristalinas
- Células de silicio poli cristalinas
- Células de capa fina, que podemos encontrarnos los siguientes materiales:
  - Células de silicio amorfas
  - Células de CIS
  - Células de CdTe
  - Células de GaAS

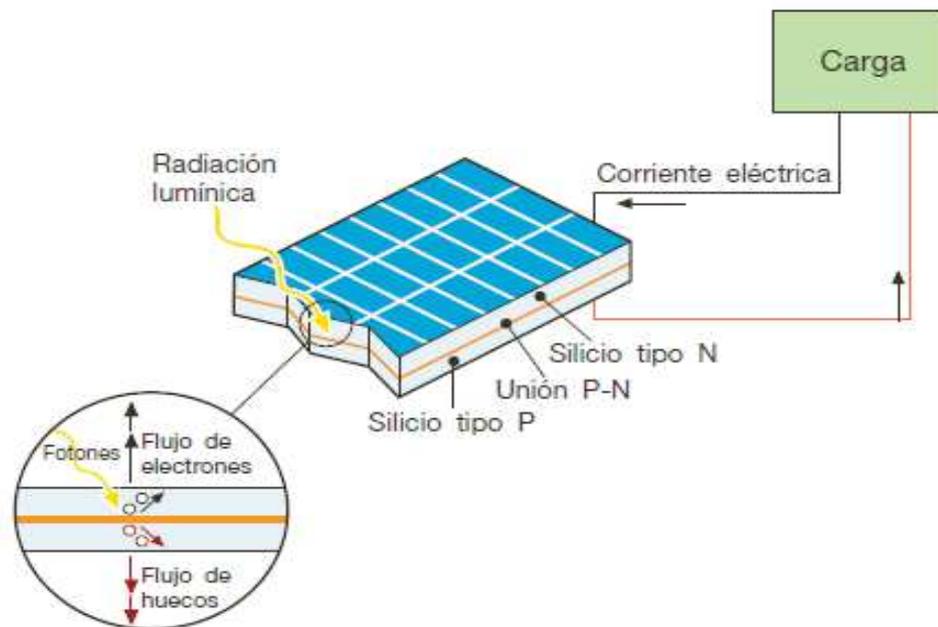
Como podemos observar el mercado nos ofrece un gran variedad de posibilidades a la hora de generar electricidad con los módulos solares fotovoltaicos, aunque la tecnología más utilizada es la de silicio, ya que si incluidos los tres tipos de esta tecnología entre el 95-98% de las instalaciones se realizan con esta tecnología.

### 9.3.2 Principio de Funcionamiento

Al iluminar una celda solar que se encuentra conectada a una carga externa, se produce un diferencial de potencial en dicha carga y una circulación de corriente, en dichas condiciones, el comportamiento de la célula solar es como el de un generador.

Cuando la célula se comporta como generador tenemos las siguientes acciones en el interior de la misma:

Los fotones que inciden sobre la celda con energía igual o mayor que el ancho de la banda prohibida se absorbe en el volumen del semiconductor, y generan pares electrón-hueco que pueden actuar como portadores de corriente.



El campo eléctrico, producido por la unión p-n, es vencido por los electrones que comienzan a circular, esta es la causa de la separación de los portadores antes de que puedan recombinarse de nuevo, y por tanto, la causa de la circulación de la corriente por la diferencia de potencial externa, suministrando así energía a la carga.

La presencia de la tensión en los terminales del dispositivo produce, como en cualquier unión p-n, fenómenos de inyección y recombinación de pares electrón-hueco, que en la célula solar actúan como pérdidas de recombinación y que son dependientes del mencionado voltaje.

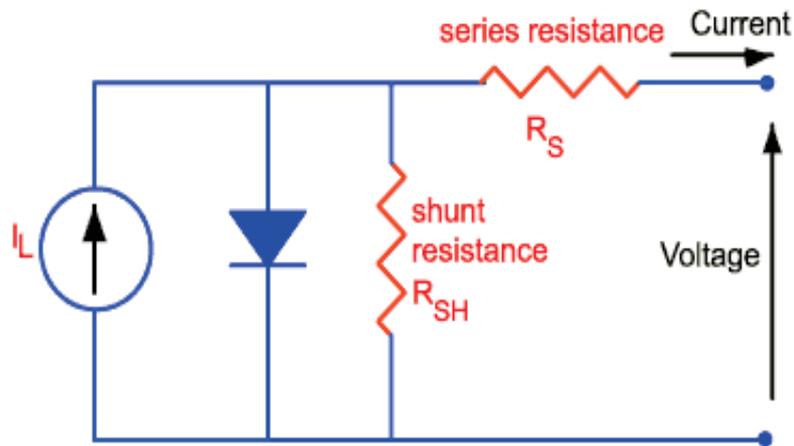
Cabe destacar que este fenómeno que se produce en una celda puede ser aumentado, con una disposición circuital apropiada que aumente la tensión o la corriente del circuito, ya sea con una combinación serie o paralelo de las mismas correspondientemente.

## MODELO CIRCUITAL

En esencia una celda fotovoltaica es una fuente de corriente, cuyo valor de corriente que depende del nivel de radiación sobre la misma.

Si no existiera dicha fuente de iluminación, la celda fotovoltaica se comportaría como un semiconductor común y corriente, es decir un diodo, que si se lo polariza en un sentido refuerza el campo, y si se lo polariza en el sentido que corresponde, vence al mismo generando una circulación de corriente si el circuito se encontrara cerrado.

Existen además en el modelo aproximado, dos resistencias, una en paralelo o  $R_{sh}$ , la cual tiene asociada perdidas por recombinación superficial de la celda, y una resistencia en serie, a la cual se le asignan las pérdidas por contactos óhmicos,  $R_s$ .



Por lo que la fórmula matemática que relaciona tensión vs corriente en una celda fotovoltaica es la siguiente.

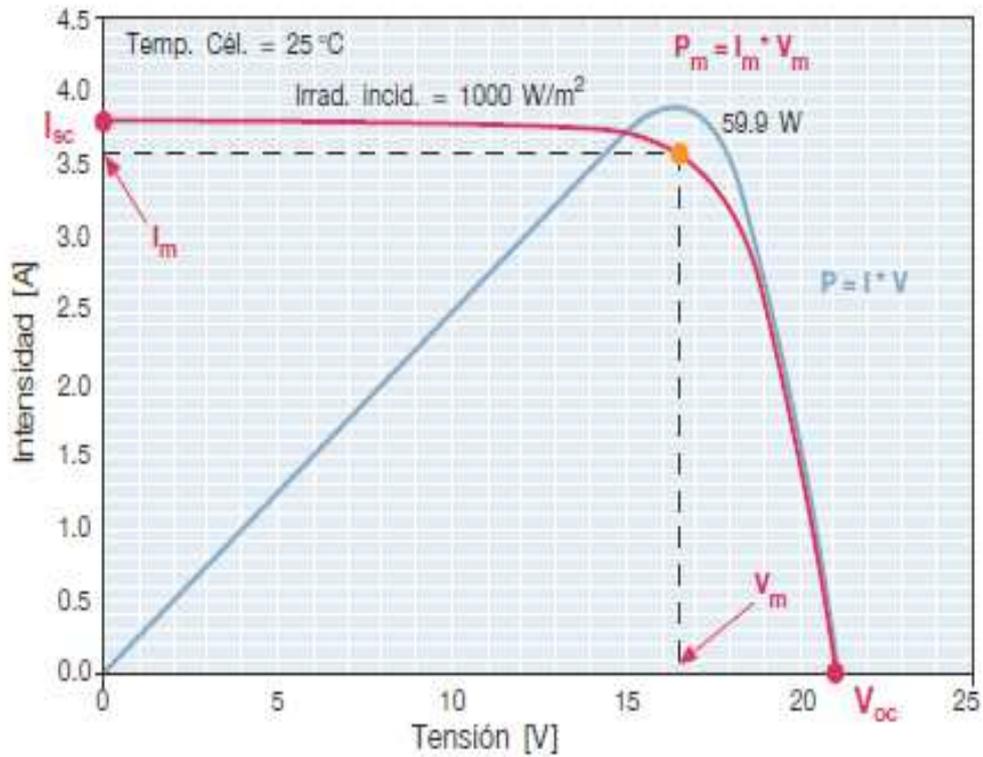
$$I = I_L - I_0 \exp \left[ \frac{q(V + IR_S)}{nkT} \right] - \frac{V + IR_S}{R_{SH}}$$

Se puede observar que la característica tensión vs corriente no es lineal como en el caso de una resistencia, sino que es del tipo exponencial.

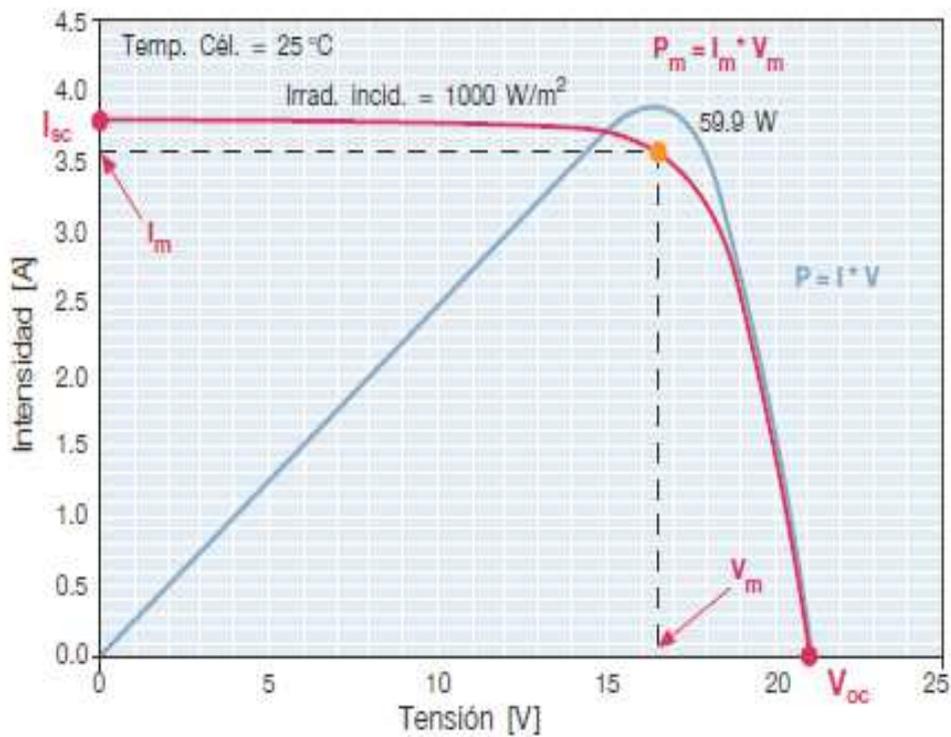
#### **Característica IV, Curva IV, Curva Tensión vs Corriente.**

La curva IV, es la característica más estudiada dentro de una celda fotovoltaica, esta se obtiene variando los valores de una carga conectada en los terminales de la celda fotovoltaica, variando la misma desde el cortocircuito hasta circuito abierto.

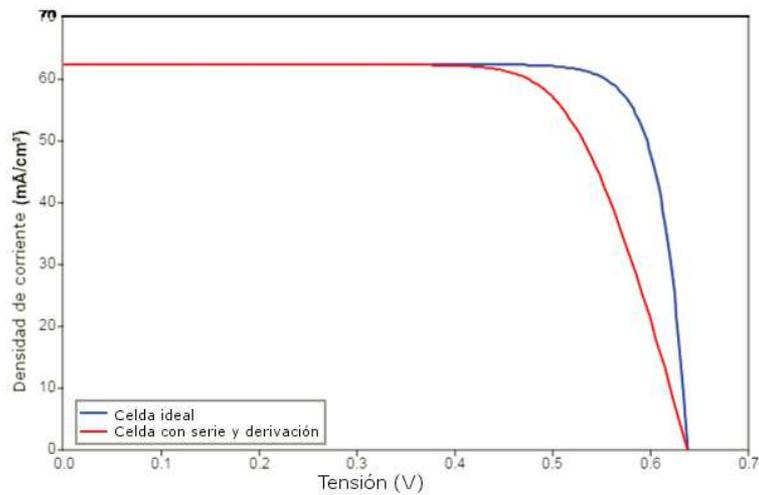
Manteniendo estrictos niveles ambientales y de irradiación sobre la celda.



La misma sirve para determinar la potencia máxima que esta celda puede entregar. Este es uno de los ensayos más importantes dentro de las normativas para cualificación de funcionamiento de módulos fotovoltaicos, y que aparece por ejemplo en la IEC 61215, 10.2, e IEC 61215-2



RESPUESTA IV RESPECTO A  $R_s$ .

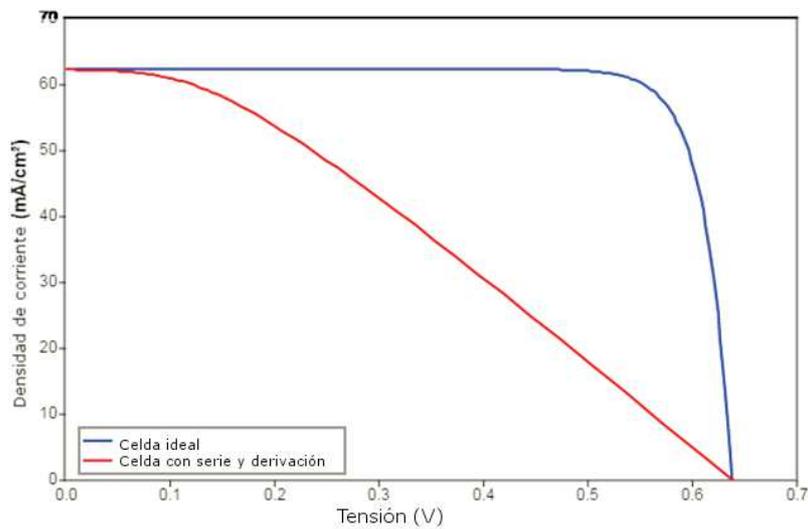


Resistencia en serie: 1,3 ohm  $\text{cm}^2$

Resistencia en derivación: 10000 ohm  $\text{cm}^2$

Concentración: 1,78 soles

Celda ideal:  $V_{oc} = 0,638$   $I_{sc} = 62,3 \text{ mA/cm}^2$   $FF = 0,84$   
 Celda Real:  $V_{oc} = 0,638$   $I_{sc} = 62,3 \text{ mA/cm}^2$   $FF = 0,72$



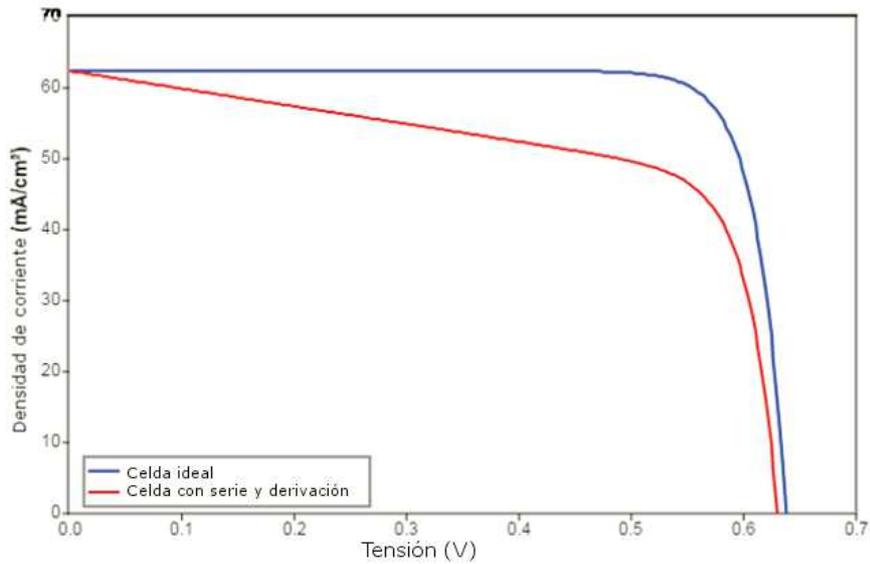
Resistencia en serie: 7,2 ohm  $\text{cm}^2$

Resistencia en derivación: 10000 ohm  $\text{cm}^2$

Concentración: 1,78 soles

Celda ideal:  $V_{oc} = 0,638$   $I_{sc} = 62,3 \text{ mA/cm}^2$   $FF = 0,84$   
 Celda Real:  $V_{oc} = 0,638$   $I_{sc} = 62,2 \text{ mA/cm}^2$   $FF = 0,33$

RESPUESTA IV RESPECTO A Rsh.

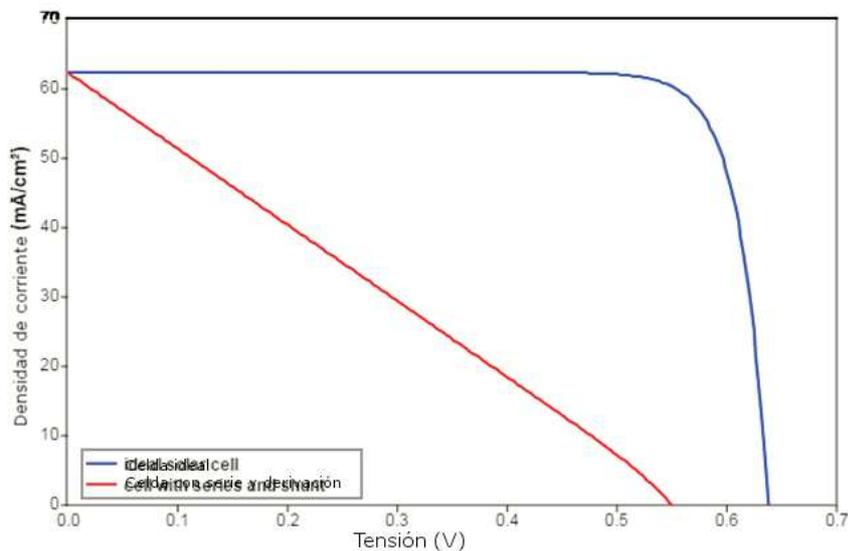


Resistencia en serie: 7,2 ohm cm<sup>2</sup>

Resistencia en derivación: 10000 ohm cm<sup>2</sup>

Concentración: 1,78 soles

Celda ideal: Voc = 0,638 Isc = 62,3 mA/cm<sup>2</sup> FF = 0,84  
 Celda Real: Voc = 0,638 Isc = 62,2 mA/cm<sup>2</sup> FF = 0,33



Resistencia en serie: 7,2 ohm cm<sup>2</sup>

Resistencia en derivación: 10000 ohm cm<sup>2</sup>

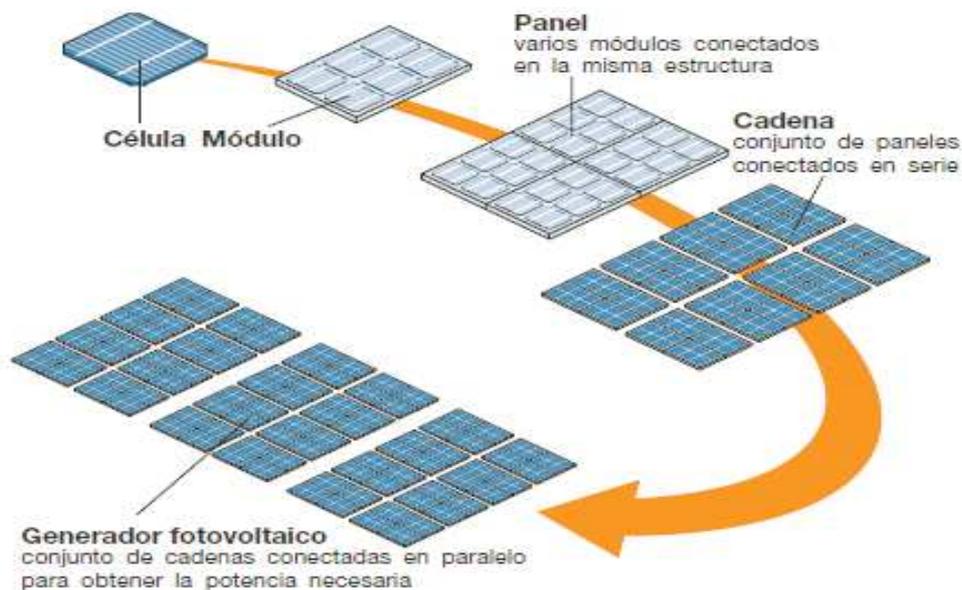
Concentración: 1,78 soles

Celda ideal: Voc = 0,638 Isc = 62,3 mA/cm<sup>2</sup> FF = 0,84  
 Celda Real: Voc = 0,638 Isc = 62,2 mA/cm<sup>2</sup> FF = 0,33

## ESTRUCTURA PROGRESIVA DE UN SISTEMA FV.

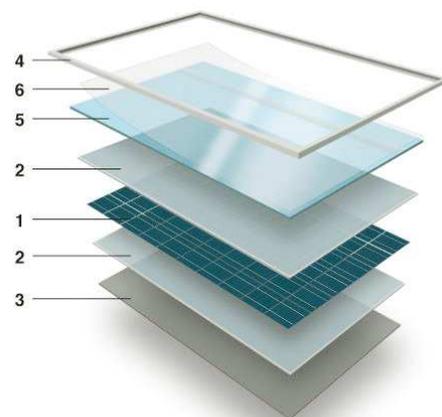
Una celda es una juntura n-p, que por características intrínsecas del material, entregan una diferencia de potencial en sus terminales, y ofrecen una corriente determinada si es que se cierra su circuito, típicamente 0.6 V y 8.4 A para el Si, a 1000 W/m<sup>2</sup>.

El producto de estos dos factores es la potencia, la potencia de una celda es muy bajo, por lo que si deseáramos obtener mayor energía de este dispositivo deberíamos combinarlo apropiadamente para que esto sucediera,



## FORMA CONSTITUTIVA DE UN MÓDULO FV

1. Silicio.
2. EVA (Ethil Vinil Acetato).
3. TEDLAR®.(distintas aplicaciones)
4. Marco aluminio.
5. Vidrio bajo contenido de hierro.
6. Capa antirreflejo.



### **9.3.3 Partes constitutivas de un Sistema Fotovoltaico.**

#### **GENERADOR FV.**

Si descomponemos básicamente los componentes del generador fotovoltaico de una instalación fotovoltaica, nos encontramos con los siguientes componentes.

#### **Celdas solares.**

Son los elementos que generan electricidad, esta energía es producida a un diferencial de potencial aproximada de 0,6 V.

#### **Panel Solar.**

El panel es una asociación de celdas conectada en serie. El número de celdas conectadas en serie viene limitado por la tensión del módulo y por las características mecánicas de los módulos, como son las dimensiones exteriores y el peso de la placa.

#### **Generador solar.**

El generador solar es la asociación de varios paneles solares, asociados entre sí, dependiendo de las características de la instalación nos podemos encontrar que los paneles están asociados en serie o paralelo.

#### **BATERIAS.**

Uno de los principales problemas de las instalaciones solares fotovoltaicas es que la radiación solar no es constante, y no está disponible las 24 horas del día, todos conocemos los ciclos formados por la (noche-día), ciclos formados por las estaciones (verano-invierno), por ello como hemos comentado anteriormente la finalidad del generador solar fotovoltaico es aprovechar, la radiación solar para transformar en energía eléctrica.

Si dimensionar bien el generador eléctrico es importante, más lo es dimensionar el acumulador, ya que nos va a dar seguridad en el suministro, también la vida útil de la instalación nos va a depender de la batería.

Las baterías para aplicaciones solares fotovoltaicas, deben de resistir bien los ciclos, es decir aguantar correctamente la carga y descarga de las baterías, pero también debe de tener una eficiencia de carga buena, incluso con pequeñas intensidades de captación, y una baja auto-descarga.

#### **REGULADORES DE CARGA**

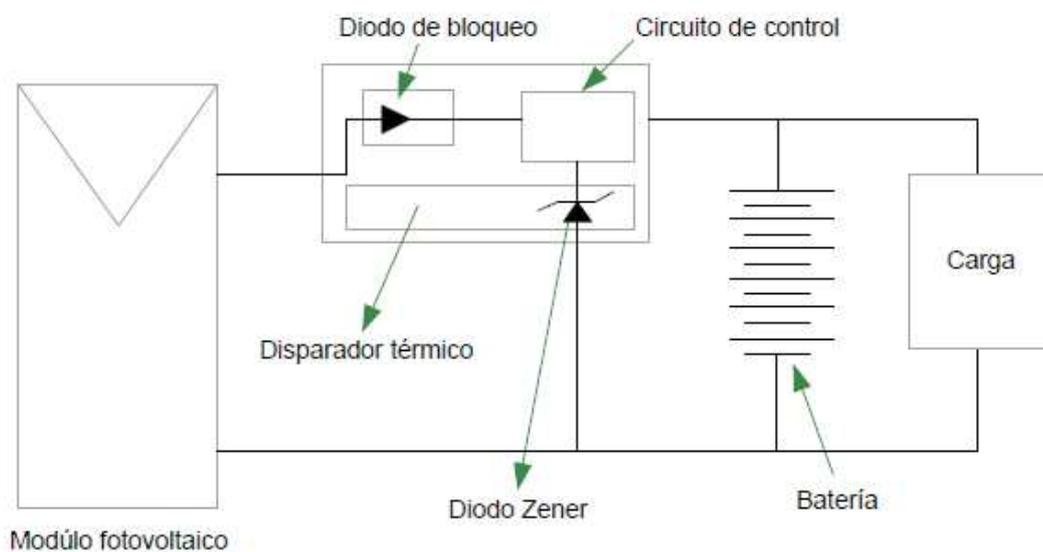
La principal función del regulador de carga es controlar la carga y descarga de la batería, de esta forma evitar su destrucción y aumentar su vida útil, así como, estabilizar la tensión que generan los paneles solares fotovoltaicos.

## Regulador paralelo

Este regulador está basado en la disipación por calor de la energía sobrante, es decir una vez que la batería está cargada y si el panel sigue aportando energía al sistema, este regulador hace que la energía que no admite la batería, la disipa el propio regulador de carga, mediante el sistema de control del equipo.

Los reguladores Shunt, está compuesto por un diodo Zener y un disipador de calor, principalmente, aunque también llevan incorporados un diodo de bloqueo, con la finalidad de proteger a la instalación de corrientes inversas, es decir, cuando el panel no genera electricidad (por ejemplo por la noche o los días muy nublados)

Pero la batería está cargada, el regulador nos está evitando que la batería se descargue, cediendo energía sobre el panel.



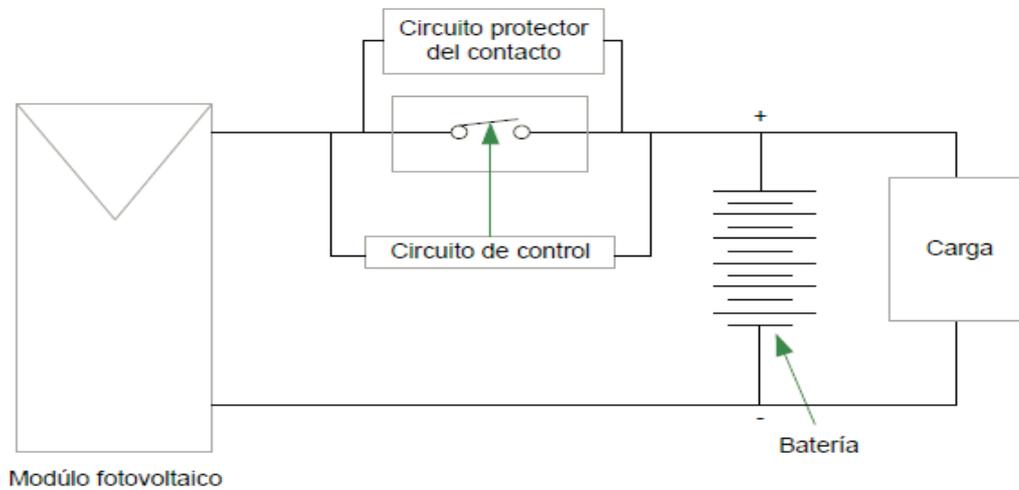
Estos reguladores, presenta los siguientes inconvenientes:

- ✓ Cuando la instalación es grande, se requiere disipadores de grandes proporciones, por lo que nos eleva el precio del regulador en exceso.
- ✓ Ofrecen poca fiabilidad.
- ✓ Tienen muchas pérdidas de energía.

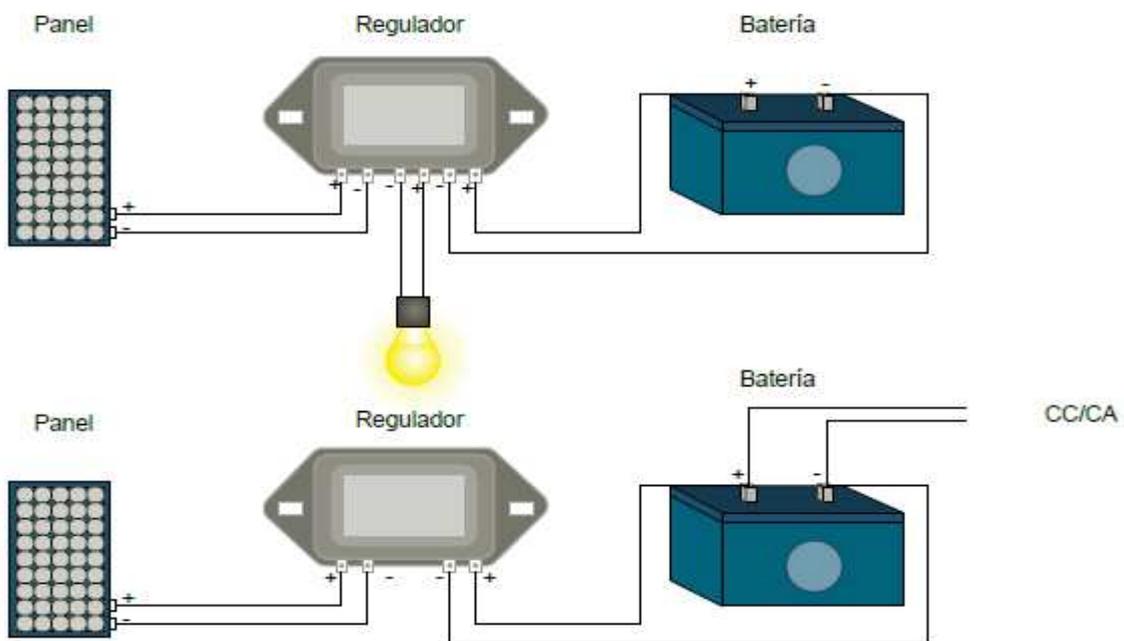
## Regulador Serie

Los reguladores serie, lo que realizan es desconectar los paneles solares, cuando el regulador detecta que la batería está cargada. Este tipo de reguladores, podemos compararlo con un interruptor automático, que cuando se está cargando la batería ofrece muy poca resistencia, y cuando está cargada la batería lo que sucede que se abre el circuito.

Los reguladores serie están compuestos por un relé, circuito de detección y diodo varistor que tiene la función de proteger al regulador.



### Circuito eléctrico con reguladores

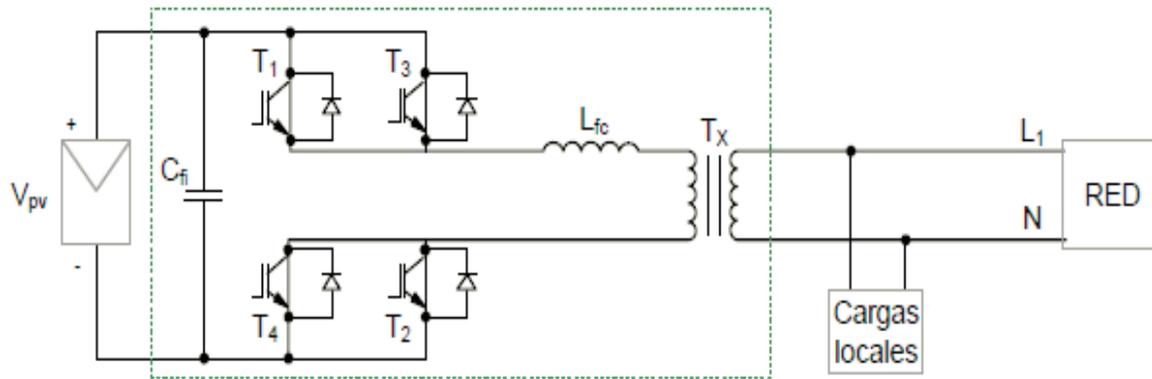


## INVERSORES

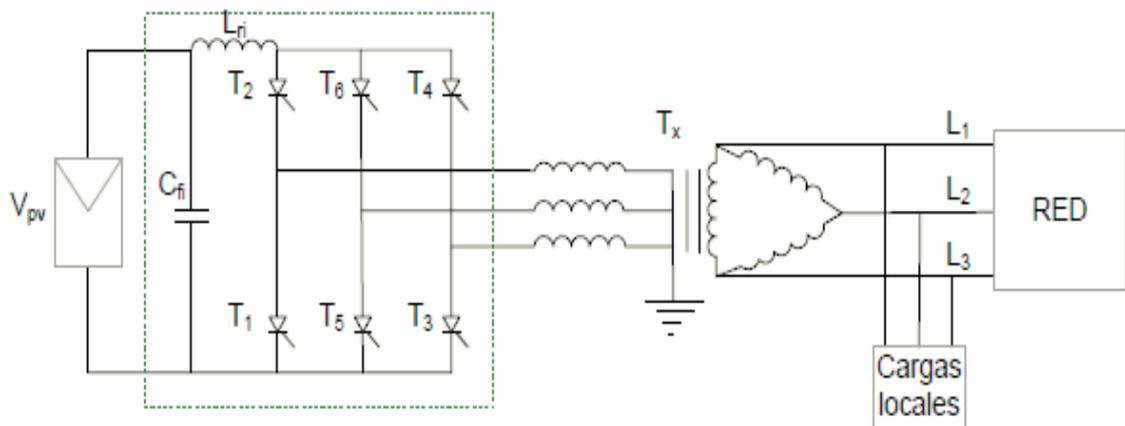
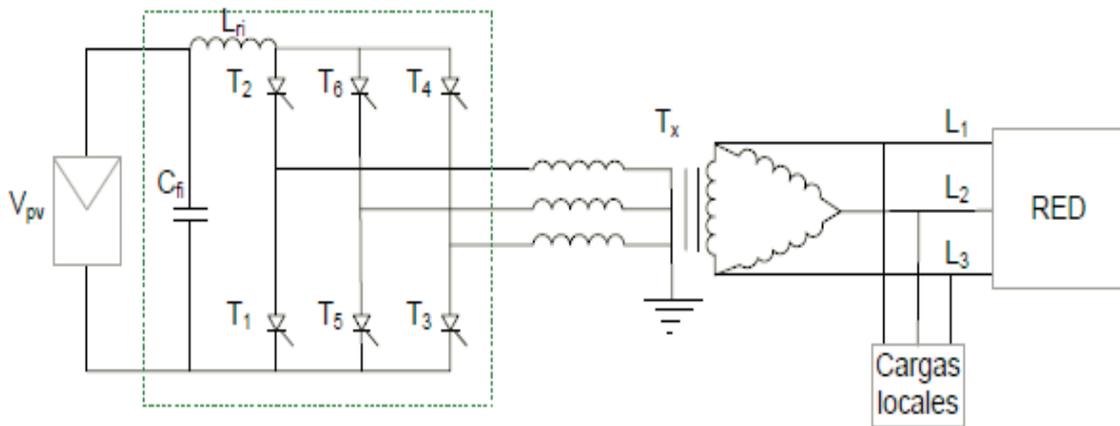
El inversor es el equipo encargado de adaptar la tensión generada por los módulos solares fotovoltaicos a la red eléctrica. Es decir el inversor toma la tensión de la parte de continua y la convierte en una señal alterna, adecuando la tensión y la frecuencia según la instalación de conexión a red.

El inversor debe ser capaz de realizar la transformación de la energía producida por el generador, adaptando a las condiciones de la red en el punto de interconexión sin causar perturbaciones ni cambios en las especificaciones de suministro a los demás usuarios.

**Inversor monofásico**



**Inversor trifásico**



### 9.3.4 Dimensionamiento de Sistemas. Calculo de Reporte de Energía.

Antes de realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico debemos tener en cuenta ciertos aspectos de la instalación.

- Ubicación de la estructura de los paneles solares. Debemos analizar en el caso de ubicar la estructura sobre una cubierta o un tejado a existente, la pendiente y el sistema de sujeción de los módulos.
- Para la ubicación óptima de los equipos electrónicos, es importante colocar en el sitio adecuado los equipos y buscar un lugar apropiado para las baterías, nos permitirá optimizar el diseño de nuestra instalación, además de reducir las pérdidas y facilitar el mantenimiento de la instalación.

### SISTEMAS OFF GRID/AUTONOMOS/AISLADOS.

Características técnicas de la instalación.

- Tensión de trabajo.
- Corriente continua o alterna.
- Necesidades de otra fuente de suministro dependiendo de la disponibilidad de nuestro recurso en nuestra instalación. Estas fuentes pueden ser conectar a la red de distribución, instalar un grupo electrógeno.
- Días de autonomía necesarios.
- Elección de los componentes de la instalación y configuración de los mismos.



Existen diversos programas instalables para poder realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, entre ellos están:

- **PVSYST:**

- Se puede descargar del sitio [www.pvsyst.com](http://www.pvsyst.com), es un software de origen francés diseñado por un Doctor en Física el cual permite simular situaciones diversas de dimensionamiento, incluyendo obstáculos a la radiación solar.
- Su precio oscila los U\$S 1500, para una versión Profesional, que permita realizar cualquier tipo de simulación.
- Se utiliza para sistemas conectados a la red, como así también a los sistemas aislados.

The screenshot shows the PVSYST website's pricing page. The header includes the PVSYST logo and navigation links for Home and Forum. A main navigation bar contains links for Software, Order, Support, Publications, and About us. The main content area is titled 'Order' and includes a 'DOWNLOAD PVSYST' button. Below this, there are links for Terms and conditions, Quote online, Prices, Purchase online, Pay an invoice online, and License agreement. The main heading is 'PVsyst version 6' with the sub-heading 'New prices as of March 1, 2013'. A table lists the prices for two product versions: PRO30 and PREMIUM.

Products	PRO30** <small>Limited to 30kW installations</small>	PREMIUM** <small>Unlimited (all installations)</small>
1st license*	CHF 1,000.- <small>(980 EUR ; 1112 USD ; 707 GBP)</small>	CHF 1,300.- <small>(1274 EUR ; 1446 USD ; 919 GBP)</small>

- **Meteonorm:**

- Se puede descargar del sitio [www.meteotest.ch](http://www.meteotest.ch) es un software de origen Suizo, al igual que PVSYST, permite simular diversas condiciones ambientales.
- No puede observar el precio en web, <http://www.meteotest.ch/geschaeftsbereiche/sonnenenergie/meteonorm/>
- Dispone de un simulador [http://www.meteotest.ch/geschaeftsbereiche/sonnenenergie/pv\\_calculator/](http://www.meteotest.ch/geschaeftsbereiche/sonnenenergie/pv_calculator/) en el cual se puede ingresar latitud longitud de donde deseamos

realizar nuestra instalación, y en base a una serie de parámetros donde entre ellos se encuentra la selección del fabricante del panel e inversor, te determina la cantidad de módulos que necesitamos instalar.

- No lo encuentro aplicable a nuestro país.



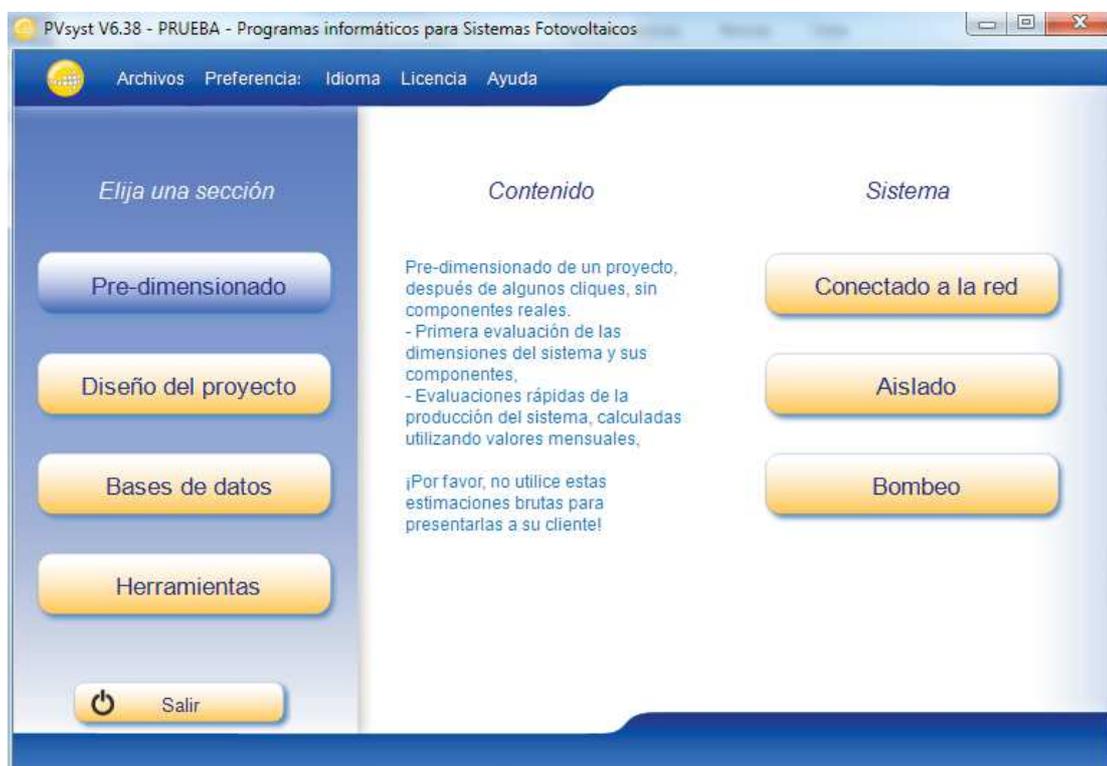
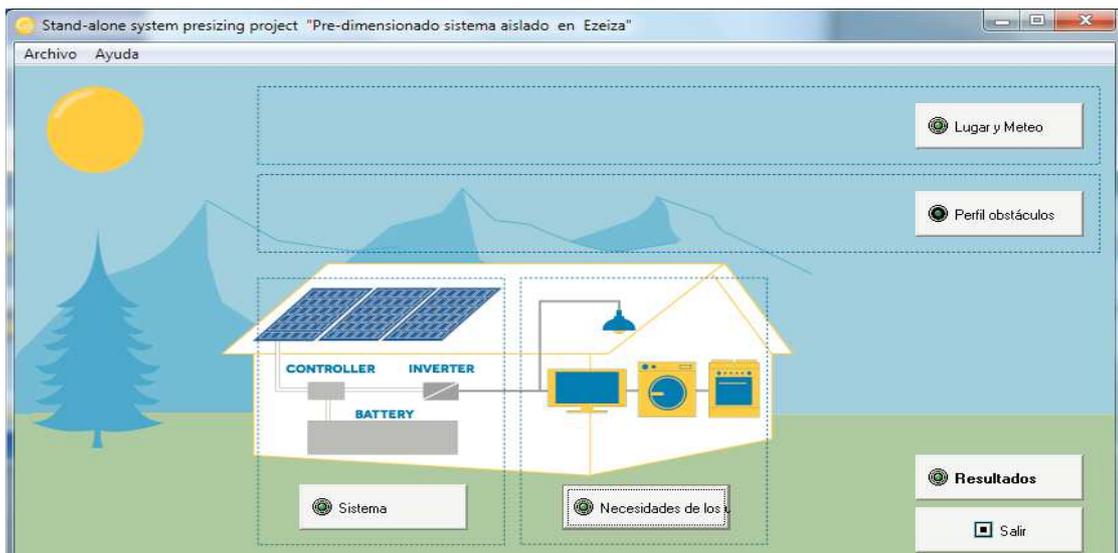
- **RETScreen:**

- Es un sistema software de origen canadiense de gestión de energías limpias para el análisis de viabilidad de proyectos de eficiencia energética, energías renovables y cogeneración, así como para el análisis del rendimiento energético operativo.
- La descarga y ejecución de la Suite de programas RETScreen en su computadora instalará dos programas independientes, RETScreen 4 y RETScreen Plus, que se describen a continuación.
- RETScreen 4 es una herramienta de software de análisis de proyectos de energía limpia basada en Excel que ayuda a los gestores a determinar de manera rápida y económica la viabilidad técnica y financiera de proyectos potenciales de energía renovable, eficiencia energética y cogeneración.
- RETScreen Plus es una herramienta de software de gestión energética basada en Windows que permite a los responsables de proyectos comprobar con facilidad el desempeño energético de sus instalaciones.

## Simulación ejemplo utilizando PVSYST:

Ejemplo:

- Dispositivo que consume 20 W (en 24 Vcc).
- Se prevé un funcionamiento de este dispositivo de 24 h, durante los 7 días de la semana.
- Ciudad de Buenos Aires, Argentina.



Project

Project name

Location

Country

Site

### Definition of Daily Household consumptions

Daily consumptions

Number	Power	Mean Daily use	Daily energy
<input type="text" value="1"/> Fluorescent lamps	<input type="text" value="20"/> W/lamp	<input type="text" value="20.0"/> h/day	400 Wh
<input type="text" value="0"/> TV / Magnetoscope / PC	<input type="text" value="0"/> W/app.	<input type="text" value="0.0"/> h/day	0 Wh
<input type="text" value="0"/> Domestic appliances	<input type="text" value="0"/> W/app.	<input type="text" value="0.0"/> h/day	0 Wh
<input type="text" value="0"/> Fridge / Deep-freeze		<input type="text" value="0.00"/> kWh/day	0 Wh
<input type="text" value="0"/> Dish-washer, Cloth-washer		<input type="text" value="0.00"/> kWh/day	0 Wh
Other uses	<input type="text" value="0"/> W tot	<input type="text" value="0.0"/> h/day	0 Wh
Stand-by consumers	<input type="text" value="0"/> W tot	24h/day <input checked="" type="checkbox"/> 7 days/7	0 Wh
<b>Total daily energy</b>			<b>400 Wh/day</b>
<b>Total monthly energy</b>			<b>12.0 kWh/month</b>

**Consumption definition by**

Year

Seasons

Months

**Week-end use**

Use only during  days in a week

**Display Values of**

**Model**



Lo que arroja un valor de 352 Wp en paneles fv, y una batería de 575 Ah.

Basándonos en modelo KS60A:

- Potencia Nominal (PN) 60 Wp
- Tensión a PN 17.4 V
- Corriente a PN 3.45 A
- Tensión de circuito abierto 21.7 V
- Corriente de corto circuito 3.76 A
- Largo 1 432 mm
- Ancho 343 mm
- Espesor 36 mm
- Peso 7.3 Kg

Nuestro sistema fotovoltaico se compone.

$$N_p = 352 \text{ W} / 60 \text{ Wp} = 5,86 \text{ paneles}$$

- 6 módulos fotovoltaicos de 60 Wp de 24 V.
- 1 batería de 575 Ah de 24 V.

## ANALISIS DE METODOS EMPIRICOS.

Existen distintos métodos difundidos para realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.

Los que voy a desarrollar a continuación son para Sistemas AISLADOS, si quisiera realizarlo con interconexión, debería utilizar otros métodos.

En todos se tiene en cuenta la insolación en el lugar donde deseemos instalar nuestro sistema, la potencia de los dispositivos eléctricos que vamos a conectar a nuestro sistema, el tiempo de uso de los mismos en el día.

Con estos métodos se puede establecer la cantidad y potencia de cada uno de los paneles, en base a las características de fabricación de las distintas empresas en el mercado.

Es decir, de cada uno de los cálculos se obtienen el valor de potencia pico que se debería instalar, y la cantidad y tamaño de las baterías que necesitan nuestros sistemas para poder funcionar correctamente.

A cada uno de estos cálculos se los corrige por un coeficiente que es determinado de manera empírica en base a la experiencia de los instaladores que realizaron cálculos previos.

Existen numerosos métodos desarrollados en trabajos de tesis los cuales nos permiten dimensionar un sistema de manera analítica/empírica.

Englobe todos ellos en dos sintetizados. En uno se va a utilizar prioritariamente la cantidad de energía eléctrica al cual llamo Método de kWh, y el otro grupo es aquel donde la cantidad de corriente en una hora es lo que se utiliza para el dimensionamiento ese se denomina Método Ah.

### METODO kWh.

Ejemplo:

Dispositivo que consume 20 W (en 24 Vcc). Se prevé un funcionamiento de este dispositivo de 24 h, durante los 7 días de la semana. Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Determinación de energía necesaria:  $E=20W \cdot 24h=480 \text{ Wh}$

### Cálculo de área y potencia de los paneles fotovoltaicos.

Para determinar la potencia de los paneles, previamente debemos conocer el valor más desfavorable de insolación sobre la localidad donde se va a instalar nuestro

sistema, para Buenos Aires, Argentina, el valor de Insolación para el mes de Junio es de 2 kWh/m<sup>2</sup>día.

En base a este dato, se calcula el valor de horas equivalentes a esta radiación, esto es, la cantidad de horas que se necesitarían para conseguir una insolación de ese nivel a una irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Si vemos en detalle, las unidades no cierran, esto se debe a que son métodos que se basan en experiencia y en esencia no es adimensional la relación entre insolación e irradiancia, ya que uno es Energía y el otro es Potencia Instantánea,

$HEq = 2 \text{ kWh/m}^2\text{dia} / 1000 \text{ W/m}^2 = 2 \text{ h/día}$ , sería la magnitud y la unidad correctos.

Sin embargo para el resto de los cálculos utilizaremos 2 h.

Para calcular la Potencia pico o máxima de los paneles a instalar se realiza

$$P_{pp} = 480 \text{ Wh} / 2 \text{ h} = 240 \text{ W}$$

Cómo se producen pérdidas nos cubrimos con un coeficiente de seguridad

$$P_{pp} = 240 \text{ W} / 0,7 = 342,8 \text{ W}$$

Éste método plantea que un panel de 100W tiene 1 m<sup>2</sup>, estos son valores aproximados de rendimiento de un panel de silicio poli cristalino, es decir alrededor de 10%.

Podemos entonces calcular el área de los paneles fotovoltaicos, no así el número, ya que esto depende del fabricante

Área paneles =  $342,8 \text{ W} / 100 \text{ W/m}^2 = 3,42 \text{ m}^2$ .

- Fundamentación del método de cálculo de área de paneles:
  - Dado que la radiación global varía durante el día, no se calcula lo que produce el panel en cada instante, (aunque bien se podría monitoreando los parámetros correspondientes), y dado que el máximo rendimiento del panel se obtiene cuando la irradiancia es de 1000 W/m<sup>2</sup>.
  - Por eso se considera que toda la radiación que se puede integrar de la irradiancia en un sector del planeta, es equivalente a x horas equivalentes a una irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup>.

### Cálculo del Banco de Baterías

Para calcular la cantidad de baterías necesarias para poder suministrar la energía eléctrica necesaria, se debe estimar previamente la cantidad de días de autonomía.

Si se desea una autonomía de 7 días entonces necesitaremos una batería de esta capacidad.

$$\text{Capacidad de Batería} = 480 \text{ Wh} * 7 \text{ días} / 24\text{V} = 140 \text{ Ah}$$

Debido a los cambios climáticos el rendimiento de la batería puede cambiar por lo que este valor será afectado por un coeficiente de seguridad o corrección.

$$\text{Capacidad de Batería} = 140 \text{ Ah} / 0,7 = 200 \text{ Ah}$$

### Cálculo de Regulador de Carga

La regulación de carga se realiza para la máxima potencia instalada, es decir 400 W, y a 24 V, con un factor de corrección del 50%, se obtiene un regulador de:

$$I \text{ del Regulador} = (400 \text{ W} \cdot 1,5) / 24 \text{ V} = 25 \text{ A}$$

Finalmente entonces, nuestro sistema fotovoltaico teórico se compone.

- 4 módulos fotovoltaicos de 100 Wp de 24 V.
- 1 batería de 200 Ah de 24 V.
- 1 regulador de carga de 25 A - 24 V.

Este sistema contempla un sistema mínimo para una carga de corriente continua si deseáramos conectar una carga de corriente alterna deberíamos tener en cuenta el dimensionamiento de un Inversor.

Todos estos datos son teóricos, si nos basáramos en hojas de datos, la relación 100W/m<sup>2</sup>, no sería tan directa.

Por lo que basándonos en el modelo KS60A:

Potencia Nominal (PN) 60 Wp

Tensión a PN 17.4 V

Corriente a PN 3.45 A

Tensión de circuito abierto 21.7 V

Corriente de corto circuito 3.76 A

Largo 1 432 mm

Ancho 343 mm

Espesor 36 mm

Peso 7.3 Kg

Nuestro sistema fotovoltaico se compone.

$$N_p = 342,8 \text{ W} / 60 \text{ Wp} = 5,7 \text{ paneles}$$

- 6 módulos fotovoltaicos de 60 Wp de 24 V.
- 1 batería de 200 Ah de 24 V.

### METODO Ah

Este método se basa en el consumo de Amper hora teniendo en cuenta las pérdidas de la batería y la carga y el rendimiento de la batería.

Para el cálculo también se utilizan los valores de horas equivalentes a una radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>.

$$Np = \frac{Fs \cdot Id}{H \cdot Ip} \quad Ns = \frac{Vt}{Vn}$$

$$N_{Total} = Np \cdot Ns$$

$$Id = \frac{C}{Vt}$$

En donde,

C: Consumo de energía (Wh/día).

Nt: Número de paneles total.

Ns: Número de paneles en serie.

Np: Número de paneles en paralelo.

Vt: Tensión de trabajo. (V)

Vn: Tensión nominal de los paneles. (V)

Id: Corriente diaria (Ah/día).

Ip: Corriente pico entregada por el panel a 1000 W/m<sup>2</sup>.

Fs: Factor de seguridad.

H: Horas equivalentes.

### Cálculo de los paneles fotovoltaicos.

El procedimiento de cálculo al igual que el anterior es determinar en primera instancia la cantidad de energía consumida por el dispositivo eléctrico durante un día.

Dispositivo que consume 20 W (en 24 Vcc).

Se prevé un funcionamiento de este dispositivo de 24 h, durante los 7 días de la semana.

Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Determinación de energía necesaria:

$$E=20W.24h=480 \text{ Wh}$$

$$I_d = \frac{480 \text{ Wh}}{24 \text{ V}} = 20 \text{ Ah} \quad N_s = \frac{24 \text{ V}}{17,4 \text{ V}} = 1,3$$

Es decir  $N_s=2$

$$N_p = \frac{1,2.20 \text{ Ah}}{2 \text{ h. } I_p}$$

El valor  $I_p$  depende del módulo a utilizar, eligiendo el Módulo KS32A de Solartec, vemos entre sus características eléctricas que la  $I_p= 2,13 \text{ A}$

$$N_p = \frac{1,2.20 \text{ Ah}}{2 \text{ h. } 2,13 \text{ A}} = 5,63$$

Con lo cual quedan 6 paneles, si elegimos otro módulo esto varía, utilizando el Módulo KS50A de Solartec, vemos entre sus características eléctricas que la  $I_p= 2,87 \text{ A}$

$$N_p = \frac{1,2.20 \text{ Ah}}{2 \text{ h. } 2,87 \text{ A}} = 4,18$$

Con lo cual quedan 5 paneles, si elegimos otro módulo esto varía, utilizando el Módulo KS60A de Solartec, vemos entre sus características eléctricas que la  $I_p= 3,45 \text{ A}$

$$N_p = \frac{1,2.20 \text{ Ah}}{2 \text{ h. } 3,45 \text{ A}} = 3,47$$

Si optáramos por este diseño utilizaríamos 4 paneles, para realizar un comparativo con los otros métodos, entonces el Módulo KS60A de Solartec, sería el correcto.

Potencia Nominal (PN) 60 Wp

Tensión a PN 17.4 V

Corriente a PN 3.45 A

Tensión de circuito abierto 21.7 V

Corriente de corto circuito 3.76 A

Largo 1 432 mm

Ancho 343 mm

Espesor 36 mm

Peso 7.3 Kg

Pero recordemos que como la  $V_n$  de los paneles no satisface la  $V$  del sistema deberíamos colocar otra rama en paralelo.

$$N_{Total} = N_p \cdot N_s$$

Por lo que  $N_{total} = 2 \cdot 4 = 8$  paneles.

Por lo que la potencia instalada será de  $P_{pp} = 480$  W.

El área total será de  $3,84$  m<sup>2</sup>.

### Cálculo del banco de Baterías.

Si optáramos por este diseño utilizaríamos 4 paneles, para realizar un comparativo con los otros métodos

$$Cap. Bateria = \frac{E \left( \frac{Wh}{día} \right) \cdot Tiempo(días)}{Prof. Descarga \cdot V_n}$$

Reemplazando

$$Cap. Bateria = \frac{480 Wh/día \cdot 7 días}{0,7 \cdot 12 V} = 400 Ah$$

Finalmente entonces, nuestro sistema fotovoltaico se compone.

- 8 módulos fotovoltaicos de 60 Wp de 24 V.
- 1 batería de 400 Ah de 24 V.
- 1 regulador de carga de 25 A - 24 V.

Este sistema contempla un sistema mínimo para una carga de corriente continua si deseáramos conectar una carga de corriente alterna deberíamos tener en cuenta el dimensionamiento de un Inversor.

## MANTENIMIENTO SISTEMAS AISLADOS

### INVERSOR y REGULADOR DE CARGA

El mantenimiento de estos equipos no difiere de las operaciones normales en equipos electrónicos, las averías son muy escasas y la simpleza de los equipos reduce su mantenimiento a las siguientes operaciones.

- Observación visual general del estado y funcionamiento de los equipos tanto del inversor como del regulador de carga.
- Comprobación del conexionado y cableado de los componentes.
- Comprobación de las tensiones establecidas por los fabricantes a la temperatura ambiente.
- Observación de las medidas instantáneas del voltímetro y amperímetro en las instalaciones que disponen de estos medidores.
- Observación visual del estado y funcionamiento del regulador. Esta visualización permite detectar posibles os malfuncionamientos de los equipos eléctricos.
- Comprobación de conexionado y cableado de los equipos de eléctricos, tanto los de control como los de regulación y los componentes auxiliares (por ejemplo protecciones). Se revisará todas las conexiones y juntas de los equipos.

### BATERIAS

Las baterías o acumuladores, son el elemento más sensible de las instalaciones aisladas, por ello es aconsejable realizar las siguientes acciones por lo menos dos veces al año;

- Comprobación del apriete de los bornes de los elementos.
- Verificar el nivel de electrolito líquido de las baterías y en caso de estar por debajo de las indicaciones del fabricante, rellenar solamente con agua destilada, hasta el nivel indicado por el fabricante.
- Medir la tensión de los elementos de la batería en reposo, cuando este cargada.
- Verificar la densidad del ácido en las baterías de electrolito, esta verificación la realizaremos midiendo la densidad del líquido con la ayuda de un densímetro.

- Limpiar los elementos de las baterías, eliminando el polvo, la suciedad y la humedad.
- ✓ En caso de tener bornes que empiecen a sulfatarse, es aconsejable, revisar la conexión de dichos bornes, y aplicar sobre la superficie de dichos elementos vaselina.

## SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED ON GRID

Un sistema fotovoltaico conectado a la red de media o baja tensión es un sistema fotovoltaico que permite inyectar la energía generada por los módulos fv, a la red.

El esquema es como el que se detalla a continuación,

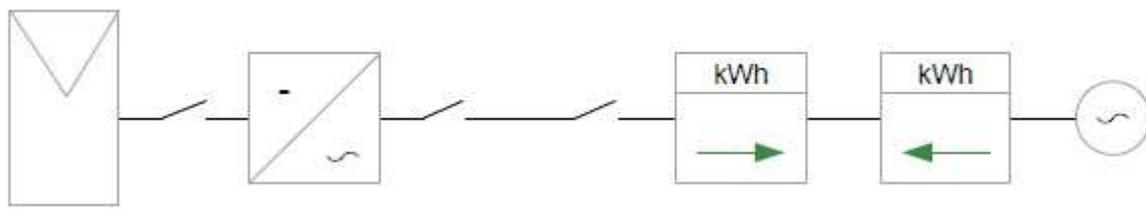


Figura 9-1

## DIMENSIONAMIENTO SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON GRID

Para el dimensionamiento de un sistema conectado a la red no es necesario, ni se utiliza el peor mes de insolación, dado que un sistema conectado a la red, carece de un sistema de almacenamiento de energía, que haga que este sistema pueda funcionar en ISLA, aislado del sistema interconectado.

Existen al día de hoy sistemas con conexión a red que permiten almacenamiento de energía, en baterías por ejemplo de Flujo de vanadio, pero sin embargo, el modo de funcionar de estos sistemas con baterías, difiere de los sistemas aislados.

Un sistema de conexión a red, entrega energía a la red de BT o MT según corresponda, cuando encuentre una referencia de tensión en la red a inyectar, si esto no sucede, el sistema se desconecta de la red.

Es por eso que este tipo de sistemas no debe ser utilizado si el usuario pretende, mantener un consumo de energía ante cortes de suministro de la empresa distribuidora.

Para realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico conectado a red usaremos una Norma internacional CEI 82-25, "Guía para la realización de un sistema de generación fotovoltaica conectada a la red de media y baja tensión."

- Disposición de los módulos fotovoltaicos.
- Generador FV ubicado en una superficie inclinada.
- Generador FV ubicado en una superficie horizontal.
- Generador FV ubicado en una superficie que tiene seguimiento solar.

## DISPONIBILIDAD DEL RECURSO SOLAR.

El primer paso para realizar un correcto dimensionamiento es calcular la insolación en un determinado punto sobre la faz terrestre, donde se desee implantar la instalación FV. Y en base a eso poder calcular las horas equivalentes de sol.

## DISTANCIA ENTRE FILAS.

Una vez corroborado que los niveles de insolación son los adecuados, y que económicamente es viable el proyecto, se realiza el dimensionamiento de distancia entre filas.

Hay que tener en cuenta esto, dado que una incorrecta disposición de las mismas ocasionaría sombras sobre las filas posteriores, que harían decaer el sistema

$$d/h = \text{sen}(T) * \text{tg}(23.5 + \text{latitud}) + \text{cos}(T)$$

## 9.4 Calefactores Termosolares.

### 9.4.1 Definiciones básicas y conceptos

Cualquier cuerpo (tanto en estado sólido, como líquido o gaseoso) expuesto a la radiación solar sufre un aumento de temperatura debido a la absorción de parte de la energía que recibe que se convierte en energía térmica.

La tecnología que actualmente se emplea requiere el uso de unos dispositivos llamados colectores solares o más usualmente "termotanque solares" aunque este último término puede traer confusiones. La energía captada por estos, se utiliza para calentar un fluido que luego se distribuye por el



interior de conductos hasta el lugar donde es aprovechado.

Un colector solar es un aparato que utiliza la radiación del sol (energía solar) para calentar alguna sustancia, como puede ser agua, aceite, salmuera, glicol o incluso aire. Su uso más común es para calentar agua para uso en piscinas o servicios sanitarios (duchas, lavado de ropa o artículos de cocina, etc.) tanto en ambientes domésticos como hoteles e industrias.

En muchos climas un calentador solar puede disminuir el **consumo energético** utilizado para calentar agua. Tal disminución puede llegar a ser de hasta 50%-75 % o incluso 100 % si se sustituye completamente, eliminando el consumo de gas o electricidad, aunque este último caso es muy excepcional ya que obliga a sobredimensionar toda la instalación haciéndola muy costosa. Como criterio general se dimensiona las instalaciones para abastecer del 50% al 70% de la energía requerida para calentamiento por lo que es necesario contar con un sistema de calentamiento convencional que proporcione la energía faltante.

Aunque muchos países en vías de desarrollo cuentan con climas muy propicios para el uso de estos sistemas, su uso no está extendido debido al costo inicial de la instalación. En varios países desarrollados las normativas estatales obligan a utilizar estos sistemas en viviendas de nueva construcción.

Estos equipos pueden transmitir diferentes rangos de temperaturas al fluido calentado y por ello podemos clasificarlos según este rango.

### **Clasificación de los sistemas de captación**

En función de la temperatura que se obtiene en el fluido calentado con energía solar, las instalaciones pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Tipo de instalación solar térmica Temperatura del fluido
- Baja temperatura: Menor de 100 °C
- Media temperatura: Entre 100 °C y 300 °C
- Alta temperatura: Superior a 300 °C

A continuación se muestra cuadro esquemático que resume los diferentes tipos de aprovechamiento de la energía solar.



Figura 9-2

Como podemos observar en el gráfico anterior sobre la parte izquierda del mismo la conversión térmica puede ser de dos tipos del tipo pasiva o del tipo activa.

- La pasiva: Aprovecha el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos.
- La activa: para uso de baja temperatura (entre 35 °C y 60 °C), se utiliza en casas; de media temperatura, alcanza los 300 °C; y de alta temperatura, llega a alcanzar los 2000 °C. Esta última, se consigue al incidir los rayos solares en espejos, que van dirigidos a un reflector que lleva a los rayos a un punto concreto. También puede ser por centrales de torre y por espejos parabólicos.

#### 9.4.2 Principios de funcionamiento.

En general un calefactor solar como vimos en los conceptos básicos es un dispositivo que puede absorber calor irradiada por el sol y transmitirla a un fluido, pero podemos hacer una clasificación por el tipo de circulación del fluido por el interior del calefactor y separarlos en equipos de circulación natural o en equipos de circulación forzada.

##### Circulación natural (termosifón).

Y en los sistemas por termosifón la circulación ocurre de manera natural y ello tiene que ver con un principio físico termodinámico que sostiene que un líquido más caliente es menos denso y tiende a ascender y uno frío es más denso y tiende a bajar tal cual ocurre con otros fluidos como el aire por ejemplo.

Para temperaturas mayores que 4°C, a medida que la temperatura del agua sube, su densidad disminuye, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Temperatura (°C)	$\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )
4	1000
10	1000
20	998
30	995
40	992
50	988
60	983
70	978
80	972

Ello quiere decir que, a medida que el agua es calentada, ella queda más “ligera” con relación al agua más fría. Por ello, en un tanque de almacenamiento, el agua caliente siempre está en la parte más alta.

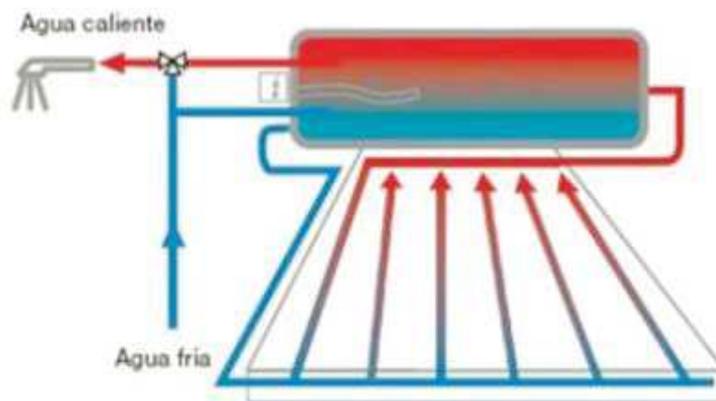


Figura 9-3

Se estima que, al menos, el 90% de los sistemas de calentamiento solar instalados en los diferentes países de la región, son sistemas de circulación natural o termosifón, que ofrecen al consumidor bajo costo, eficiencia y confiabilidad.

Además de eso, un sistema operando con base en el principio del termosifón puede ser del tipo integrado acoplado (o compacto) o convencional. En un sistema integrado el tanque y el colector constituyen la misma pieza, en la mayoría de las veces ellos son formados por tubos pintados de negro y colocados en una caja con aislamiento térmico y una cubierta transparente. El mayor problema de los sistemas integrados es que buena parte de la energía captada durante el día es perdida en la noche.

Los sistemas integrados sufren elevada pérdida de calor en la noche, y por causa de ello fue desarrollado el sistema convencional con la separación entre colectores y tanques. La Figura muestra un diseño donde se puede observar distintamente el tanque de almacenamiento y el colector.



Figura 9-4: Sistema convencional

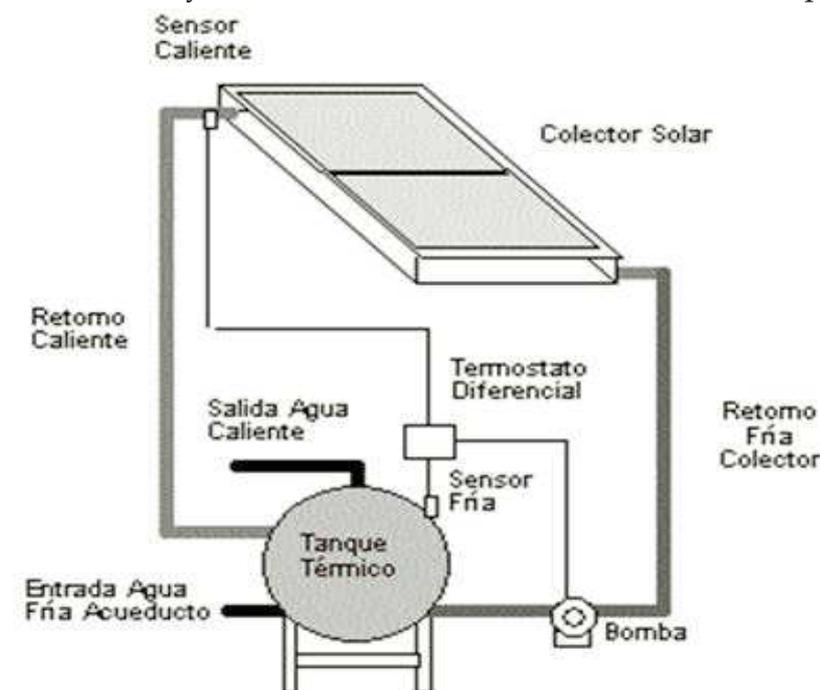


Figura 9-5: Sistema Integrado

### Circulación forzada

En este modelo de instalación, la fuerza motriz del sistema se realiza a través de la acción de una bomba y se recomienda su utilización en sistemas de mediano y gran porte o cuando no se cumplen los parámetros para instalación del termosifón.

El sistema de calentamiento solar por circulación forzada se distingue del sistema termosifón, pues además de los colectores, tanques y tuberías de interconexión, presenta también una bomba, un controlador diferencial de temperatura o sistema de comando similar y un tablero de comando. Por no necesitar respetar las alturas tope/fondo y demás particularidades de una instalación en termosifón, el sistema por circulación forzada funciona básicamente por la acción de dos equipos: bomba y controlador diferencial de temperatura. La bomba está dimensionada para ofrecerle al fluido una energía capaz de vencer las pérdidas de carga impuestas por tuberías, conexiones y demás accesorios existentes entre tanque y colector.



El controlador diferencial de temperatura tiene como función comandar la bomba permitiendo su accionamiento cuando la diferencia de temperatura registrada entre el sensor ubicado en el colector y el sensor ubicado en el tanque es superior a 5°C y la desactiva cuando ese diferencial es 2°C. Cabe destacar que tales valores son solamente para orientación y deben definirse según la configuración del sistema.

Más allá de los tipos y

clasificaciones y los principios de funcionamiento que hemos descrito respecto de los calefactores solares hasta aquí, podemos comprobar el rendimiento de estos equipos y para ello debemos realizar un balance energético y representar gráficamente en una curva de característica del equipo.

### Balance energético de un colector solar

Teniendo en cuenta el funcionamiento del captador y las pérdidas que se producen se puede deducir la siguiente fórmula:

$$\text{Calor Solar Captado} = \text{Calor aportado al Fluido} + \text{Calor perdido}$$

Hay una parte del calor incidente que se refleja en el vidrio y otra parte que es transmitido a través del mismo (transmitancia) y por tanto se introduce un coeficiente ( $\tau$ ), además, la placa no absorbe toda la energía que le llega por lo que hay que introducir otro coeficiente ( $\alpha$ ) que representa la absortancia de la placa:

$$\text{Calor solar captado} = S \cdot I \cdot \tau \cdot \alpha$$

Donde:

S	Superficie del colector (m <sup>2</sup> )
I	Intensidad de radiación en el plano del colector (W/m <sup>2</sup> )

Es difícil mostrar en una fórmula el calor de las pérdidas porque es de radiación, convección y transmisión, pero se puede utilizar una fórmula simple ya que se sabe que las pérdidas vienen dadas por la diferencia de temperatura entre la placa y la temperatura ambiente, utilizando un coeficiente global ( $U_L$ ) para dichas pérdidas:

$$\text{Calor perdido} = S \cdot U_L \cdot (T_{\text{placa}} - T_{\text{ambiente}})$$

La temperatura de la placa es difícil de medir, por lo que se suele tomar la temperatura media del fluido caloportador con lo que no se comete mucho error. Para ello se mide la temperatura a la entrada y a la salida y se calcula su valor medio. Al hacer esto, se debe añadir otro coeficiente a la fórmula de calor útil ( $F_R$ ) que corrige esta diferencia de temperatura. De forma simplificada la expresión que representa el calor que llega al fluido caloportador y que sería el calor que utiliza el captador es:

$$\text{Calor útil} = (F_R \cdot S \cdot I \cdot \tau \cdot \alpha) - (F_R \cdot S \cdot U_L \cdot (T_{\text{fluido entrada}} - T_{\text{ambiente}}))$$

Con los datos anteriores se puede determinar el rendimiento del colector mediante la expresión

$$\text{Rendimiento } (\eta) = \frac{\text{Calor útil}}{\text{Calor solar}}$$

$$\text{Rendimiento } (\eta) = \frac{S \cdot (F_R \cdot I \cdot (\tau \cdot \alpha)_N - F_R \cdot U_L \cdot (T_{\text{fluido entrada}} - T_{\text{ambiente}}))}{S \cdot I}$$

$$\text{Rendimiento } (\eta) = \frac{F_R \cdot I \cdot (\tau \cdot \alpha)_N - F_R \cdot U_L \cdot (T_{\text{fluido entrada}} - T_{\text{ambiente}})}{I}$$

$(\tau \cdot \alpha)_N$	Si se mantienen los rayos solares perpendiculares a la superficie del captador se trata de una constante. Este valor es determinado en un ensayo conservando esa condición, aunque en su funcionamiento real no es así.
$F_R$	Es prácticamente constante
$U_L$	No es exactamente constante pero puede suponerse como tal

**Curva Característica de un colector solar.**

Tomando lo deducido en el balance energético se puede representar el comportamiento del captador en un gráfico cartesiano.

En el eje de ordenadas (Eje Y) se representa el rendimiento y en el de abscisas (eje X) el término siguiente:

$$\frac{(T_{\text{fluido entrada}} - T_{\text{ambiente}})}{I}$$

Con lo cual la siguiente ecuación puede representarse en como una recta

$$\text{Rendimiento } (\eta) = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)_N - F_R \cdot U_L \cdot \frac{(T_{\text{fluido entrada}} - T_{\text{ambiente}})}{I}$$

$F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)_N$	Rendimiento óptico del captador
$F_R \cdot U_L$	Coefficiente global de pérdidas
$T_{in}$	Temperatura de ingreso al captador
$T_{amb}$	Temperatura ambiente
$I$	Intensidad de la radiación solar incidente en el plano del captador

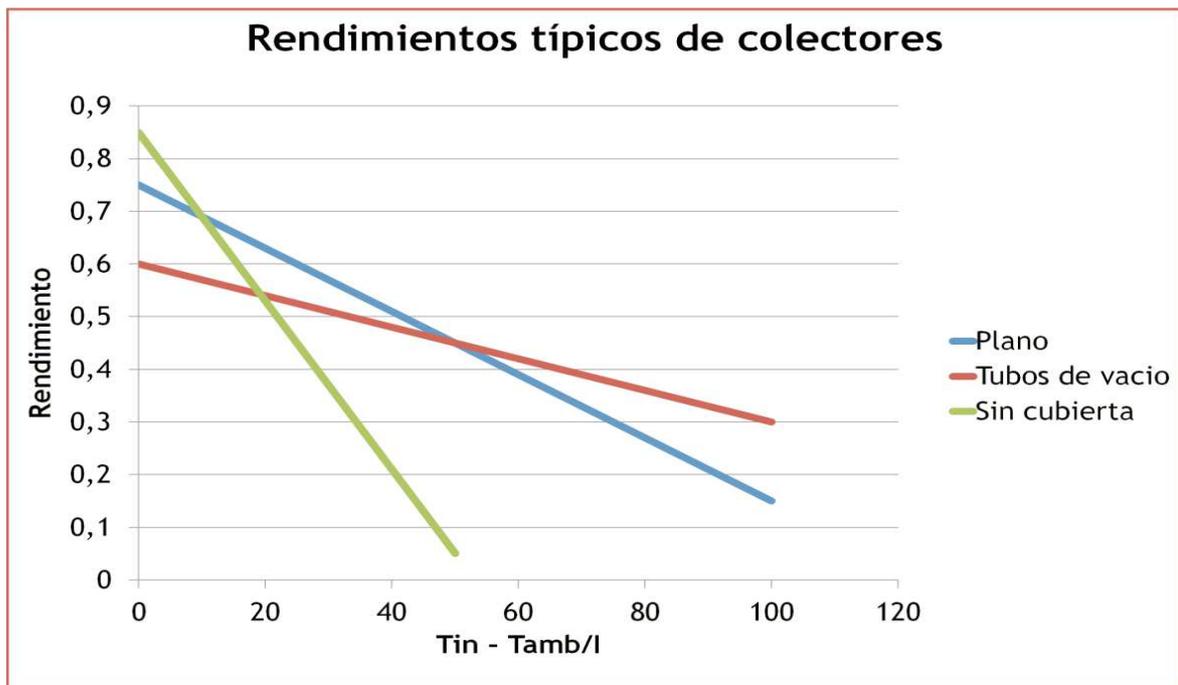


Figura 9-6

El análisis de esta curva indica que el comportamiento de los colectores solares será mejor:

- Cuanto mayor sea su coeficiente óptico (ordenada en el origen).
- Cuanto menor sea su coeficiente de pérdidas (pendiente).

Estas características de rendimiento se obtienen realizando ensayos en laboratorio,

## TIPOS DE COLECTORES.

Para los fines del alcance del presente curso solo interesa analizar los sistemas de baja temperatura y dentro de ellos vamos a clasificarlos en:

### Colectores de placa plana

Generalmente el aprovechamiento térmico a baja temperatura se realiza a través de colectores planos, cuya característica común es que no tienen poder de concentración, es decir, la relación entre la superficie externa del colector y la superficie captadora, la interior, es prácticamente la unidad.



Figura 9-7

### Otro tipo de colectores.

Existen otro tipo de colectores planos que no responden a la descripción anterior.

- Colectores para piscinas. Son colectores sin cubierta, sin aislante y sin caja, solamente están compuestos por la placa absorbente, que por lo general es de un material plástico. Aumenta la temperatura del agua entre 2- 5 °C, y solo funciona en épocas veraniegas ya que tiene grandes pérdidas, por eso se usa para calentar el agua de las piscinas.
- Colectores de vacío. Están compuestos de una doble cubierta envolvente, herméticamente cerrada, en la cual se ha hecho el vacío, de esta forma las pérdidas por convección se reducen considerablemente. El problema de estos colectores es el precio elevado y la pérdida de vacío con el tiempo.

### 9.4.3 Partes constitutivas de un Colector Plano tipo Parrilla

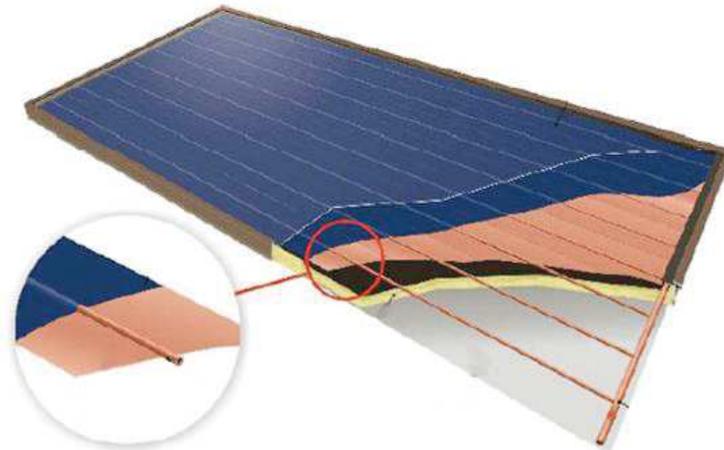


Figura 9-8

- **Cubierta exterior.** Generalmente formada por una lámina de cristal, lo más transparente posible, aunque a veces es sustituida por algún tipo de plástico (Tedlar, EVA, policarbonato). Se pueden encontrar con varias capas de cristales, evitando así pérdidas de calor, pero encareciendo el colector. Es la parte más propensa a la rotura, ya sea por agresiones externas o por efecto de la dilatación del propio vidrio.
- **Placa absorbente o absorbedor.** Es prácticamente una placa plana pintada de negro, o con una superficie especial con objeto de aumentar su poder de absorción y disminuir la reflexión. Podemos encontrar los tubos para el fluido caloportador, que van soldados a la placa o sencillamente son parte de ella.
- **Aislamiento.** Es el recubrimiento en todos los lados del panel, excepto en la parte acristalada, que evita pérdidas térmicas. El material es cualquier tipo de aislante (fibra de vidrio, poliuretano) y el grosor depende de la aplicación, lugar, tipo de aislante.
- **Caja exterior.** Es la que alberga a todos los componentes (cubierta exterior, placa absorbente, aislamiento) generalmente de aluminio, por su poco peso y aguante a la corrosión.

## Absorbedor

Recibe la radiación solar, la transforma en calor y la transmite al fluido portador. Se trata de una placa metálica sobre la que se sueldan o embuten tubos por los que circula el fluido caloportador o agua. Generalmente son de cobre o de aluminio. En los casos de captadores solares sin efecto invernadero se utilizan absorbedores de plástico.

El absorbedor puede llevar un revestimiento que se denomina superficie selectiva y que se caracteriza porque absorbe bien la radiación y emite poca. Esto se consigue con capas de diferentes materiales. También es importante la transmisión de calor entre el absorbedor y el fluido caloportador. Si los conductos están embebidos ésta será mucho mejor. En algunos casos se trata de dos chapas estampadas con la forma del circuito hidráulico marcado en ellas.

### Optimización de la absorción: revestimientos

La cara del absorbedor que está expuesta al sol ha de estar recubierta de un revestimiento para absorber los rayos solares. Se utilizan dos procedimientos:

- Pinturas.
- Superficies selectivas.

Las pinturas oscuras o de color negro absorben muy bien la radiación solar (coeficiente de absorción del orden de 0.9) pero tienen un coeficiente de emisión similar al coeficiente de absorción  $\alpha$ , lo que es lo mismo, las pérdidas por emisión de radiación son bastante elevadas y aumentan al hacerlo la temperatura.

A revestimientos con el coeficiente de absorción " $\alpha$ " entre 0,8 y 0,9 y con el coeficiente de emisión " $\epsilon$ " de entre unos 0,06 y 0,15 se les llama de superficies selectivas, por la diferencia que hay entre los dos tipos de valores.

No hay ningún material simple que tenga esta cualidad, por lo que las diferencias entre ambos coeficientes se logran por superposición de varias capas (metal y compuestos metálicos) o tratamientos especiales superficiales.

### Aislamiento

El absorbedor está protegido en su parte posterior contra las pérdidas térmicas por un aislamiento que tiene que ser muy eficaz. Se engloban de manera general bajo el término de pérdidas posteriores todas las pérdidas que no tienen lugar a través de la cara delantera, es decir, aquellas que se producen también por los lados y que incluyen las pérdidas por puentes térmicos. Este dato es muy importante ya que, por ejemplo, un colector cuyas pérdidas posteriores calculadas a partir de las características del aislante posterior son de 0,4 W/m<sup>2</sup>°C llegan en la práctica a tomar un valor de 1,6 W/m<sup>2</sup>°C. Algunas características que han de cumplir los aislantes para un colector son:

1. **Comportamiento con la temperatura:** La temperatura en verano, en una instalación que está sin funcionar o parada, suele llegar a los 150 °C, lo que nos va a obligar a tener un aislamiento posterior que aguante esas temperaturas y no se estropee. Algunos fabricantes suelen poner entre el absorbedor y el aislante una lámina metálica reflectante con el fin de impedir que el aislante reciba la radiación directa del absorbedor. Esta lámina reflectante no actúa como protector del aislante posterior, ya que se calienta por convección, y puede alcanzar una temperatura muy similar a

la del absorbedor. No obstante, puede producir un efecto de reflexión sobre los tubos de circulación del fluido.

2. **Desprendimiento de vapores.** Bajo la acción del calor, el aislante puede desprender vapores, los cuales pueden condensarse sobre la cubierta transparente. Dos puntos que tenemos que tener muy claros son:
  - Saber si el aislante, al descomponerse por el calor, desprende vapores.
  - Saber si los vapores desprendidos pueden depositarse sobre la cubierta transparente.
3. **Envejecimiento.** Conviene comprobar que el aislamiento posterior no se estropea o se pasa por envejecimiento.
4. **Humedad.** Los aislantes pueden humedecerse por la condensación que se produce en el interior del colector, por rotura de la cubierta, degradación de las juntas de estanqueidad. Tales aislantes deben estar protegidos para que el agua no pueda entrar y también para evitar condensaciones que puedan humedecerlos.

### **Cubierta transparente**

Para que la cubierta transparente del captador sea lo más eficiente posible, ha de:

- Provocar el efecto invernadero.
- Reducir las pérdidas térmicas por convección.
- Asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire.

Para ello, se debe escoger un material que además de ser bueno para producir el efecto invernadero, tenga un coeficiente de dilatación pequeño, así como una buena resistencia mecánica para que no rompa por el viento, el granizo o la nieve.

### **Dimensionamiento y cálculo. Método f-chart**

En el marco de una autoevaluación energética donde se intentará caracterizar térmicamente un sistema solar ya instalado la opción más apropiada sería medir el aporte energético a través de un medidor de energía térmica. Esto implica una medición constante y sostenida en el tiempo que permita tomar en cuenta las variaciones estacionales del y por consiguiente su aporte energético.

Como alternativa a la medición directa de la energía térmica se propone el uso de un conocido método de dimensionamiento, el f-chart, pero en este caso para estimar el aporte energético de la instalación solar térmica.

### **Antecedentes**

En este apartado se va a desarrollar el método f-chart (también llamado “de las gráficas-f”), desarrollado en 1.973 por los profesores Beckman, Duffie y Klein. Se trata

de un método reconocido en todo el mundo como uno de los más precisos para estimaciones a largo plazo.

Consiste en determinar el valor de la denominada “fracción  $f$ ”, que viene a ser la cobertura solar, o sea, la energía aportada por el sol en función de la demanda energética total de una vivienda y observar su variación al modificar las variables de entrada, entre las que se encuentra fundamentalmente la superficie captadora.

El proceso a seguir es el siguiente:

- En primer lugar, deben estimarse las necesidades caloríficas (o cargas caloríficas) mensuales y anual
- A continuación se determina la radiación solar incidente, también mensual y anualmente, por metro cuadrado de superficie colectora.
- A continuación se calcula la “fracción  $f$ ” de la instalación, de acuerdo con el método que se describe en este apartado.

### **Implementación informática de la herramienta**

Como método simplificado de implementación se propone el uso del software gratuito “RETScreen”. Ya fue brevemente descrita en la aplicación fotovoltaica.

El software de gestión de energías limpias RETScreen (generalmente abreviado como RETScreen) es un paquete de programas de energías limpias desarrollado por el Gobierno de Canadá. Este software, al ser un paquete de programas no solo incluye la opción de análisis de sistemas solares térmicos sino una amplia gama de energías renovables. El programa incluye una extensa base de datos ambientales provista por la NASA lo que simplifica la obtención de datos de radiación y ambientales. Puede descargarse gratuitamente de la siguiente página: <http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>

## **9.5 Referencias**

- [53] [www.pveducation.org](http://www.pveducation.org)
- [54] Libro de Energía Solar Fotovoltaica SEAS España.
- [55] Energía Solar Fotovoltaica , Manual Práctico, A. Labouret, M. Viloz

---

# 10 Herramienta informática de auto diagnóstico energético

por Jorge Fiora y Pablo Romero

para Ministerio de Energía y Minería

## 10.1 Resumen

En este capítulo se presenta la herramienta informática de auto diagnóstico energético. Dicha herramienta consta de un programa principal con cuatro módulos que descargan datos de consumo y demanda eléctrica del establecimiento, simulan un consumo a partir del relevamiento de los artefactos y su uso, analizan la demanda con el objetivo de identificar y caracterizar dichos artefactos y obtienen parámetros característicos de la envuelta del edificio y del uso del sistema de calefacción o refrigeración.

## 10.2 Introducción

El software presentado consta de una pantalla principal que funciona como consola de lanzamiento de los diferentes módulos que componen la herramienta de auto diagnóstico energético. Estos son un módulo desde el cual se accede a la página de internet desde donde se puede descargar la información brindada por el registrador de consumo eléctrico, un módulo de simulación de consumo, un módulo de análisis de la demanda eléctrica y un módulo de análisis de la envuelta del edificio y los sistemas de calefacción y refrigeración. Dicha pantalla principal consta de cuatro paneles, uno correspondiente a cada uno de los módulos citados, con una descripción breve del mismo y un botón desde donde éste se abre.

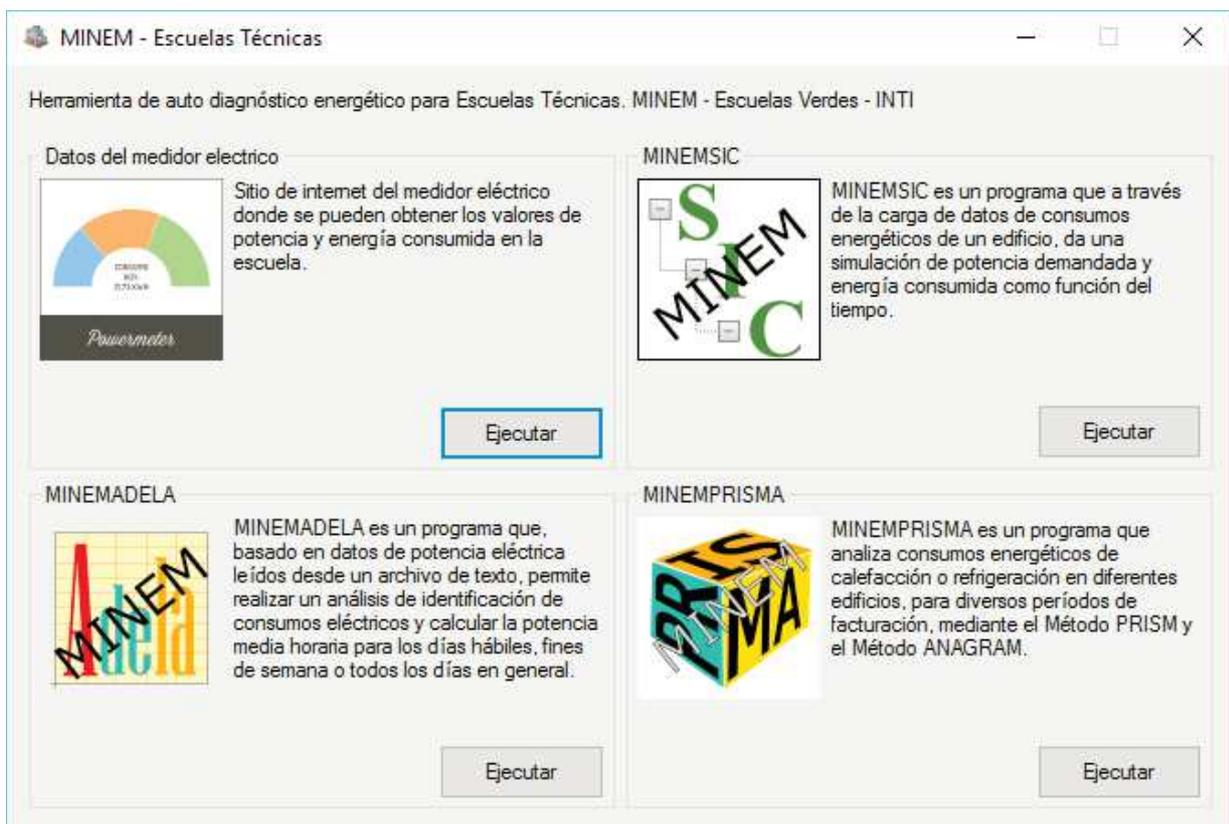


Figura 10-1: Pantalla principal de la herramienta de auto diagnóstico energético.

Desde el panel de simulación de consumo se abre el software de desarrollo propio llamado MINEMSIC en el cual se cargan las diferentes áreas de la escuela, relevadas anteriormente, con sus respectivos artefactos de consumo de energía y el uso que se le da a los mismos. A partir del uso del MINEMSIC se obtiene una simulación de la demanda eléctrica y el consumo de energía, que puede ser contrastado con las mediciones hechas por el registrador y que han sido descargadas anteriormente desde el módulo correspondiente.

Desde el panel de análisis de la demanda eléctrica se abre el software de desarrollo propio llamado MINEMADELA que sirve para detectar consumos eléctricos en la instalación. Este programa construye un histograma de cambios en la demanda

eléctrica instantánea que muestran picos para las potencias correspondientes a los artefactos en funcionamiento. Desde el programa se pueden analizar días hábiles, días de fines de semana, días en particular o bien todo el intervalo obtenido. Por otro lado, se pueden obtener las demandas horarias promedio para los días hábiles, los fines de semana o todo el intervalo. De esta manera se puede conocer en promedio la demanda para cada momento del día. Finalmente se pueden obtener informes con los datos analizados en el programa que pueden ser copiados fácilmente a planillas de cálculo o editores de texto.

Finalmente, desde el panel de análisis de la envuelta, se abre el programa de desarrollo propio MINEMPRISMA que obtiene los parámetros característicos de la transferencia de calor entre el edificio y su entorno y de los sistemas de calefacción y refrigeración a través de la aplicación de los Métodos PRISM y ANAGRAM de análisis energético. En este programa se deben ingresar los datos de consumo energético de calefacción o refrigeración.

Estos cuatro módulos descritos completan la herramienta informática de auto diagnóstico energético desarrollada para el curso dictado para Escuelas Técnicas de Buenos Aires y Jujuy.

### 10.3 MINEMSIC

El MINEMSIC es un programa que a partir de datos de consumos energéticos ingresados en forma interactiva genera una simulación de potencia demandada y energía consumida como función del tiempo. Este programa utiliza una estructura de árbol para describir una instalación (por ejemplo una escuela) desde el punto de vista del consumo energético.

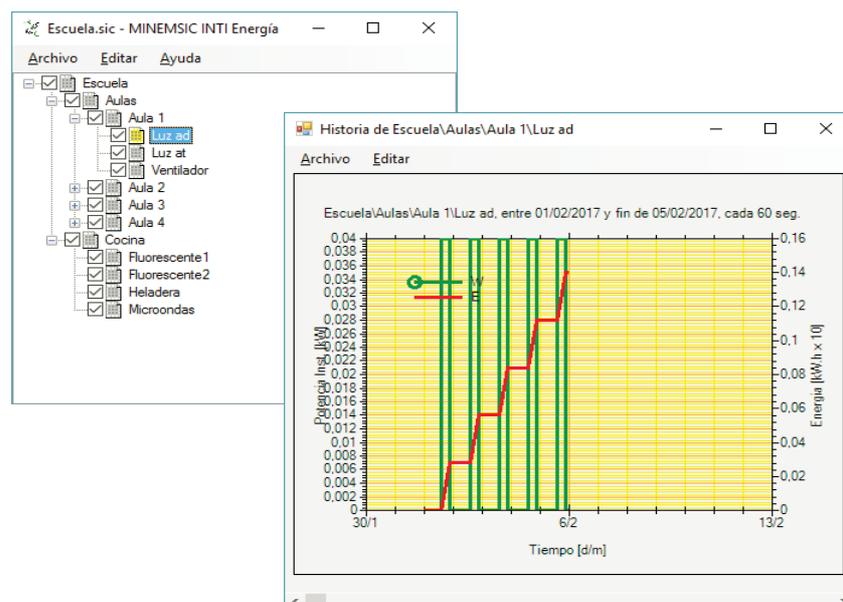


Figura 10-2: La pantalla principal de MINEMSIC editando el archivo Escuela.sic con una ventana secundaria mostrando la demanda de "Luz ad" que representa las luces de adelante del Aula1.

Cada nodo o ítem en el árbol, tiene una demanda, que es la suma de las demandas de sus hijos. Por ejemplo el nodo Escuela, en la Figura 10-2, tiene una demanda que es la suma de las demanda de Aulas y Cocina. A la derecha de la figura se muestra un gráfico con dicha demanda simulada a lo largo de una semana. En color verde se detalla la potencia instantánea y en color rojo la energía acumulada. Los nodos terminales como "Luz ad" tienen una demanda propia que se determina a partir de la especificación de los artefactos (dispositivos de consumo) y del uso de los mismos. Esto se hace a través de una ventana de configuración como la que se muestra a la derecha en la Figura 10-3. Por ejemplo, "Luz ad" puede tener una demanda propia compuesta por dos luminarias de bajo consumo de 20 W que se encienden a las 14 hs y se apagan a las 21 hs.

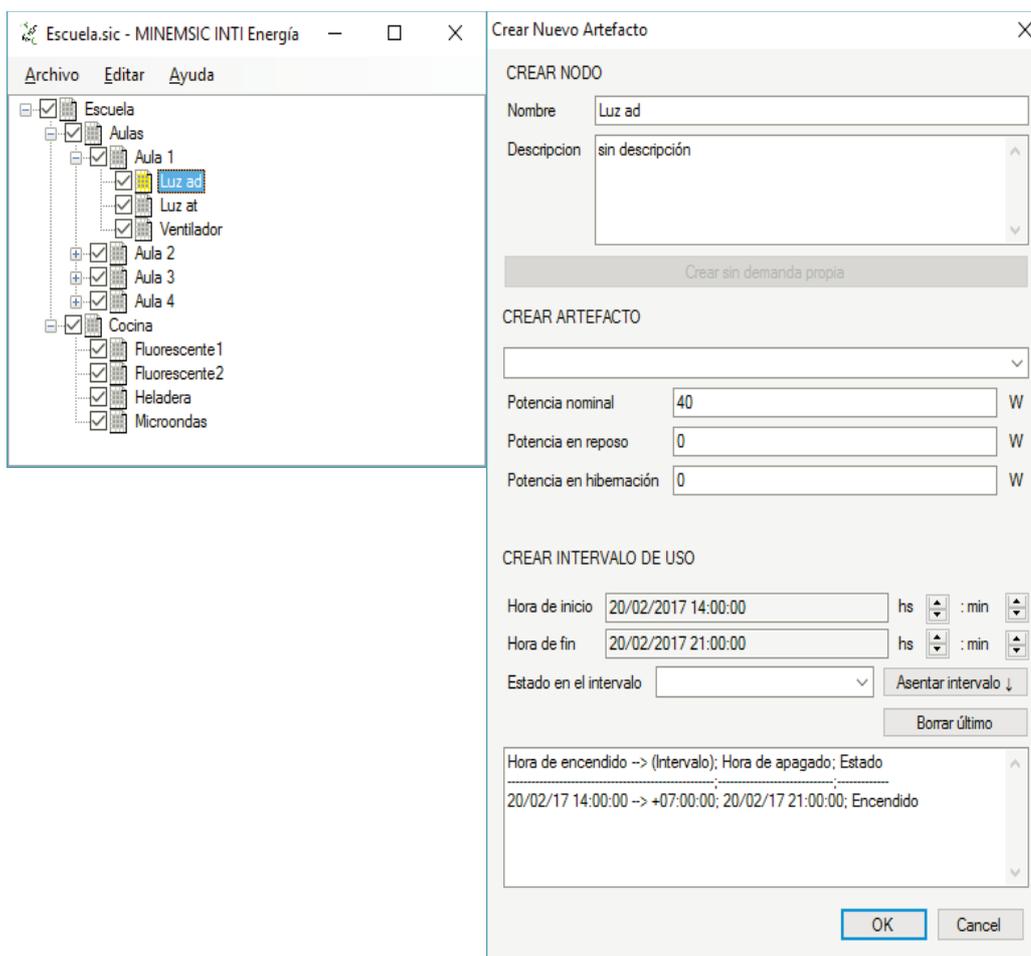


Figura 10-3: Vista del MINEMSIC mientras se edita el nodo "Luz ad".

Los nodos intermedios como Aulas o Aula 1 son clasificadorios y en general se usan para describir sectores o habitaciones del establecimiento. Cada nodo puede deshabilitarse (borrando la tilde) con lo que su demanda se anula y no es considerada en la simulación.

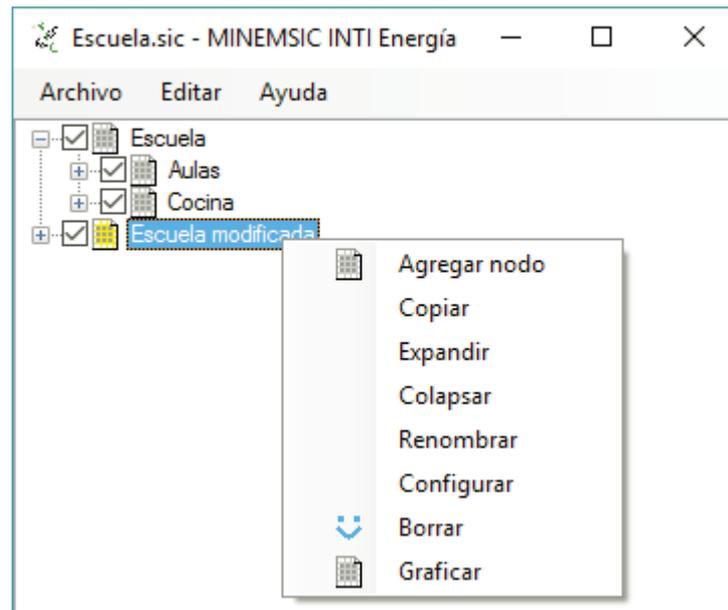


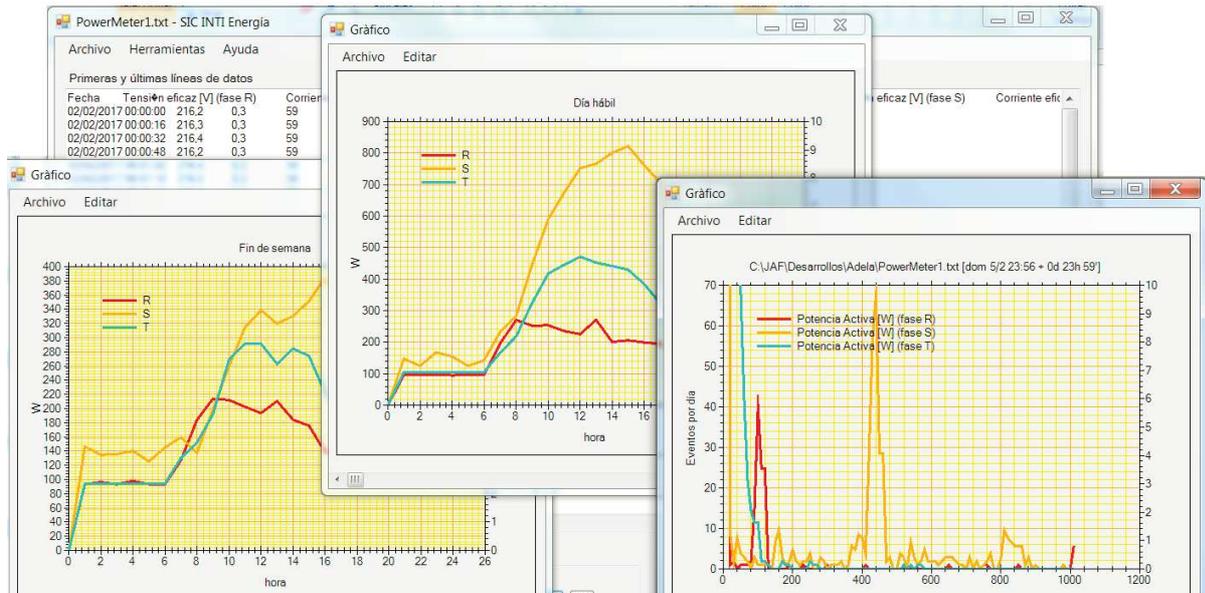
Figura 10-4: Para las diversas operaciones con los nodos se usa un menú contextual.

Las diferentes operaciones con los nodos se realizan mediante un menú contextual. Un nodo con todos sus descendientes puede copiarse lo que permite, crear una nueva versión de la escuela con las mejoras propuestas (Figura 10-4) y compararla con la original.

Los resultados de la simulación de demanda y energía pueden copiarse como texto, dados en intervalos de tiempo indicados, o como imagen (Menú Editar > Copiar o Menú Editar > Copiar gráfico) y pegarse, por ejemplo, en una planilla de cálculo o un procesador de texto.

## 10.4 MINEMADELA

El MINEMADELA es un programa que, basado en datos de potencia eléctrica leídos desde un archivo de texto, permite realizar un análisis de identificación de consumos eléctricos y calcular la potencia media horaria para los días hábiles, fines de semana o todos los días en general. Este programa es un analizador que carga un archivo de texto donde se encuentran la demanda eléctrica por fase dados en función del tiempo. En la ventana principal se muestran las primeras y la última línea del archivo, y con esto se pueden obtener dos tipos de gráficos, uno para análisis de la demanda y otro para ver la potencia horaria media consumida para los días hábiles, los fines de semana o todos los días.



**Figura 10-5: Vista de MINEMADELA con los gráficos que proporciona para analizar la demanda eléctrica**

El módulo de análisis de la demanda construye histogramas de aumentos o disminuciones en la potencia eléctrica demandada dados en un intervalo temporal de comienzo y duración variable. A partir de los mismos, se pueden reconocer consumos de artefactos eléctricos por la observación de picos ubicados a distintos valores de potencia demandada que cuanto más alto son, indican una mayor frecuencia de encendido del artefacto eléctrico a lo largo del intervalo de análisis. MINEMADELA permite ver estos histogramas por días, pudiendo reconocer la diferencia en el comportamiento de la demanda de los días hábiles y los fines de semana, o bien permite ver un intervalo de tiempo elegido por el usuario.

Por su parte, el módulo de potencia horaria media permite obtener gráficos ya sea para todos los días del intervalo cargado, o bien discriminando los días hábiles o fines de semana, de la potencia media demandada para cada hora del día. Estos gráficos permiten analizar el comportamiento general de la demanda eléctrica, comparar el consumo de días hábiles con el de los fines de semana y descubrir altos consumos ignorados; e identificar los hábitos de uso de los artefactos eléctricos para así poder corregirlos con el objetivo de hacer un uso racional de la energía. También es posible realizar comparaciones en el consumo general de base y luego de haber realizado mejoras en la eficiencia energética ya sea por mejoras en los artefactos como también mejoras en la operación de los mismos.

Todos los gráficos proporcionados por el MINEMADELA son del tipo *metafile* por lo que pueden ser copiados fácilmente a otros programas y editados sin perder la calidad. Finalmente, el programa es capaz de dar un informe a partir de cada gráfico que puede ser introducido tanto en una planilla de cálculo para su posterior análisis como en un editor de texto para la confección de documentos.

## 10.5 MINEMPRISMA

MINEMPRISMA es un programa que a partir del ingreso de datos de consumo energético dados para cierto período de facturación, da como resultado los parámetros característicos del edificio y del uso del sistema de calefacción o refrigeración por medio de la aplicación de los métodos PRISM y ANAGRAM.

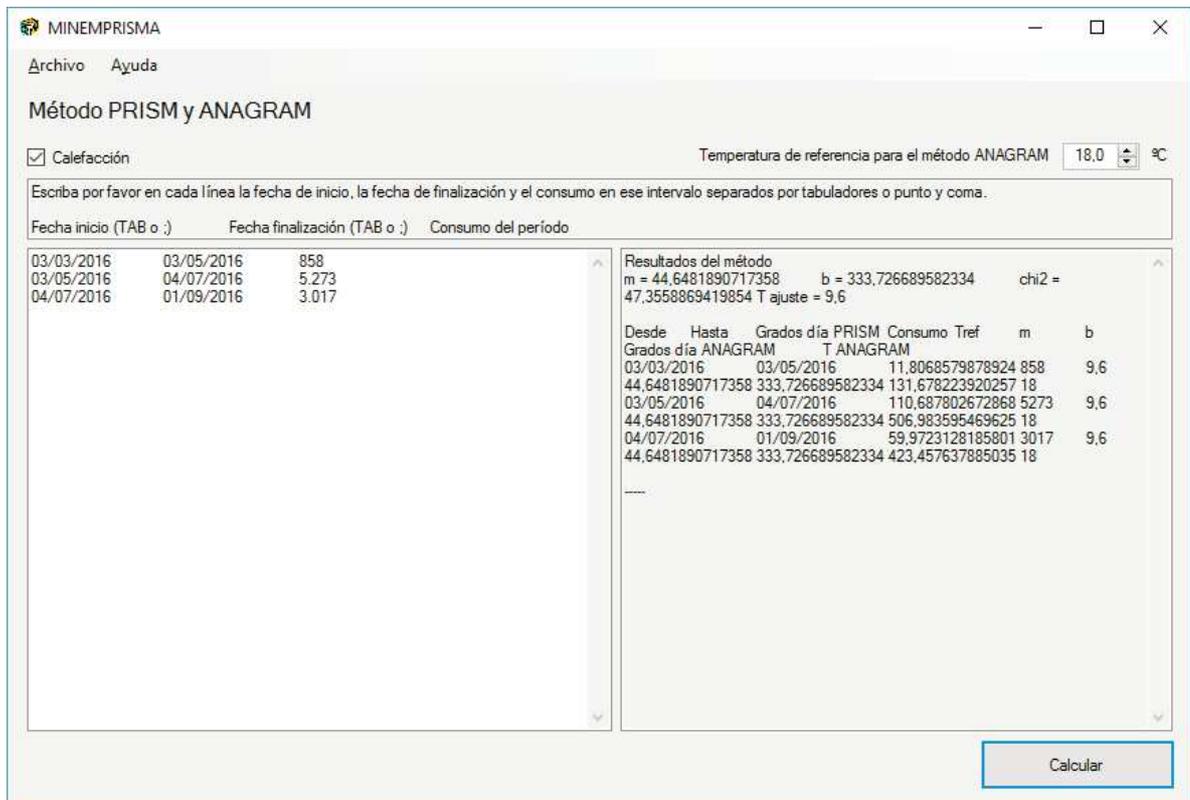


Figura 10-6: Vista principal de MINEMPRISMA analizando los datos de consumo energético ingresados en la sección blanca de la izquierda. Los resultados del análisis se muestran en la sección gris de la derecha.

Luego del análisis, MINEMPRISMA copia los resultados al portapapeles y abre además una planilla de cálculo predeterminada donde éstos pueden ser pegados. Automáticamente calcula las rectas de regresión que ajustan al edificio con los dos métodos usados.

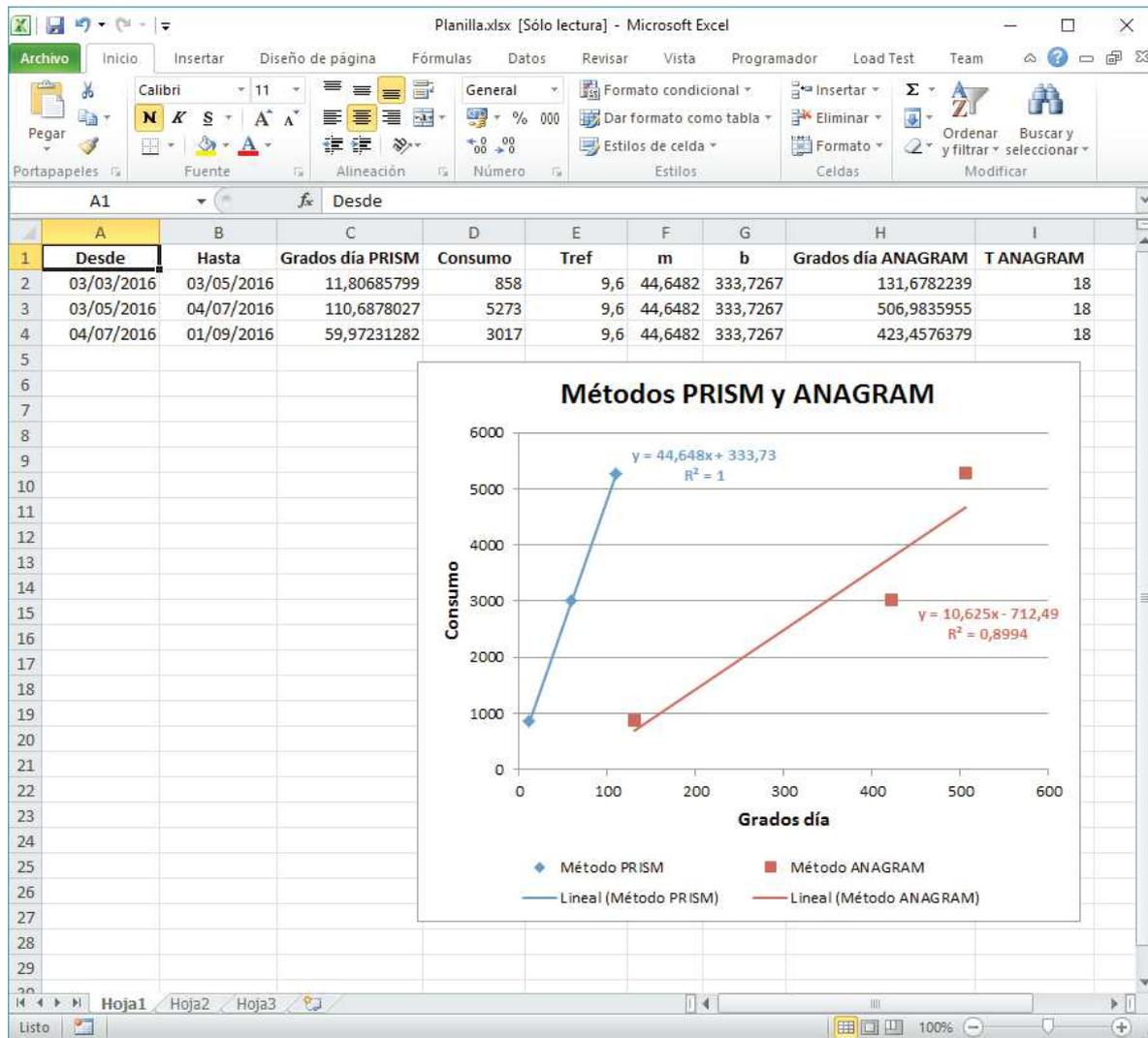


Figura 10-7: Planilla de cálculo que abre MINEMPRISMA luego del análisis de los consumos, donde se pegan los resultados y se ven los modelos propuestos por cada método.

Según si se quiere analizar el sistema de calefacción o refrigeración se debe tildar la casilla que indica “Calefacción” en la esquina superior izquierda, y se puede indicar la temperatura de referencia para el método ANAGRAM en la esquina superior derecha. Los datos de consumo ingresados pueden ser guardados y vueltos a abrir en otra sesión.

### 10.5.1 El Método PRISM

Uno de los parámetros importantes que caracterizan una edificación es el intercambio de calor que ésta tiene a través de su envuelta, es decir su «cáscara» externa. Dada una temperatura del entorno, el edificio tendrá una temperatura interior que podrá ser o no confortable. Para que sí lo sea, se suelen compensar estas cantidades transferidas mediante la incorporación o extracción de calor por medio de sistemas de calefacción o refrigeración. La cantidad de energía que este sistema consuma será mayor en tanto mayor sea la diferencia entre la temperatura de confort planteada para

el interior del edificio y la temperatura ambiental. Para calcular o estimar esta cantidad de calor intercambiada, o bien los parámetros principales que la caracterizan, se utilizan diferentes herramientas o métodos de análisis. Estos métodos pueden tener un enfoque directo, cuando su aplicación implica la descripción detallada del edificio para predecir su comportamiento energético; o inverso, cuando se requiere un análisis de la energía consumida durante un período de referencia para obtener parámetros generales que lo caractericen. A su vez, cada enfoque tiene la habilidad de detectar cambios en períodos de tiempo cortos, modelos dinámicos; o analiza períodos largos de tiempo para obtener resultados promedio que expliquen el comportamiento global del sistema, modelos estacionarios.

El Método PRISM, por sus siglas en inglés de *Princeton Scorekeeping Method* es un método de cálculo estacionario y de enfoque indirecto de los aspectos característicos de una edificación. Se basa en la suposición de que la potencia consumida para climatizar un edificio depende linealmente, en primera aproximación, de la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. La suma a través del tiempo de estas diferencias positivas da un parámetro llamado **Grados día de calefacción o refrigeración** que debería correlacionarse linealmente con el consumo energético. El modelo se representa mediante la ecuación (10.1), mientras que en la Tabla 10-1 se muestran para cada elemento de la ecuación sus unidades o se indica si es un valor numérico, y su descripción.

$$E_{C/R} = 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \times \frac{BLC}{\eta_{C/R}} \times DD_{C/R}(T_{b,C/R}) + E_{base,C/R} \quad (10.1)$$

Símbolo	Val/Unidades	Descripción
$BLC$	$\frac{\text{kW}}{^{\circ}\text{C}}$	Coficiente global de pérdidas de calor
$DD_{C/R}$	$^{\circ}\text{C.día}$	Es la diferencia de grados día de calefacción o refrigeración calculada para $T_{b,C/R}$
$E_{C/R}$	kW.h	Consumo anual de energía en calefacción o refrigeración
$E_{base,C/R}$	kW.h	Consumo anual de energía en otros rubros
$T_{b,C/R}$	$^{\circ}\text{C}$	Temperatura de balance, respecto de la que se calcula $DD_{C/R}$
$\eta_{C/R}$	#	Eficiencia media estacional de calefacción o refrigeración.

Tabla 10-1: Descripción y unidades de cada variable de la ecuación (10.1) que describe el Modelo PRISM. # indica que se trata de un valor numérico sin unidades.

Este método puede aplicarse tanto para calefacción como para refrigeración y para cada caso la diferencia de grados día se calcula de diferente manera. Si para un caso de

calefacción  $T_{b,C}$  es la temperatura de referencia interior y  $T_{ext}$  es la temperatura exterior, el coeficiente  $DD_C$  es la suma de las diferencias diarias  $T_{b,C} - T_{ext}^+$ , donde el signo más indica que sólo se suman los valores positivos.

A diferencia de otros métodos como el ANAGRAM, en el método PRISM la temperatura de referencia  $T_{b,C/R}$  es una variable de ajuste. El método consiste en un cálculo iterativo donde se propone una temperatura  $T_{b,C/R}$ , se calculan los grados día correspondientes y se realiza un ajuste de regresión lineal entre éstos y el consumo energético del edificio. Este algoritmo se repite hasta que se minimiza el error del ajuste. En tal caso se obtendrá el modelo que mejor ajusta al edificio. La recta ajustada, de la forma  $y = mx + b$ , donde  $x = DD_{C/R}$ ,  $y = E_{C/R}$ ,  $m$  es la pendiente y  $b$  es la ordenada al origen, representa al modelo de la ecuación (10.1) y permite realizar una estimación del coeficiente global de transferencia de calor con el exterior dividido por la eficiencia del sistema de calefacción o refrigeración, según corresponda; y la energía de base consumida en el edificio que no se utiliza para tal fin.

$$\frac{BLC}{\eta_{H/C}} = \frac{m}{24 \text{ h/día}} \quad (10.2)$$

$$E_{base,C/R} = b \quad (10.3)$$

### 10.5.2 Método ANAGRAM

El método ANAGRAM es similar al método PRISM, con la diferencia de que la temperatura de ajuste está dada en lugar de calculada en el método. Para aplicarlo se propone una temperatura de ajuste, que debe corresponderse con la temperatura interior objetivo del sistema de calefacción o refrigeración, con esta se calculan los grados día y se los correlaciona con los datos de consumo. Finalmente se obtiene la recta de regresión que mejor ajusta a esos puntos y corresponde con el modelo de consumo de energía en la instalación.

## 10.6 Referencias

- [56] Krarti, Moncef. Energy audit of building systems: an engineering approach / Moncef Krarti. -- 2nd ed. en internet, copia local

---

# 11 Oportunidades de Mejora

por Daiana Borelli y Gaspar Gazzola

para Ministerio de Energía y Minería

## 11.1 Resumen

Este capítulo define al edificio escolar como una herramienta de aprendizaje estableciendo medidas para lograr la mayor eficiencia energética posible dentro del mismo. Habla sobre la implementación de dichas medidas trazando un plan estratégico para lograr los objetivos que permitan alcanzar la eficiencia, y describe el procedimiento para realizar un buen diagnóstico energético que luego permita programar acciones para lograrlo. Además cita la importancia de los usuarios y su comportamiento dentro de los edificios escolares y destaca la importancia de una eficaz comunicación entre los usuarios de las instalaciones.

## 11.2 Introducción

En este capítulo vamos a recorrer una serie de puntos para entender las cuestiones más importantes a tener en cuenta para lograr un consumo energético lo más cercano al óptimo posible. Es importante comprender que los actores fundamentales para lograrlo son los habitantes de la Escuela y teniendo en cuenta que se trata precisamente de un ámbito educativo es doblemente importante saber cómo manejar eficientemente las instalaciones y transmitir finalmente esto a los alumnos. Como dijimos los habitantes son docentes que luego podrán transmitir un buen comportamiento a la hora aprovechar al máximo los recursos energéticos a los alumnos y por eso es que vamos a desarrollar aquí un conjunto de conceptos y herramientas que los van ayudar a consumir responsablemente.

Para comenzar las escuelas deberán formar un cuerpo de responsables que tendrán a cargo el manejo de las instalaciones y deberán replicar en los demás el uso correcto de estos equipos. Finalmente estos conceptos y conocimientos llegarán a los alumnos. Durante el transcurso de este capítulo además enunciaremos medidas para realizar un buen diagnóstico energético, hablaremos de cómo implementarlas y para esto mostraremos un procedimiento tipo para hacerlo. Un buen diagnóstico nos permitirá en el futuro saber qué hacer para lograr adoptar medidas y difundirlas para manejar correctamente las instalaciones y además para proponer soluciones dentro del edificio para mejorar los rendimientos. Como este ejemplo hay varias actividades que actualmente se llevan adelante e impactan en el aumento desmedido de los consumos. A continuación desarrollaremos todos estos conceptos en la presente guía.

## 11.3 El edificio como una herramienta de aprendizaje

En edificios escolares, diseñados para tener un bajo uso energético, es importante recordar que el comportamiento del ocupante y la operación del edificio, son cruciales para lograr el ahorro de energía. Es posible reducir sustancialmente el consumo de energía cuando las personas comprenden la función del edificio y cómo impacta el comportamiento de los ocupantes en la conservación de la energía.

Los directivos, especialmente el coordinador del área y el personal administrativo, deben apoyar las iniciativas de eficiencia energética. El comportamiento de los ocupantes, se puede percibir como parte integrante del clima educativo y del desempeño escolar. El entrenamiento docente en estos temas durante su formación ayudaría a crear y establecer la cultura de eficiencia energética. Los conceptos de educación energética, se pueden impartir durante las presentaciones escolares, las reuniones del personal o las clases específicas del tema y deberían integrar los planes de estudio y prácticas escolares. Incluso se pueden desarrollar juegos,



concursos de estudiantes, de personal y otros incentivos para facilitar la conciencia ambiental y la conservación de energía.

Es necesario entrenar al administrador energético en la observación del modo de uso de la energía y su transformación dentro del hábitat construido con el fin de detectar las Oportunidades de Mejora. Puede resultar útil consultar las directivas que se desprendieron del Decreto 140 en el tema Edificios Públicos [57] y las “Recomendaciones para los Edificios de la Administración Pública Nacional - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Agosto de 2015”.

Es conveniente advertir que lograr un ahorro energético en el edificio, puede requerir bastante tiempo de control y registro del uso de la energía. Todos los ocupantes deben sentirse invitados a presentar y compartir ideas sobre los posibles cambios en la operación del edificio, para mejorar su rendimiento energético.

Cuando se encara un diagnóstico energético:

- Todos piensan que pueden hacerlo.
- Las herramientas pueden estar.
- Encontrar oportunidades es fácil.
- Pero los resultados pueden ser muy variados.

Es necesario contar con experiencia y preparación para asegurar que las recomendaciones son técnicamente factibles, a costo accesible y resulte un ahorro energético significativo.

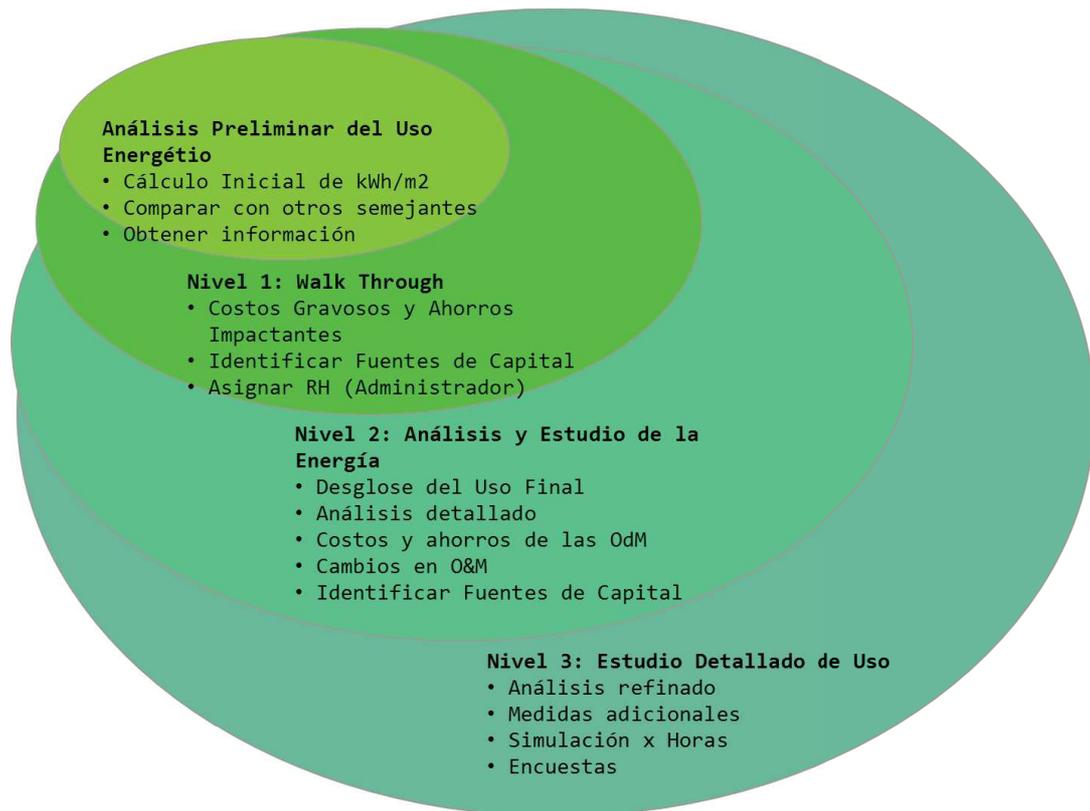
## 11.4 Medidas de Eficiencia Energética y su Implementación

El diagnóstico energético de un edificio debería seguir un procedimiento del tipo “niveles concéntricos” como se indica en el gráfico siguiente.

Se comienza normalmente con una entrevista a las autoridades y referentes de la institución a fin de concientizar sobre la tarea a desarrollar y obtener toda la información posible del edificio (planos, facturas históricas, modificaciones, inventario de instalaciones, etc.)

En una segunda etapa se realiza el recorrido del colegio: áreas administrativas, oficinas, aulas, pasillos, baños, gimnasios con vestuarios y duchas, auditorio, espacios con asientos planos o en gradas, bibliotecas y áreas de cocina y comedor, la sala de música, laboratorios, talleres, estacionamiento y espacios atípicos como natatorios, terrazas, patios, sótanos y zonas contaminadas o sucias.

En un siguiente nivel, que incluye los anteriores, se realiza un análisis detallado de la energía discriminada por usos finales, buscando oportunidades de mejora o cambios en el mantenimiento; ponderando sus costos asociados.



Un nivel superior incluirá análisis más refinados con simulaciones, encuestas y mediciones. El estudio debe incluir un análisis de la Efectividad de las Propuestas y terminar con el Análisis Económico de las mismas.

## 11.5 Procedimiento Típico para un Diagnóstico Energético

Es recomendable implementar anticipadamente varios formularios donde se indiquen los detalles que se enumeran a continuación, a fin de identificar cada dato a recolectar para el diagnóstico. La información debe ser clara y suficientemente explícita para su análisis posterior.

Las fuentes más cercanas para completar los mismos pueden ser:

- Encargado de mantenimiento
- Encuesta a los ocupantes
- Planos del establecimiento
- Facturas de servicios y compras
- Manuales de equipos
- Mediciones específicas
- Adquisidores de datos temporarios

*[Tip de experto: cuando utilice los formularios en el campo no olvide colocar una marca en cada oportunidad de mejora que encuentre. Puede ser reemplazo de un equipo, modificación en el control, recomendación de reparación o limpieza, etc.]*

### **1. Información General**

- ✓ Información básica del establecimiento
- ✓ Planes de inversión y mejora
- ✓ Costos de operación y mantenimiento
- ✓ Función típica de cada área

### **2. Geometría y Envolverte**

- ✓ Diseño de planta y alrededores
- ✓ Superficies opacas
- ✓ Carpinterías
- ✓ Cubiertas
- ✓ Infiltraciones

### **3. Horarios**

- ✓ De ocupación
- ✓ De iluminación
- ✓ De cargas adicionales
- ✓ De HVAC
- ✓ Picos y valles

### **4. Iluminación**

- ✓ Iluminación interior
- ✓ Iluminación exterior

### **5. HVAC y Opciones de Control**

- ✓ Calderas
- ✓ Enfriadores de líquido
- ✓ Torres de enfriamiento
- ✓ Sistemas de bombas y cañerías
- ✓ Manejadoras de aire
- ✓ Compactos y separados
- ✓ Unidades de Fan-Coil
- ✓ Ventiladores
- ✓ Bombas de calor
- ✓ Unidades condensadoras

- ✓ Sistemas de control

## 6. Zonificación térmica

## 7. Agua Caliente Sanitaria

- ✓ Equipos
- ✓ Accesorios
- ✓ Modos de uso

## 8. Otras Cargas y Demandas

- ✓ Natatorios
- ✓ Equipos de cocina
- ✓ Equipos de laboratorios
- ✓ Equipos de refrigeración
- ✓ Ofimática
- ✓ Otros equipos

Luego de la revisión energética descrita anteriormente, pueden surgir oportunidades de mejora para el desempeño energético.

La recolección y el análisis de los datos son la base para priorizar las oportunidades de mejora.

Las oportunidades de mejora comienzan con ideas que se pueden generar a partir del análisis del uso y consumo de energía, la determinación de usos significativos de la energía o de una variedad de otras fuentes. La participación de una amplia gama de personas en este proceso como el personal operativo y de mantenimiento puede ayudar a revelar una gran cantidad de ideas. Estas ideas se convierten en oportunidades a través de examen y refinamiento, utilizando el análisis de datos para determinar el potencial de mejora de desempeño energético y factibilidad.

Algunas herramientas y técnicas para la identificación de oportunidades de mejora son:

- Sugerencias del personal involucrado;
- Otras metodologías de mejora empresarial (por ejemplo, Producción Ajustada, Six Sigma, Kaizen);
- Auditorías energéticas, que varían en costo y complejidad desde auditorías de recorrido a auditorías detalladas;
- Evaluación comparativa interna o externa;
- Especificaciones de equipos y hojas de datos;
- Revisión de mediciones;

- Técnicas de mantenimiento (por ejemplo, evaluaciones de mantenimiento, mantenimiento predictivo);
- Evaluación de la antigüedad, condiciones, operación y el nivel de mantenimiento de las instalaciones;
- Revisión de tecnologías nuevas y emergentes;
- Revisión de estudios de caso;
- Reuniones de equipo, lluvia de ideas, talleres de identificación de oportunidades;
- Listas de oportunidades y los consejos de ahorro de energía disponibles en varios sitios Web de gobierno y organizaciones de eficiencia;
- Monitoreo continuo de sistemas que reportan cualquier desviación de parámetros de desempeño energético preestablecidos (total o parcialmente automatizado);
- Redes de trabajo, seminarios, foros, conferencias de eficiencia energética para intercambiar ideas y experiencias;
- Técnicas de análisis y modelamiento de ingeniería (por ejemplo, revisión curvas de bombas y sistemas)

La priorización a las oportunidades de mejora de desempeño energético comienza con la evaluación. La evaluación implica el análisis de datos para cuantificar las mejoras de desempeño energético esperadas, los beneficios y costos de las oportunidades. La evaluación de las oportunidades puede incluir la factibilidad técnica y consideraciones tales como estrategias para gestión de activos e impactos en el mantenimiento. La evaluación debería incluir beneficios adicionales al desempeño energético e inferirse de examen de interacciones sistémicas siempre que sea posible.

Después de evaluar las oportunidades identificadas, la organización prioriza sus oportunidades de mejora de desempeño energético en base a sus propios criterios y mantiene y actualiza la información en un formato seleccionado por ella.

Los criterios para la priorización de oportunidades de mejora pueden incluir:

- Ahorro de energía;
- Retorno de la inversión u otros criterios de inversión de la organización (capital u operacional);
- Costo de implementación estimado;
- Facilidad de implementación;
- Mejora de impactos ambientales;
- Requisitos legales actuales o potenciales;
- Disponibilidad de financiamiento (interno o externo);

- Impacto y valor de beneficios adicionales (por ejemplo, reducción de mantenimiento, mayor confort, mayor seguridad, mayor rendimiento de producción).

Las organizaciones deberían examinar la lista priorizada de oportunidades para determinar qué oportunidades pueden proceder a un estudio detallado.

La evaluación de oportunidades puede resultar en la determinación de usos significativos de la energía, por ejemplo. En la medida que la concientización sobre el uso eficiente de la energía avanza, se pueden incluir usos de energía adicionales y puede variar para diferentes partes de la organización.

Las gestiones eficaces del cambio y proceso de comunicación adecuadas soportan la actualización oportuna de la revisión energética en respuesta a cambios importantes en instalaciones, equipos, sistemas y procesos

La salida de esta parte de la revisión energética incluye oportunidades priorizadas y recomendaciones para la dirección.

Las autoridades que deben asignar los recursos necesarios deciden si las oportunidades se consideran prioridades para su implementación. Las razones para no implementar las oportunidades se deberán registrar, ya que, de cambiar las condiciones en el futuro, puede priorizar su viabilidad.

## **11.6 El involucramiento de los usuarios y su comportamiento**

El personal necesita ser consciente de cómo sus actividades se relacionan con el uso y el consumo de energía, también entender las consecuencias cuando sus actividades se desvían de los procesos definidos, controles operacionales o de mantenimiento, objetivos y metas. La toma de conciencia del personal ayuda a las organizaciones a fomentar y mantener una cultura consciente de la energía. La eficacia de los procesos que apoyan la toma de conciencia de la energía se puede mejorar continuamente por una variedad de medios. El uso de técnicas de comunicación actualizadas y nuevos materiales de sensibilización pueden ayudar a sostener el programa de toma de conciencia.

Algunos enfoques para promover la conciencia de los usuarios del edificio son:

- Boletines de noticias;
- Reuniones de turno;
- Sesiones de información del personal;
- Formación entregada por el proveedor o suministrador;
- Formación general para la toma de conciencia;
- Talleres;

- Presentación de la alta dirección a través de formatos multimedia;
- Publicaciones en Intranet/tableros;
- Marca corporativa en torno al uso de la energía;
- Afiches;
- Campañas de etiquetado que detallan el consumo de energía de los equipos, procesos y sistemas;
- Programas de incentivos y esquemas de gratificaciones;
- Plataformas y aplicaciones de medios sociales;
- Señalización en equipos (por ejemplo, recordatorio a operadores para apagar cuando no esté en uso).

## 11.7 La comunicación interna

La comunicación eficaz entre los usuarios de las instalaciones fortalece su compromiso y ayuda a motivarlos a contribuir al logro de objetivos y metas energéticas.

A continuación, se listan ejemplos de métodos de comunicación interna:

- Sitios Intranet de la organización
- Correos electrónicos y boletines
- Pizarras de información al personal, revistas de empresa, afiches
- Reuniones de comunicación periódica, seminarios y charlas de seguridad al inicio de la jornada;
- Jornadas y campañas de sensibilización;
- Programas de premios y reconocimiento
- Campañas de etiquetado que detallan el consumo de energía de equipos, procesos y sistemas
- La comunicación interna proporciona información sobre el desempeño energético y puede también incluir:
- Los beneficios financieros obtenidos;
- Los avances en la consecución de objetivos, metas y planes de acción de gestión de la energía;
- Otros beneficios de las mejoras de desempeño energético, como la mejora en la calidad o en el desempeño ambiental;
- Iniciativas para un mejor desempeño energético;
- Puntos de contacto para información;
- Retroalimentación de la revisión de la dirección.

La comunicación debería ser una actividad multidireccional. Los empleados, contratistas o las personas que trabajan en nombre de la organización se deberían alentar a contribuir con comentarios y sugerencias de mejoras en el desempeño energético. Los incentivos y otros premios por las sugerencias que son implementadas pueden ayudar a estimular el interés y la participación en el proceso de sugerencias.

## 11.8 Referencias

- [57] <http://unirae.minem.gob.ar/>
- [58] Procedures for Commercial Building Energy Audits, Second Edition. ASHRAE. <https://www.ashrae.org/resources--publications/>
- [59] Source Book for Energy Auditors, Volume 1. International Energy Agency. 1987.
- [60] Standard 100-2015 - Energy Efficiency in Existing Buildings. ASHRAE.
- [61] Norma ISO 50004: 2014: Sistemas de Gestión de la Energía – Orientación para la implementación, mantenimiento y mejora de un Sistema de Gestión de la Energía.

---

# 12 Guía de Auto diagnóstico

por Gaspar Gazzola

para Ministerio de Energía y Minería

## 12.1 Introducción

Esta guía fue pensada para dar soporte a todos los docentes de Escuelas Técnicas que, luego de haber participado de un curso intensivo de formación para la elaboración de Auto diagnósticos Energéticos en Edificios Escolares, quieren llevar adelante esta propuesta. Dicho curso inició un programa piloto de formación para alumnos y docentes, destinado a desarrollar competencias para la gestión de la eficiencia energética en la edificación, específicamente enfocado a escuelas técnicas; a fin de proveer y refrescar los conocimientos básicos necesarios que les permita realizar un auto diagnóstico energético de cada uno de sus establecimientos.

Los propósitos de esta guía son:

1. Detallar los pasos y procedimientos para encarar, detectar y analizar los consumos energéticos propios de cada escuela.
2. Ayudar a implementar las planillas de inventario y medición que se utilizarán en el recorrido del edificio.
3. Proveer los criterios de discernimiento y selección de las oportunidades de mejora y su vuelco en el informe final.

Esta guía no pretende ser “prescriptiva” ni coartar la libertad de cada docente para que pueda adaptarla como mejor entienda, a su ámbito de aplicación (aula y alumnos) y oportunidad temporal.

## 12.2 El proceso de diagnóstico

Al realizar un análisis o diagnóstico energético se pretende identificar y hallar oportunidades que modifiquen los usos y aplicaciones que reduzcan su consumo. El resultado de este diagnóstico permitirá a las autoridades correspondientes decidir si implementa alguna o todas las recomendaciones sugeridas

Lograr un ahorro energético en el edificio, puede requerir bastante tiempo de control y registro del uso de la energía. Todos los ocupantes deben sentirse invitados a presentar y compartir ideas sobre los posibles cambios en la operación del edificio, para mejorar su rendimiento energético. Los directivos, especialmente el coordinador del área y el personal administrativo, deben conocer y apoyar las iniciativas de eficiencia energética.

El análisis energético incluye los siguientes pasos:

4. Comunicar, instruir e involucrar a las autoridades sobre los objetivos y la importancia de la tarea a realizar.
5. Recolectar y analizar el “historial” del edificio (planos, facturas de servicios, modificaciones, inventario de equipos, planos unifilares, etc.).
6. Realizar un primer recorrido para delimitar el trabajo y familiarizarse con el lugar (por ejemplo aulas del 1º piso, talleres, etc.).
7. Estudiar el edificio y su modo de operación (medir las variables más significativas, completar planillas de clima, facturas, envolvente, equipos y su distribución en el tiempo).
8. Correr las herramientas informáticas con los datos relevados.
9. Informar los resultados y las oportunidades de mejora halladas.
10. Generar uno o dos índices de desempeño energético y proponer planes que den continuidad a la tarea (actividades intra y extra aula, prácticas no rentadas, etc.).

Luego de instruir a los alumnos y actores del diagnóstico y a fin de “no morir en el intento” es clave la distribución y organización de las tareas. Será útil en principio, consultar las fuentes más cercanas como pueden ser:

- Encargado de mantenimiento
- Encuesta a los ocupantes
- Planos del establecimiento

- Facturas de servicios y compras
- Manuales de equipos
- Mediciones específicas
- Adquisidores de datos temporarios
- Datos climáticos

*[Tip de experto: cuando utilice los formularios en el campo no olvide colocar una marca en cada oportunidad de mejora que encuentre. Puede ser reemplazo de un equipo, modificación en el control, recomendación de reparación o limpieza, etc.]*

### **12.3 Criterios de elección de las Oportunidades de Mejora**

Ante todo es bueno recordar que la calificación de bondad de una medida de eficiencia energética debe ser siempre evaluada bajo el paraguas de la seguridad y salubridad de las personas que habitan el edificio.

El autodiagnóstico entregará a los responsables toda la información para reducir los usos y costos energéticos. Puede incluir cambios en la operación y mantenimiento, los ahorros previstos y los costos de implementación y finalmente, describirá el método para verificar la efectividad de la propuesta de mejora.

### **12.4 La comunicación**

Es ampliamente conocido que el comportamiento humano puede horadar el mejor plan de ahorro energético; por eso, el uso de técnicas de comunicación actualizadas y nuevos materiales de sensibilización ayudarán a sostener el programa de gestión energética.

Algunos enfoques para promover la conciencia de los usuarios del edificio son:

- Boletines o boletines de noticias.
- Reuniones de turno.
- Sesiones de información del personal.
- Formación entregada por el proveedor o suministrador.
- Formación general para la toma de conciencia.
- A través de reuniones/talleres de inicio.
- Presentación de la alta dirección a través de formatos multimedia.

- Publicaciones en Intranet/tableros.
- Marca corporativa en torno al uso de la energía.
- Afiches.
- Campañas de etiquetado que detallan el consumo de energía de los equipos, procesos y sistemas.
- Programas de incentivos y esquemas de gratificaciones.
- Plataformas y aplicaciones de medios sociales.
- Señalización en equipos (por ejemplo, recordatorio a operadores para apagar cuando no esté en uso).
- Sitios Intranet de la organización.
- Correos electrónicos y boletines.
- Pizarras de información al personal, revistas de empresa, afiches.
- Reuniones de comunicación periódica, seminarios y charlas de seguridad al inicio de la jornada.
- Jornadas y campañas de sensibilización.
- Programas de premios y reconocimiento.
- Campañas de etiquetado que detallan el consumo de energía de equipos, procesos y sistemas.

La comunicación interna proporciona información sobre el desempeño energético y puede también incluir:

- Los beneficios financieros obtenidos.
- Los avances en la consecución de objetivos, metas y planes de acción de gestión de la energía.
- Otros beneficios de las mejoras de desempeño energético, como el mejor rendimiento académico.
- Iniciativas para un mejor desempeño energético.
- Puntos de contacto para información.
- Retroalimentación de la revisión de la dirección.

La comunicación debería ser una actividad multidireccional. Los alumnos, docentes, empleados, contratistas y las personas que trabajan en la institución, deberían ser alentados a contribuir con comentarios y sugerencias de mejoras en el desempeño energético. Los incentivos y otros premios por las sugerencias que son implementadas pueden ayudar a estimular el interés y la participación.

## 12.5 Anexo. Planillas

A modo de ejemplo se lista a continuación algunas planillas que cada docente adaptará y modificará con sus alumnos y las que luego utilizará para relevar los datos del diagnóstico:

- ✓ Datos Generales del Establecimiento.
- ✓ Envolvente: Superficies Opacas y Superficies Semitransparentes.
- ✓ Facturación Histórica: Electricidad, Gas, Otros.
- ✓ Listado de Equipos (inventario).
- ✓ Registro y Cálculo de Consumos Eléctricos.
- ✓ Equipos de Climatización: Refrigeración, Ventilación y Calefacción.
- ✓ Tabla de Conversión de Combustibles.
- ✓ Resultados: Gráficos, Emisiones de CO<sub>2</sub>, Diagnóstico.
- ✓ Recomendaciones y Medidas Propuestas.

12.5.1 Datos generales

Datos generales del Establecimiento		
<b>Fecha de Diagnóstico</b>		<b>Zona Bioclimática</b>
<input style="width: 95%;" type="text"/>		<input style="width: 95%;" type="text"/>
<b>Nombre del Establecimiento</b>		
<input style="width: 98%;" type="text"/>		
<b>Dirección</b>		
<input style="width: 98%;" type="text"/>		
<b>Ciudad</b>		<b>Año</b>
<input style="width: 95%;" type="text"/>		<input style="width: 95%;" type="text"/>
<b>Provincia</b>		<b>Superficie Total</b>
<input style="width: 95%;" type="text"/>		<input style="width: 95%;" type="text"/>
<b>Coordenadas de Contatos</b>		
Nombre y Ocupación	Telefono y Correo	
<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
<b>Función Típica de Cada Área</b>		
Nombre	Superficie	Ubicación
<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>
<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>
<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>
<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>	<input style="width: 95%;" type="text"/>
<b>Notas</b>		
Indique aquí las últimas reformas, modificaciones o planes de mejora ya planificados. Indique también cómo se realiza el mantenimiento y operación de las instalaciones.		
<input style="width: 98%;" type="text"/>		
<b>OBSERVACIÓN:</b> Esta planilla y las siguientes fueron tomadas y modificadas de <a href="http://www.IUSES.eu">www.IUSES.eu</a> se entregadas "tal cual" y a modo de ejemplo para ser modificadas, completadas y usadas en el diagnóstico energético a realizar como conclusión del "CURSO DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN ESCUELAS TÉCNICAS"		

12.5.2 Superficies opacas

SUPERFICIES OPACAS						
<b>Nombre de zona</b>						Z1
<b>Superficie Total</b>						
<b>Altura Promedio</b>						
<b>Volumen</b>						
<i>La siguiente planilla tiene por objetivo auditar elementos constructivos que componen la envolvente edilicia, y aquellos elementos que</i>						
<b>Nombre de Superficie</b>						
<b>Tipo de cerramiento (Seleccionar)</b>	<b>Pared Exterior</b>	<b>Cubierta</b>	<b>Cielorraso</b>	<b>Piso en contacto c/ambiente no acondicionado</b>	<b>Piso en con c/terreno</b>	<b>Otros</b>
<b>Area de Superficie (m2)</b>						
<b>Perimetro (solo</b>	NO	NO	NO			
<b>Reflectancia solar exterior (%)</b>			NO	NO	NO	
<b>Reflectancia solar exterior (%)</b>						
<b>Posee aislacion Termica</b>						
<b>Espesor</b>						
<b>Prof.de aislación del perimetro</b>	NO	NO	NO			
<b>Espesor de la aislación del perimetro</b>						
	Description				Espesor	Conductividad
Capa 1	Exterior					
Capa 2						
Capa 3						
Capa 4						
Capa 5						
Capa 6						
Capa 7						
<b>Esquemas / croquis</b>						
<i>Utilice este espacio para dibujar las secciones de los sistemas constructivos o tomar nota de elementos opacos</i>						

Muchas auditorias no requeriran este nivel de detalle

12.5.3 Superficies semitransparentes

SUPERFICIES SEMITRANSSPARENTES						
Nombre de zona						<b>Z1</b>
Superficie Total						
Altura Promedio						
Volúmen						
<i>Use esta hoja para describir el tipo de aventanamiento. Imprima esta hoja tantas veces sea necesario.</i>						
Tipo de aventanamiento (seleccionar)	Vertical	Inclinada	Horizontal			
Ubicación						
Ángulo (grados desde la horizontal)						
Angulo Acimutal						
No. De unidades						
Tipo (seleccionar)	Fija	Operable	Puerta de Vidrio	Curtain Wall	Otro	
Antigüedad						
Superficie						
Tipo de Marco	Aluminio	Aluminio C/RPT	Madera	PVC	Otro	
Manufactura (Nombre)						
Manufactura (Modelo)						
Tipo y estilo de ventana	Corrediza	Oscilo-batiente	Batiente	Vasculante	Otro	
Condición general	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
Nivel de Hermeticidad	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
Tipo de Vidrio	Vidrio Simple	DVH	Laminado	Vidrio Tintado	Otro	
Ventana de techo (Curvo)	SI	NO				
Cortinas interiores	Ninguna	Parcial	Total		Protección Solar exterior acontinuación	
Esquemas / croquis						
<i>Utilice este espacio para realizar cualquier esquema que considere util para la auditoria de elementos semitransparentes</i>						
PERFORMANCE	K (W/m2K)		Coeficiente Solar			
	Centro del Vidrio	Ventana Completa	Centro del Vidrio	Ventana Completa		

### 12.5.4 Facturación histórica

#### Datos históricos de Facturación

Se deben indicar facturas de al menos un año atrás de cada servicio energético ingresante al establecimiento. Use varias páginas si es necesario.

**ELECTRICIDAD**

Nombre Distribuidora

Número de Cuenta

Número de Medidor

Tipo de Tarifa

Notas

AÑO

Mes	Periodo facturado		Días del Periodo	Temp. Promedio (°C)	Potencia Contratada (kW)	Potencia Facturada (kW)	Consumo Energía (kWh)			Consumo Energía Reactiva (kVARh)	Factor de Potencia (tq)	Cargo Fijo (\$)	Costo Potencia contratada (\$)	Costo Potencia Utilizada (\$)	Costo Energía (\$)	Penalizaciones (\$)	Impuestos/Otros (\$)	Total Factura (\$)
	Desde	Hasta					Pico	Valle	Resto									
Enero																		\$0
Febrero																		\$0
Marzo																		\$0
Abril																		\$0
Mayo																		\$0
Junio																		\$0
Julio																		\$0
Agosto																		\$0
Setiembre																		\$0
Octubre																		\$0
Noviembre																		\$0
Diciembre																		\$0
<b>Total Anual</b>							\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0

Potencia Pico Demanda (kW)

Costo Anual Total (\$)

Se deben indicar facturas de al menos un año atrás de cada servicio energético ingresante al establecimiento. Use varias páginas si es necesario.

**GAS NATURAL/ENVASADO**

Nombre Distribuidora

Número de Cuenta

Número de Medidor

Tipo de Tarifa

Notas

Se deben indicar facturas de al menos un año atrás de cada servicio energético ingresante al establecimiento. Use varias páginas si es necesario.

**OTRO SERVICIO**

Nombre Distribuidora

Número de Cuenta

Número de Medidor

Tipo de Tarifa

Notas

AÑO

Mes	Fecha de Periodo	Días del Periodo	Temp. Promedio	Demanda Contratada	Cantidad Facturada	kcal	Costo Demandado	Costo Facturado	Impuestos Otros	Total Factura
Enero										\$0
Febrero										\$0
Marzo										\$0
Abril										\$0
Mayo										\$0
Junio										\$0
Julio										\$0
Agosto										\$0
Septiembre										\$0
Octubre										\$0
Noviembre										\$0
Diciembre										\$0
<b>Total Anual</b>						0	\$0	\$0	\$0	\$0

Demanda Pico (kcal)

Costo Anual Total (\$)

AÑO

Mes	Fecha de Periodo	Días del Periodo	Temp. Promedio	Potencia Contratada	Potencia Facturada	Consumo Energía	Costo Demandado	Costo Facturado	Impuestos Otros	Total Factura
Enero										\$0
Febrero										\$0
Marzo										\$0
Abril										\$0
Mayo										\$0
Junio										\$0
Julio										\$0
Agosto										\$0
Septiembre										\$0
Octubre										\$0
Noviembre										\$0
Diciembre										\$0
<b>Total Anual</b>						0	\$0	\$0	\$0	\$0

Demanda Pico (kcal)

Costo Anual Total (\$)





12.5.7 Equipos de climatización

Inventario de equipos de Climatización			
<b>Aire Acondicionado</b>			
<b>Información General</b>			
Ubicación			
Nº de Identificación			
Fabricante			
Modelo			
Nº de Serie		Año de Instalación	Zona de Servicio
<b>Tipo de Unidad</b>			
Rooftop		<b>Tipo Condensador</b>	<b>Datos Compresor</b>
Split		Por Aire	Cantidad
Ventana		Por Agua	RLA
VAV		GSHP	Tensión
VRF		Otro	Fase
Otro			Tipo
			Potencia
<b>Ventilador Condensador</b>			
Cantidad		<b>Ventilador Evaporador</b>	<b>Tipo de Enfriamiento</b>
Tensión		Cantidad	Tipo de Refrigerante
Fase		Tensión	Nº de Circuitos
Potencia Nominal		rpm	Capacidad de Frio
		Potencia Nominal	Potencia Absorbida
		Eficiencia	COP
<b>Tipo de Control</b>			
Termostato Individual		<b>Otros Datos</b>	
Termostato Zona		Vida Util Estimada	
Temporizador			
Centralizado			
Otro			
<b>Notas</b>			
<hr/>			
<b>Calefacción</b>			
<b>Información General</b>			
Ubicación			
Nº de Identificación			
Fabricante			
Modelo			
Nº de Serie		Año de Instalación	Zona de Servicio
<b>Tipo de Unidad</b>			
Estufa		<b>Tipo Equipo</b>	<b>Datos de Caldera</b>
Salamandra		A Gas Natural	Tipo
Pantalla Infrarroja		A Gas Envasado	Modelo
Tubo Radiante		Eléctrico	Capacidad
Caldera		Otro	Vapor/Agua Caliente
Otro			Control
			Otro
<b>Quemador</b>			
Cantidad		<b>Bomba de Recirculación</b>	<b>Instalación</b>
Potencia		Cantidad	Longitud
Control		Tensión	Nº de Circuitos
		rpm	Caudal
		Potencia Nominal	Aislación
		Eficiencia	Controles
<b>Tipo de Control</b>			
Termostato		<b>Otros Datos</b>	
Temporizador		Vida Util Estimada	
Marca			
Modelo			
Otro			
<b>Notas</b>			
<hr/>			

### 12.5.8 Consumo de combustible

#### Consumo de combustible

Tabla de conversión de combustibles utilizados

Conversión de tipos de combustible en kWh					Calculado en base al poder calorífico neto		
Tipo de combustible	Cantidad consumida (por mes)	Unid	Unid	X	Factor de conversión (kWh por unidad)		Total kWh
Gas natural(1)	1	kg	m³	×	13,1 kWh/kg	9,17 kWh/m³	9,17
GLP (butano/propano)		kg	m³	×	12,78 kWh/kg	7,65 kWh/m³	0
Carbón		kg		×	6,65 kWh/kg		0
Gasoil		kg	litro	×	11,75 kWh/kg	10,58 kWh/m³	0
Leña (25 % humedad)		kg		×	3,83 kWh/kg		0
Pelets/briquetas		kg		×	4,67 kWh/kg		0
<b>TOTAL</b>							<b>9,17</b>

La fórmula insertada multiplica el consumo por el factor de conversión kWh / kg. Si tu consumo se expresa en m³ o litros, sólo tienes que cambiar la fórmula en la última columna.

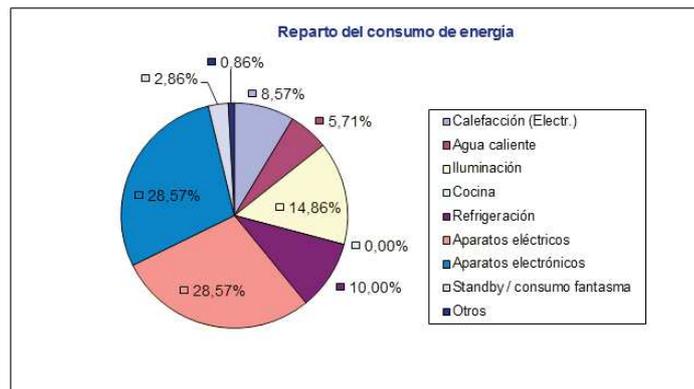
Densidad		
Gas licuado del petróleo(LPG)	kg/litro	0,599
Gasóleo (para calderas)	kg/litro	0,9
Gas natural	kg/m³	0,7

### 12.5.9 Representación gráfica

#### Representación gráfica

Otros dispositivos de consumo de energía	Consumo (kWh)	Porcentaje (%)
Calefacción (Electr.)	300	8,57%
Agua caliente	200	5,71%
Iluminación	520	14,86%
Cocina	0	0,00%
Refrigeración	350	10,00%
Aparatos eléctricos	1000	28,57%
Aparatos electrónicos	1000	28,57%
Standby / consumo fantasma	100	2,86%
Otros	30	0,86%
<b>Total</b>	<b>3500</b>	

Inserta números como en el ejemplo.....Inserta aquí tus consumos



### 12.5.10 Emisiones de CO2

**Cálculo de las emisiones de CO2 equivalente**  
 CONVERTOR DE ENERGÍA CONSUMIDA EN CO2 EQUIVALENTE

PASO 1: Introduce tu consumo en las unidades que correspondan  
 PASO 2: Multiplica los consumos por el factor de emisión relativo (p.e.: si tu consumo energético está expresado en Kg de carbón, multiplícalo por 1,9220)  
 (La multiplicación de CO2 por kWh se da por defecto... por favor cambiala si tu consumo está expresado en otras unidades)

Emisiones de CO2 para los combustibles seleccionados										
Tipo de energía	Inserta aquí tus consumos Consumo	X	kg de CO2 por					kg de CO2 equivalente (1) por kWh	Emisiones	
			kWh	Kg de combustible	Litro de combustible	m³ de combustible	TJ		kg de CO2	kg de CO2 equivalente
Electricidad		X	0.5108	---	---	---	---	0.5387	0.00	0.00
Gas natural		X	0.2019	2.6479	---	1.8535	56100	0.2178	0.00	0.00
Gas licuado del petróleo (LPG)		X	0.2271	2.9026	4.8457	---	63100	0.2440	0.00	0.00
Carbón		X	0.3459	1.9220	---	---	96100	0.3470	0.00	0.00
Gasoil (para calderas)		X	0.2786	3.0960	3.4400	---	77400	0.2800	0.00	0.00
Otros combustibles		X							0.00	0.00
<b>TOTAL</b>									<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

(1) Las emisiones de CO2 equivalente incluye las emisiones de otros gases de efecto invernadero, tales como el CH4 (metano) y el N2O (óxido nítrico). La estimación exacta de las emisiones de CH4 y N2O depende de las condiciones de combustión, así como también de las características del combustible. Por lo tanto, se ha considerado un factor medio.

Datos:			
Densidad:	Gas licuado del petróleo(LPG)	kg/litro	0.599
	Gasoil (para calderas)	kg/litro	0.9
	Gas natural	kg/m³	0.7
Poder calorífico neto (TJ/Gg):	Gas natural	47.2	Carbón 20
	Gas licuado del petróleo(LPG)	46	Fuelóleo 40
Factor de conversión de energía (TJ/kWh):	277800		

Fuentes:  
 - Factores de emisión de CO2 por TJ: "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories, Volume 2: Energy"  
 - Poder calorífico neto: IPCC Guidelines y la DIRECTIVA 2009/32/EC del 5 de abril del 2009 sobre eficiencia energética del uso final de energía y servicios)

12.5.11 Auditoría energética

**Inspección del edificio**

Hoja de auditoría energética

	Normas básicas	Grado de ejecución				Comentarios
		Nunca/hasta	1º fase / A veces	Reguladamente	Siempre/mucho	
	<b>Iluminación y equipos eléctricos</b>					
1	Cuando se dispone de suficiente luz natural o cuando las habitaciones están vacías todas las luces están apagadas	X				Una única persona puede apagar las luces, pero no es una práctica habitual.
2	Las luces de los lugares de paso (baños, pasillos...) están apagadas cuando no se usen.	X				
3	¿Están instalados los balastos electrónicos para permitir un correcto encendido y funcionamiento de las lámparas?	X				
4	Los monitores están completamente apagados o los ordenadores se ponen en modo de espera cuando no están en uso.		X			Los monitores a menudo se dejan encendidos cuando no se usan mientras que los ordenadores suelen pasar a modo de espera.
5	Los periféricos del ordenador, tales como impresora, escáner... deben estar apagados si no se usan.	X				No
6	Todo el alumbrado exterior está apagado durante las horas de luz.		X			No siempre; frecuentemente algunas luces se dejan encendidas durante el día.
7	El alumbrado exterior está apagado por la noche.	X				No
8	Las estufas eléctricas portátiles sólo se deben usar como medida de emergencia siendo autorizada por los directores.		X			Las estufas eléctricas portátiles se deben eliminar, pero algunas habitaciones tienen problemas de calefacción que deberían ser abordados.
9	Los pequeños frigoríficos están prohibidos a menos que existan razones para su uso en circunstancias excepcionales.	X				En nuestra escuela está muy extendido, por lo incómodo de compartir.
10	Adquirir sólo los equipos con mayor eficiencia energética (por ejemplo aquellos con la tarjeta energética más alta o los de Energy Star).		X			Algunos equipos (ordenadores) son Energy Star pero no se ha realizado el esfuerzo suficiente para comprar equipos más eficientes.
11	Un programa consolidado se implementa para garantizar que no se desperdicie energía mediante el uso innecesario de equipos (por ejemplo, desconectar y/o eliminar frigoríficos innecesarios y reducir el número de impresoras mediante la creación de una red de trabajo).	X				No existe ningún plan.
12	Hay sistema de control de iluminación: estabilizador de potencia del alumbrado dependiendo del nivel de luz natural (sensores de luz) o interruptores automáticos (sensores de movimiento) o simplemente temporizadores.		X			Just the toilets are equipped by a timer switch.
13	Programa de limpieza de luminarias.	X				No, no es una práctica habitual. Sólo unas pocas se limpian.
14	Los muros y techos están pintados de colores claros.			X		
15	Las bombillas incandescentes se han sustituido por bombillas de bajo consumo.		X			Sólo en unas pocas habitaciones
	<i>Etc. ...Amplia la lista...</i>					

Calefacción y refrigeración					
1	¿Las ventanas y cortinas están cerradas al terminar el día escolar?		X		Algunas ventanas y persianas se cierran al terminar las clases pero no sistemáticamente. Depende del vigilante.
2	El espacio alrededor del respiradero de la pared o el alféizar de la ventana se mantiene libre de una posible obstrucción.		X		Algunos respiraderos están bloqueados.
3	Las puertas que dan al exterior del edificio no están abiertas más tiempo del necesario.	X			Las puertas, a menudo, se dejan abiertas más tiempo del necesario.
4	Las puertas internas del gimnasio se mantienen cerradas.	X			
5	Los equipos mecánicos de calefacción y refrigeración se revisan regularmente y los problemas se comunican con prontitud.			X	Se inspecciona cada semana por el vigilante.
6	Los grifos de agua caliente están libres de goteos.			X	los goteos son eventuales y se pueden corregir fácilmente.
7	¿Está el techo aislado? (pregunta al director o a tu profesor)	X			No en todas las instalaciones
8	Los equipos de calefacción o refrigeración (conductos, radiadores, rejillas) están libres de cortinas, muebles, mantas, etc.			X	Si, esta práctica ha sido ampliamente aplicada por los vigilantes.
9	Las ventanas llevan instalado sistemas de sombras como aleros o toldos para protección del sol durante el verano?	X			No y no están previstas reformas
10	Las calderas se revisan regularmente y están bien aisladas.			X	Si, las calderas son nuevas y el aislamiento es el apropiado.
11	Los ventiladores de escape están apagados si no son necesarios (gimnasio, baños).		X		
12	Cuando hace calor en la habitación, los radiadores se regulan mediante un termostato y no abriendo las ventanas.		X		No siempre; normalmente las ventanas se abren mientras los radiadores están funcionando.
13	¿Son eficaces los burletes colocados en las puertas?		X		
<i>Etc. ...Amplia la lista...</i>					
Gestión y concienciación					
	Hay carteles que favorecen el ahorro de energía repartidos por la escuela (tales como "Si eres el último apaga la luz" o "cierra la puerta y evita pérdidas de calor", etc)	X			No, pero está planeado para hacerse en un futuro.
	¿Se ha promovido la participación de estudiantes por medio de talleres o concursos?		X		
	¿Se ha creado una comisión de energía o de medioambiente formada por alumnos y profesores con el propósito de fomentar las buenas	X			
<i>Etc. ...Amplia la lista...</i>					

### 12.5.12 Medidas propuestas

#### RECOMENDACIONES Y MEDIDAS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

Usa la tabla de abajo:

- Proposición de una serie de medidas/cambios/intervenciones
- Cálculo de ahorro de energía (aproximadamente)
- Estimación del coste de la acción y del periodo de retorno de la inversión
- Cálculo de emisiones de CO2 evitado

Escribe aquí

Tipo de energía	Unidades	Consumo mensual	Factor de emisiones (kg CO <sub>2</sub> eq/.....)	Precio €/.....
Electricidad (de red)	kWh	3500	0,54	0,19
Combustibles para calefacción				
Gas natural	kWh	3200	0,22	0,20
Gas licuado del petróleo (butano,propano)	litro	0		
Carbón	kg	0		
Gasoil (para caldera)	litro	0		
Otros combustibles				

Cambia los datos de las celdas rojas punteadas según el tipo de combustible utilizado y los precios locales de la energía. Para los factores de emisión y unidades, debes utilizar los mismos datos que aparecen en la hoja de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Presta atención para calcular los valores de abajo, para ello multiplica por los factores correctos de la tabla de arriba. Por defecto, la fórmula considera los datos de gas natural; cambialos de acuerdo al combustible utilizado.

Tipo de energía	Medidas propuestas	Tipo de acción (Comportamiento o Técnica)	% ahorrado	Energía ahorrada	CO <sub>2</sub> evitado kg/mes	Ahorros económicos (€/mes)	Coste de la acción (€)	Periodo de retorno (mes)	Recomendaciones sobre la viabilidad
Térmica	<b>Calefacción</b>								
	Mejora del aislamiento térmico de los muros	T	30%	960,00	209	192	50.000	260,4	En caso de rehabilitación
	Aislamiento con ventanas de doble cristal	T	10%	320,00	70	64	35.000	546,9	Siempre que las ventanas actuales sean de cristal simple y no se hallan instalado recientemente
	Colocación de burletes y sellado del paso del aire en las puertas.	T	25%	800,00	174	160	1.500	9,4	Siempre
	Colocación de cierres automáticos en las puertas que dan al exterior	T	5%	160,00	35	32	2.000	62,5	Siempre
	Colocación de sistemas termoregulados (termostatos y temporizadores)	T	5%	160,00	35	32	1.500	46,9	Siempre
	Mantener las puertas y ventanas cerradas cuando la calefacción o refrigeración están funcionando	C	5%	160,00	35	32	0	0,0	Siempre
	No usar cortinas para cubrir las ventanas durante los días de invierno (ganancia solar) y cerrarlas al final del día escolar (evitar pérdidas de calor)	C	5%	160,00	35	32	0	0,0	Siempre
	En invierno fijar la temperatura a 15°C en baños y pasillos y a 21°C en las habitaciones	C	5%	160,00	35	32	0	0,0	Siempre, excepto durante un invierno muy frío
	No dejar abiertas las puertas al exterior más tiempo del necesario	C	2%	64,00	14	13	0	0,0	Siempre
	Iniciar el sistema de calefacción (caldera) una hora antes del comienzo de la actividad escolar y apagarla al menos una hora antes de terminar dicha actividad	C	5%	160,00	35	32	0	0,0	Siempre, excepto durante un invierno muy frío
	No obstaculizar los equipamientos de la calefacción o refrigeración (conductos, radiadores, rejillas) por cortinas, mobiliario, mantas, etc.	C	2%	64,00	14	13	0	0,0	Siempre
Electricidad	<b>Iluminación y equipamiento</b>								
	Sustituir las bombillas incandescentes por bombillas de bajo consumo	T	15%	525,00	283	100	800	8,0	Siempre
	Instalar sistemas de control del alumbrado (sensores de luz, sensores de movimiento o temporizadores) especialmente en pasillos y baños	T	10%	350,00	189	67	500	7,5	Siempre, en aquellos espacios donde la frecuencia de encendido y apagado es muy alta
	Usar regletas. Los equipos de oficina pueden ir conectados a la misma regleta y se apagan con un único interruptor	T	2%	70,00	38	13	200	15,0	Siempre
	Cuando se dispone de luz natural suficiente o cuando los baños están desocupados todas las luces deben estar apagadas	C	4%	140,00	75	27	0	0,0	Siempre
	Poner en marcha un programa para la limpieza de limpiavidrios	C	2%	70,00	38	13	0	0,0	Siempre
	Todo el alumbrado, incluido el exterior, debe apagarse por la noche	C	10%	350,00	189	67	0	0,0	Siempre
	Los monitores deben estar apagados y los ordenadores en modo de espera cuando no se utilicen	C	3%	105,00	57	20	0	0,0	Siempre

Material escrito y editado como  
apoyo del Curso de Auto  
diagnóstico Energético para  
Escuelas Técnicas.

Editado en INTI-Energía

Argentina, 2017