Anexo N.°1

Guía de construcción sostenible para el ahorro de energía en edificaciones

Versión de diciembre 2016

Tabla de contenido

1. DESCRIPCIÓN 3

1.1 INTRODUCCIÓN 3

1.2 ANTECEDENTES 4

1.3 EDIFICACIONES SOSTENIBLES 4

1.4 METODOLOGÍA 5

1.4.1 CONSIDERACIÓN DEL CLIMA 6

1.4.2 LÍNEAS DE BASE DE CONSUMO DE ENERGÍA 10

1.4.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 13

1.4.4 ANÁLISIS DE COSTOS 18

1.4.5 MATRIZ DE IMPLEMENTACIÓN 20

1.5 PORCENTAJE MÍNIMO DE AHORRO 28

2. ENERGIA – MEDIDAS PASIVAS 30

2.1 Relación Ventana/Pared 31

2.2 Elementos de protección solar 33

2.3 Reflectividad del techo 38

2.4 Ventilación natural 40

3. ENERGIA – MEDIDAS ACTIVAS 43

3.1 Variadores de velocidades para torres de enfriamiento 44

3.2 Unidades de recuperación de calor 45

3.3 Iluminación de energía eficiente 46

3.4 Controles de la iluminación (sensores de ocupantes, temporizadores, conmutación fotoeléctrica u oscurecer) 48

3.5 Sensores de luz día fotoeléctricos para espacios interiores 50

3.6 Agua caliente solar 52

1. DESCRIPCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La **Guía de construcción sostenible para el ahorro de energía en edificaciones** corresponde al Anexo 1 de la Resolución por la cual se establecen medidas de construcción sostenible, se adopta la Guía para el ahorro de energía en edificaciones. Es un documento de referencia para el diseño de nuevas edificaciones eficientes en el consumo de energía.

El **objetivo de la Guía de construcción sostenible** es proporcionar una herramienta para la implementación de estrategias de construcción sostenible para ser aplicadas en los Municipios de todo el país. La guía pretende promover eficiencia energética durante el uso de las edificaciones.

Este proyecto comenzó en 2013 como una iniciativa que examinaba las oportunidades para promover construcción sostenible (edificaciones verdes) en Panamá. A comienzos del 2013 el gobierno panameño a través de la Secretaria Nacional de Energía (SNE), solicitó asistencia a la Corporación Financiera Internacional (IFC – por sus siglas en inglés) para desarrollar una **Guía de construcción sostenible para el ahorro de energía en edificaciones** para Panamá, para mitigar el impacto ambiental del sector de la construcción.

Como resultado de este proceso se definió la **Guía de construcción sostenible para el ahorro de energía en edificaciones** para Panamá, un marco regulatorio para reducir el consumo de energía en las edificaciones nuevas.

La presente **Guía de construcción sostenible para el ahorro de energía en edificaciones** para Panamá, establece la proporción del consumo de energía que se pretende disminuir mediante la implementación de medidas activas y pasivas en el diseño de las edificaciones.

En el capítulo 1, **Descripción**, se describe la metodología llevada a cabo para la **definición de los porcentajes de ahorro establecidos en la resolución**, se presentan los objetivos de disminución del consumo de energía y se presentan las medidas activas y pasivas en el diseño de las edificaciones, cuya implementación permite obtener dichos ahorros.

En el capítulo 2 se describen las medidas a incorporar en el diseño arquitectónico de la edificación, denominadas **medidas pasivas**, para reducir el consumo de energía. **El capítulo 3** describe las medidas relativas a los sistemas mecánicos y eléctricos, que tienen como fin reducir el consumo de energía en los equipos: **medidas activas**.

1.2 ANTECEDENTES

Contexto de construcción sostenible

Globalmente las edificaciones usan una gran cantidad de recursos y emiten diferentes tipos de material contaminante. Más de la mitad de los recursos consumidos globalmente son usados en construcción. Hay poca duda de que para reducir las emisiones de carbono es crucial ocuparse de la sostenibilidad ambiental a largo plazo de la industria de la construcción y de la subsecuente ocupación de las edificaciones.
Se entiende por construcción sostenible el **conjunto de medidas pasivas y activas**, en diseño y construcción de edificaciones, que permiten alcanzar los porcentajes mínimos de ahorro de energía señalados en la presente resolución, encaminadas al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y al ejercicio de actuaciones con responsabilidad ambiental y social.

¿Qué significa construcción sostenible?

A partir de una visión integral, una construcción sostenible es aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de energía, agua y materiales de un modo eficiente y provee confort y salud a sus usuarios. Todo esto es alcanzado gracias a un proceso de diseño consciente del clima y la ecología del entorno donde se construye la edificación.

1.3 EDIFICACIONES SOSTENIBLES

La definición de edificaciones sostenibles es amplia y cubre un **amplio rango de aspectos**. Los aspectos típicos que caben dentro del espectro de edificaciones sostenibles incluyen:

- Eficiencia energética
- Eficiencia en agua
- Materiales de construcción de baja energía embebida
- Calidad del ambiente interior
- Sostenibilidad del emplazamiento
- Edificaciones y entorno exterior
- Sostenibilidad urbana

Como estrategia, en la guía se han incluido solamente aquellos aspectos que:

- Tienen el mayor impacto ambiental
- Son fáciles de implementar
- Son completamente medibles sin ambigüedad

Por lo tanto, se decidió que el siguiente aspecto fuera tomado en la primera fase de creación de una guía nacional de construcción sostenible: **la eficiencia energética de las edificaciones**. Este enfoque tendrá el impacto más tangible, alcanzable y medible en emisiones de gases de efecto invernadero y de producción y consumo de energía.

1.4 METODOLOGÍA

El **consumo de energía** en las edificaciones está condicionado por el diseño arquitectónico y constructivo de la edificación y por los patrones de comportamiento de los usuarios. La Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de energía tiene como objetivo **ofrecer una herramienta a diseñadores y constructores** en la selección de medidas para reducir el consumo de energía, incidiendo en el diseño de la edificación, según el tipo de edificación.

Para elaborar la guía se siguió **una metodología basada en un análisis costo-beneficio de diferentes medidas tanto pasivas** (se incorporan en el diseño arquitectónico de las edificaciones y propenden por el aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno, maximizando las fuentes de control térmico, ventilación y reducción energética naturales para crear condiciones de confort para sus ocupantes) **como activas** (el uso de sistemas mecánicos y/o eléctricos para crear condiciones de confort al interior de las edificaciones, tales como calderas y aire acondicionado, ventilación mecánica, iluminación eléctrica, entre otras).

La metodología parte de la **identificación de las condiciones climáticas** - temperatura y humedad relativa - características del país. El clima es el factor más determinante en el consumo de energía y su comprensión permite establecer condicionantes para el diseño con el fin de evitar una incidencia negativa de las condiciones ambientales en el confort del edificio.

La segunda fase corresponde a la **definición del consumo promedio de energía según el tipo de Edificio: la Línea base.** En la elaboración de la línea base se tuvieron en cuenta los sistemas constructivos más comúnmente utilizados en los últimos 5 años y los perfiles de uso (horario, ocupación, sistema de iluminación, sistema de aire acondicionado, etc.) característicos según el tipo de edificación.

Posteriormente se realizó **un análisis de sensibilidad**, es decir, una simulación del comportamiento energético de los edificios según el valor de la línea de base, con el fin de identificar el potencial de ahorro de energía de diferentes medidas.

Para determinar el **costo de implementación** de las medidas y el periodo de retorno de inversión se llevó a cabo un análisis de costos.

Finalmente, las medidas fueron clasificadas según su potencial de ahorro de energía, su costo de implementación, el periodo de retorno de la inversión, la disponibilidad en el mercado y la facilidad de inclusión. El resultado es una herramienta de toma de decisiones denominada **Matriz de Implementación**, la cual correlaciona cada medida según los criterios anteriormente mencionados y el tipo de edificación.

Con base del estudio realizado **se recomiendan una serie de medidas a implementar en las nuevas edificaciones y se establece el potencial de ahorro de recursos** gracias al uso de tales estrategias.

1.4.1 CONSIDERACIÓN DEL CLIMA

1.4.1.1 Clasificación de los climas en Panamá

Según la clasificación de Köppen, Panamá tiene 5 tipos de clima, donde los tres siguientes (Afi, Ami y Awi) pueden ser considerados predominantes. Estos tres climas son muy similares, con una distinción principal que es el nivel de precipitación.

Climate	Afi Tropical very humid	Ami Tropical humid	Awi Tropical Sabana
Annual rainfall	> 2,500 mm	+/- 2,500 mm	>1,000 mm
Average temperature In the coldest month	18ºC	16ºC	18ºC

Source: CONTRALORIA General of the Republic of Panama (http://www.contraloria.gob.pa/inec/archivos/p28813.pdf)

- Principales climas de Panamá

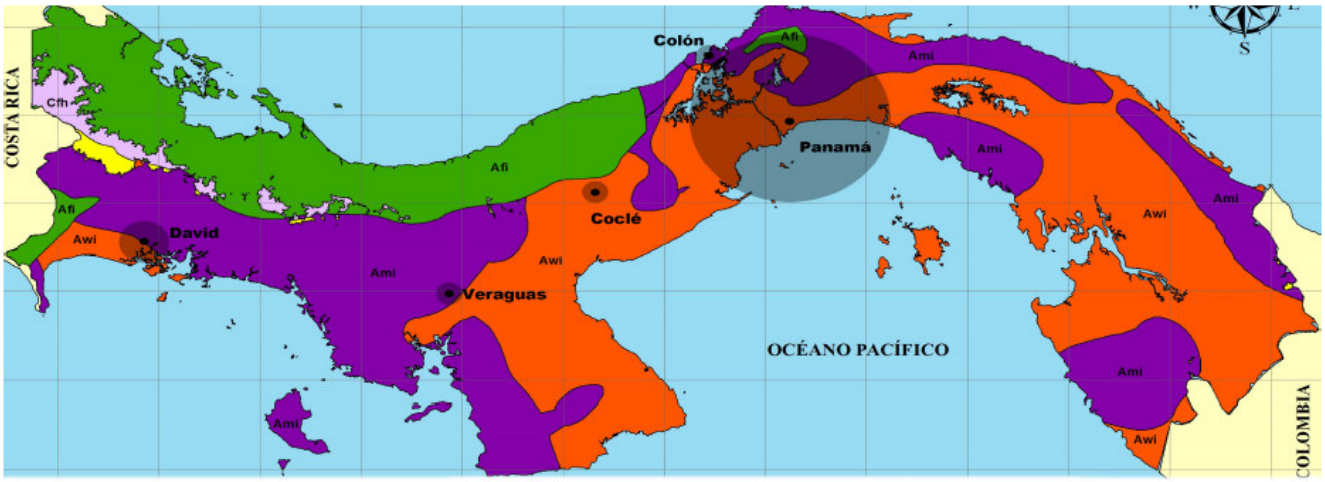
El análisis de los datos 2013 revela que la Ciudad de Panamá es la ciudad más poblada del país con el 52 % de la población del país y viviendas. Además, las cinco áreas más pobladas del país (el 83 % de las viviendas del país) son localizadas en una zona de clima Awi-Ami.

Province	Climate	Surface (km²)*	Population 2013**	%	Accumulated	Homes***	%	Accumulated
Panamá	Awi	11,289.4	1,990,042	52%	52%	472,473	52%	52%
Chiriquí	Awi - Ami	6,490.9	445,098	12%	63%	113,695	13%	65%
Veraguas	Awi - Ami	10,587.5	242,539	6%	70%	60,462	7%	72%
Colón	Ami	4,575.5	268,002	7%	76%	63,961	7%	79%
Coclé	Awi	4,946.6	252,233	7%	83%	57,411	6%	85%
Herrera		2,362.0	117,530	3%	86%	32,686	4%	89%
Los Santos		3,809.4	94,785	2%	89%	29,496	3%	92%
Ngäbe-Buglé		6,814.2	187,824	5%	93%	26,353	3%	95%
Bocas del Toro		4,657.2	147,571	4%	97%	24,809	3%	98%
Darién		11,892.5	53,025	1%	99%	12,027	1%	99%
Kuna Yala		2,358.2	40,733	1%	100%	5,086	1%	100%
Emberá		4,393.9	11,353	0%	100%	1,954	0%	100%
Total		**74,177.3**	**3,850,735**	**100%**		**900,413**	**100%**	

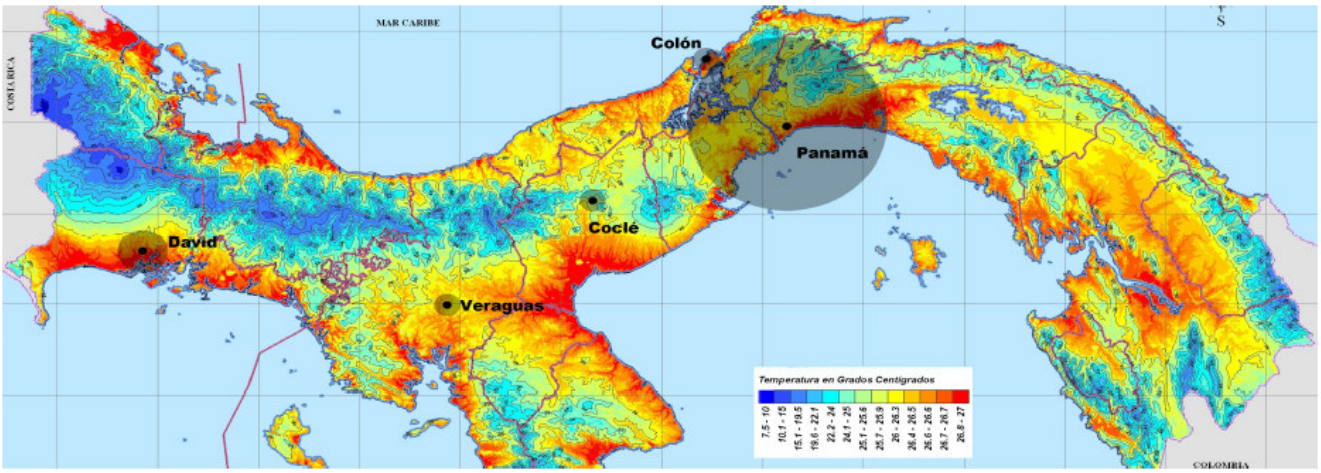
** Contraloría General de la República de Panamá. Cuadro P6221. algunas características de la división política-administrativa en la república de panamá, según provincia, comarca indígena y distrito: año 2013*
*** Contraloría General de la República de Panamá. Cuadro 211-02. Estimación de la población total en la República, por provincia,*
**** Contraloría General de la República de Panamá. Cuadro 1. Viviendas ocupadas y personas que las habitan en la República,. 2010*

- Clasificación de las provincias de Panamá según el clima y la población

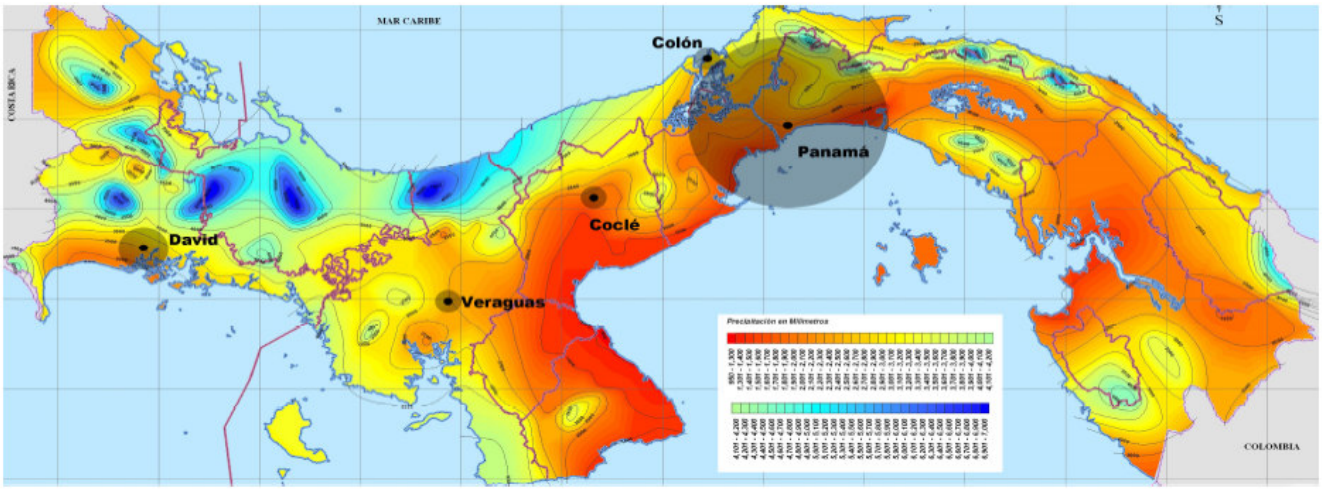
Considerando la similitud entre el clima Awi y el clima Ami, y porque la Ciudad de Panamá es la ciudad más representativa del país (en términos del mercado de construcción y la población), el estudio se ha enfocada en la ciudad de Panamá. Sin embargo, las conclusiones obtenidas durante este estudio son aplicables a una gran parte del país.



- Clasificación de los climas de Panamá



- Promedio de temperatura en Panamá



- Promedio de precipitación en Panamá

Fuente: ETESA

1.4.1.2 Confort térmico

El **confort térmico** es la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico (requiere evaluación subjetiva). Las condiciones de confort dependen de la actividad física desarrollada y del tipo de vestimenta de los ocupantes del edificio.

El confort térmico no sólo depende de la temperatura y la humedad relativa. Factores como las características del tipo de trabajo y otros factores del ambiente como la presión de vapor en el aire y la velocidad del aire, determinan si una persona se encuentra en condiciones de confort. Existen diferentes métodos para determinar si existen o no las condiciones de confort térmico.

Para definir el nivel de confort térmico, una de las últimas investigaciones ha sido realizada por A. Auliciems, estableciendo la Temperatura Neutra y los rangos de comodidad superiores e inferiores:

Nt (*Neutral temperature*, Temperatura Neutra) = 17.6 + 0.31 Mt (*Mean temperature*, Temperatura promedia)

Cz (*Comfort zone*, zona de Confort) = Nt ± 2.5ºC

Después de esta fórmula los siguientes valores son obtenidos: **La Temperatura Neutra para Panamá es 26ºC, con un rango de confort entre 23.5ºC y 28.5ºC.**

Estos son valores indicativos, ya que las temperaturas de confort térmico habituales en edificios tienden a ser inferiores según los datos recogidos en edificios. **El confort térmico se establece alrededor de 21ºC.**

1.4.1.3 Características principales del clima representativo para Panamá

A partir de las informaciones de la estación meteorológica de Aeropuerto de Tocumen WMO 787920, la ciudad de Panamá tiene un clima caliente con un **promedio anual de 78 % de humedad** y una **temperatura mensual promedia alrededor de 27ºC**. La temperatura anual promedia durante el día es 29ºC, con una temperatura promedia mensualmente máxima alrededor de 36ºC, y con una temperatura promedia anual mínima alrededor de 17ºC.

A pesar de una cobertura nubosa anual importante (con un cielo claro durante 12 % de las horas), **la radiación solar global** (directa y difusa puede alcanzar 1,168W/m², y con una **radiación solar diaria promedia anual de 5,6kWh/m ²/día.** La ciudad de Panamá está localizada en 9º 00'N/79º 30'O. Su latitud hace que **la radiación solar es casi vertical a lo largo del año, y es bastante alta.** Es unas de las razones que explican las temperaturas altas en el país.

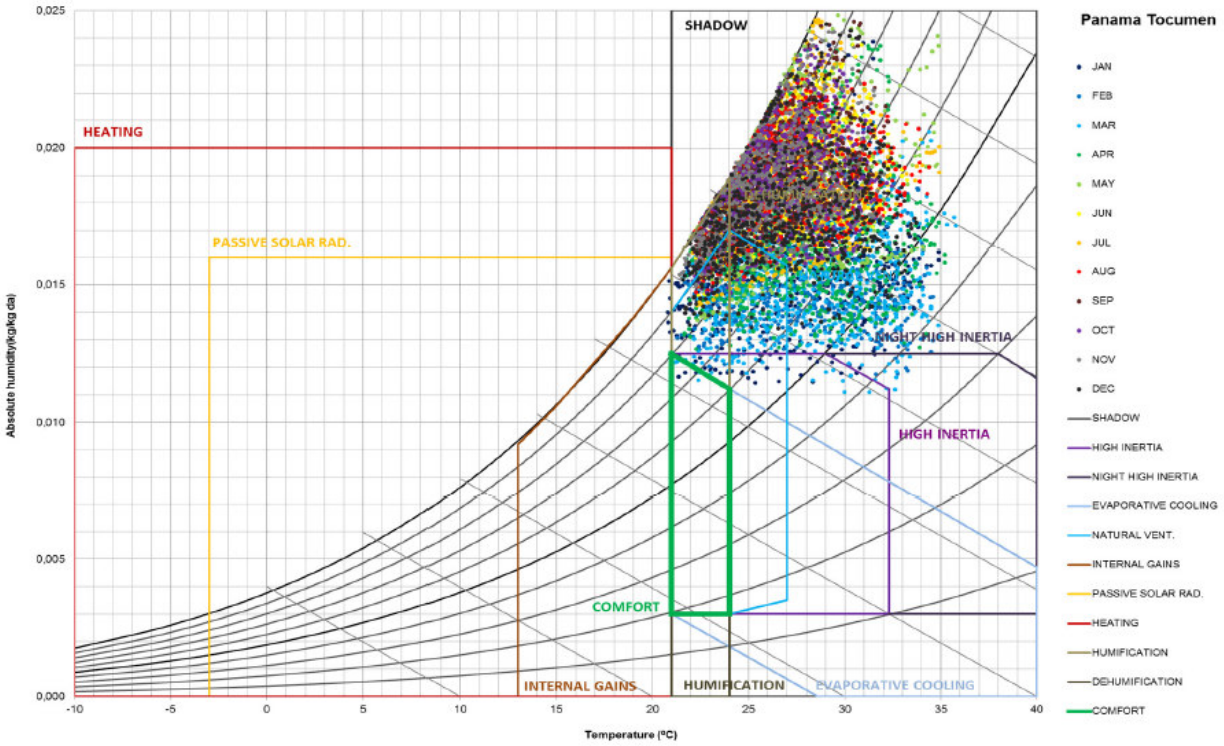
La **velocidad de vientos** promedia en la ciudad no es alta, con un promedio anual de 1,8m/s que no ayuda en reducir la sensación de calor.

El **nivel mensual de precipitación promedio** está alrededor de 150mm (1,800mm/año) y sobre todo concentrados entre mayo y noviembre, según los datos históricos de ETESA.

1.4.1.4 Estrategia bioclimática

La **arquitectura bioclimática** tiene en cuanta el clima y las condiciones ambientales para alcanzar niveles de confort térmico dentro de una edificación. La arquitectura tradicional de cada región es por lo general un buen ejemplo de las estrategias que deberían ser usadas para el diseño de nuevos edificios.

Con temperaturas promedias diarias alrededor de 27ºC (encima de los rangos de confort térmico) y un máximo promedio de más de 31ºC, la estrategia bioclimática principal es de **evitar y reducir la ganancia de calor** en un edificio. Usando el gráfico de Givoni (*California Energy Code Comfort Model*, 2008) para Panamá, se puede definir una estrategia bioclimática para nuevos edificios.



- Gráfico de Givoni y las principales estrategias bioclimáticas

(Datos de la estación Aeropuerto Tocumen WMO 787920 Panamá)

En resumen, **el control solar es la estrategia principal** para reducir la demanda en energía:

- Sistemas de control solar
- Alta reflectividad con materiales de colores claros
- Alta inercia térmica
- Ventilación natural

1.4.2 LÍNEAS DE BASE DE CONSUMO DE ENERGÍA

La **línea de base** corresponde a la definición del **consumo promedio de energía** según el tipo de edificio. En la elaboración de la línea base se tuvieron en cuenta los sistemas constructivos más comúnmente utilizados, más recién (menos de 5 años) y los perfiles de uso (horario, ocupación, sistema de iluminación, sistema de aire acondicionado, etc.) característicos según el tipo de edificación.

Como primer paso en el proceso de crear la línea base se llevó a cabo la **recolección de datos** extensiva. Esto es necesario para entender las tendencias actuales en la construcción en los siguientes aspectos:

- Tendencias de crecimiento poblacional y datos
- Tipos de edificaciones
- Tendencias en tamaños de edificaciones
- Especificaciones técnicas de las edificaciones (civil-arquitectónicas, eléctricas, mecánicas, hidráulicas, etc.
- Distribución de las edificaciones (tipo y tamaño) en la ciudad de Panamá
- Tendencias en crecimiento de la construcción
- Regulaciones actuales en energía
- Niveles actuales de despliegue de tecnología de construcción verde en edificaciones
- Tendencias en consumo de energía

La **recolección de datos** se llevó a cabo a través de **varias instituciones públicas, empresas y otras fuentes**. Las agencias principales involucradas en suministrar la información fueron la Secretaria Nacional de Energía (SNE) y el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF):

- Estudio de eficiencia energética y uso final de energía (SNE)
- Encuestas y consumos de energía en la República de Panamá – Sector residencial, 2001 (SNE)
- Encuestas y consumos de energía en la República de Panamá – Sector servicios y comercios, 2001 (SNE)
- Estrategia para la promoción de la eficiencia energética y plan de acción; Programa de eficiencia energética para los sectores público y privado; Términos de referencia para la implementación de un programa de eficiencia energética para el sector público (MEF, Comisión política de la energía, 2002)
- Encuestas sobre el uso final de energía en el sector residencial urbano y rural en la Provincia de Panamá, 2011 (Consultoría Interdisciplinaria en desarrollo CID/GALLUP SA, SNE)

Como parte de la evaluación del mercado, se hizo una **recolección de datos y estadísticas de algunos edificios existentes** en la ciudad de Panamá. La información de los edificios considerados representativos para ser construidos en la ciudad de Panamá, en un futuro próximo, fue recogida por una empresa local (Ingeniería Carpen S.A.). Diferentes tipos de edificios fueron estudiados: viviendas, oficinas, hoteles, comercios-mall, edificios de salud y de educación.

El objetivo de este proceso fue reunir, la información necesaria, de datos estadísticos y datos reales de construcción para crear los modelos de energía virtuales.

Los datos fueron luego analizados en detalle para llegar a las líneas de base. Además, estas líneas de base fueron enviadas y compartidas a diversas partes interesadas, tales como los municipios de Panamá y de San Miguelito, la Cámara Panameña de la Construcción (CAPAC), la Sociedad Panameña de Ingenieros y Arquitectos (SPIA), el Green Building Council de Panamá, Universidades Públicas y Privadas (Facultad de Ingeniería y Arquitectura), y el sector privado para su validación. Las siguientes tablas muestran el consumo promedio de energía en las edificaciones según su uso y de acuerdo al clima.

	kWh/m^2/año	Aplicación	Descripción
VIVIENDAS	80	Todas o a partir de 60m^2	Vivienda (excluyendo vivienda de interés social con unidades a partir de 60m^2 (casas o apartamentos) (Para el cálculo no se incluyen los espacios exteriores y de estacionamientos)
OFICINAS	202	Todas	Todo tipo de oficinas sin restricciones de tamaño.
HOTELES	172	A partir de 50 habitaciones	Todos tipos de hoteles a partir de 50 habitaciones
CENTROS COMERCIALES	290	A partir de 50 000 m^2	Centros comerciales a partir de 50 000 m^2 (Para el cálculo no se incluyen los espacios exteriores y de estacionamientos)
HOSPITALES	376	A partir de 1500 m^2	Hospitales y centros de salud a partir de 1500 m^2 (Para el cálculo no se incluyen los espacios exteriores y de estacionamientos)
CENTROS EDUCATIVOS	100	A partir de 8 200 m^2	Universidades y escuelas a partir de 8200 m^2 (Para el cálculo no se incluyen los espacios exteriores y de estacionamientos)

- Línea base de consumo de energía para cada tipo de edificaciones, en kilowatt por hora por metro cuadrado por año (kWh/m^2/año)

VIVIENDAS

La línea de base del consumo energético para viviendas, y los ahorros que se pueden lograr son pertinentes para unidades superiores a 60 m^2 de construcción. Por el tipo de cliente residencial, y por el tamaño de los proyectos, esta línea de base no aplica para proyectos de vivienda de interés social. El estudio de mercado concluye que el tipo de vivienda representativo para nuevas construcciones son unidades entre 80 y 150 m^2.

Los porcentajes de ahorro de energía son aplicables a todo tipo de vivienda nueva (excluyendo viviendas de interés social), con unidades a partir de 60m^2 de construcción.

OFICINAS

La línea de base del consumo energético para oficinas, es pertinente para todo tipo de oficina sin distinción de tamaño.

Los porcentajes de ahorro de energía son aplicables a todo tipo de oficina nueva sin distinción de tamaño.

HOTELES

La línea de base del consumo energético para hoteles, y los ahorros que se pueden lograr son pertinentes para hoteles con un mínimo de 50 habitaciones. El estudio de mercado concluye que el tipo de hotel representativo para nuevas construcciones son hoteles de 50 a 200 habitaciones, y entre 2000 y 15000 m^2 de construcción.

Los porcentajes de ahorro de energía son aplicables a todo tipo de hotel nuevo, con un mínimo de 50 habitaciones.

CENTROS COMERCIALES

La línea de base del consumo energético para centros comerciales, y los ahorros que se pueden lograr son pertinentes para edificios a partir de 50 000 m^2, tipo mall. El estudio de mercado concluye que el tipo de centro comercial representativo para nuevas construcciones son edificios entre 100 000 m^2 y 225 000 m^2 de construcción, para la ciudad de Panamá.

Los porcentajes de ahorro de energía son aplicables a todo tipo de centro comercial nuevo, a partir de 50 000 m^2 de construcción.

HOSPITALES

La línea de base del consumo energético para hospitales y centros de salud, y los ahorros que se pueden lograr son pertinentes para edificios a partir de 1 500 m^2. El estudio de mercado concluye que el tipo de centro de salud representativo para nuevas construcciones son edificios de 1 800 m^2 de construcción.

Los porcentajes de ahorro de energía son aplicables a todo tipo de centros de salud, hospitales y clínicas nuevos, a partir de 1500 m^2 de construcción.

CENTROS EDUCATIVOS

La línea de base del consumo energético para centros educativos, y los ahorros que se pueden lograr son pertinentes para edificios a partir de 8 200 m^2 de construcción. El estudio de mercado concluye que el tipo de centro educativo representativo para nuevas construcciones son edificios de 12 500 m^2.

Los porcentajes de ahorro de energía son aplicables a todo tipo de centro educativo, a partir de 8 200 m^2.

1.4.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

La información recogida para la creación de la línea base se utilizó en la creación de un modelo. Este modelo fue creado en software de modelamiento de energía para edificación. Para cada una de las seis tipologías de edificios, se han desarrollado **Modelos de Simulación Dinámica** a partir de las líneas de base de consumo de energía y de los análisis del sector de la construcción. También, estos modelos han sido calibrados con características de edificios reales.

Estos modelos virtuales para la energía son modelos simplificados de verdaderos edificios, modelados para **alcanzar conclusiones válidas para la mayor parte de los edificios.**

El **análisis de sensibilidad** analiza los ahorros que podrían ser alcanzados con la introducción de medidas para reducir el consumo de energía (basado en la metodología EDGE de IFC Banco Mundial) cuando ellas son aplicadas al diseño de un edificio.

Un **período de reembolso simplificado** está calculado para cuantificar y evaluar la eficacia de cada medida de un punto de vista rentable.

A continuación, una **lista de medidas para la eficiencia energética** que se han estudiado con los Modelos de Simulación Dinámica. Al final de este análisis, se llega a un set de medidas que darán los mayores ahorros en energía. Estos fueron entonces considerados para análisis futuros que formaron la base de la matriz de implementación.

Lista de medidas

Las medidas de eficiencia energética son los métodos que se pueden llevar a cabo mientras se diseña y construye el edificio que ayudarán a mejorar la eficiencia energética del mismo. Las medidas que se han considerado en el análisis de sensibilidad para la guía de construcción sostenible para el ahorro de energía se dividen en medidas pasivas y medidas activas.

1.4.3.1 MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PASIVAS

Medidas de Eficiencia Energética Pasivas que tienen que ver con los aspectos civiles-arquitectónicos del diseño de edificaciones. Estas características determinan la manera, forma y detalles del cerramiento del edificio que tienen relación directa con su eficiencia energética.

1. **Relación Ventana / Pared**: Esta es la relación del área de ventanas u otras áreas de vidrios con el área bruta de pared exterior llamada Relación Ventana/Pared (RVP). Las ventanas generalmente transmiten calor hacía dentro del edificio a una tasa mayor que las paredes. Por tanto, un edificio con RVP mayor ganará más calor que un edificio con un RVP menor.

2. **Sombreamiento - Horizontal**: En los climas tropicales donde la ganancia de calor en el edificio se vuelve una desventaja, las ventanas con sombra ayudan a reducir la ganancia de calor hacia el edificio. Los dispositivos de sombra horizontal (también llamados aleros) son usados arriba de los vanos de las ventanas protegiendo así a las ventanas de la radiación solar directa. Estos son usados en superficies de paredes donde la radiación solar incidente viene en un ángulo de valor alto con respecto al eje.

3. **Sombreamiento - Vertical**: Los dispositivos de sombra vertical (también llamados aletas) son usados a los lados de los vanos de las ventanas protegiendo así a las ventanas de la radiación solar directa. Estos son usados en superficies de paredes donde la radiación solar incidente viene en un ángulo de valor bajo con respecto al eje.

4. **Sombra - Combinada**: Una combinación de dispositivos de sombra horizontal y vertical se usan en las fachadas que experimentan ángulos altos y bajos del sol durante distintas épocas del año. Esto también se llama sombra de canasta de huevo o retícula.

5. **Valor U del Vidrio**: El Valor U es la transmisión de calor en unidad de tiempo a través de una unidad de área de un material o construcción y las películas de aire del borde, inducido por la diferencia de temperatura unitaria entre los entornos a cada lado. Las unidades de Valor U son $W/m^2/{}^{\circ}K$. [Derivado de ASHRAE 90.1-2004]. La tasa de pérdida de calor de una ventana se indica en términos de su valor U. Entre más bajo el Valor U, mayor es la resistencia de una ventana al flujo de calor y mejores sus propiedades aislantes.

6. **Coeficiente de ganancia de calor del Vidrio**: SHGC es la relación de la ganancia de calor solar que ingresa al recinto a través del área de la ventana. La ganancia de calor solar incluye el calor solar transmitido en forma directa y la radiación solar absorbida, que luego es re-irradiada, conducida o enviada al recinto por convección. Más específicamente, la relación SHGC es la cantidad de calor admitido a través del vidrio versus el calor total incidentes sobre el vidrio en virtud de la radiación solar directa, y se refleja como un sencillo porcentaje o fracción. [Derivado de ASHRAE 90.1-2004].

7. **Valores del conjunto de acristalamiento**: Se requiere una combinación de Valor U y SHGC para seleccionar el tipo correcto de vidrio.

8. **Valor U muro**: La tasa de pérdida de calor de una pared se indica en términos de su valor U. Entre más bajo el Valor U, mayor es la resistencia de una pared al flujo de calor y mejores sus propiedades aislantes. El aislamiento ayuda a reducir el Valor U de la Pared.

9. **Valor U cubierta**: La tasa de pérdida de calor de un techo se indica en términos de su valor U. Entre más bajo el Valor U, mayor es la resistencia de un techo al flujo de calor y mejores sus propiedades aislantes. El aislamiento ayuda a reducir el Valor U del techo.

10. **Reflectividad Pared**: El Albedo/Reflectancia de la Pared cuantifica la reflectividad de la radiación solar incidente de la pared. Específicamente, es la relación de radiación solar reflejada del material de la superficie relativa a la radiación solar incidente sobre esta. Tratándose de una fracción sin dimensión, también se puede expresar como porcentaje, y se mide en una escala de cero para la potencia de reflejo nula de una superficie perfectamente negra, hasta 1 para el reflejo de una superficie perfectamente blanca.

11. **Reflectividad techo**: El Albedo/Reflectancia de la cubierta cuantifica la reflectividad de la radiación solar incidente del techo.

12. **Estanqueidad**: Esta es la medida de la resistencia del edificio a las fugas de aire entrantes o salientes. La fuga de aire excesiva dentro o fuera del edificio resulta en aumentos de consumo de energía debido a que los equipos de calefacción/enfriamiento tienen que trabajar más duro para mantener las temperaturas internas a los niveles deseados.

13. **Ventilación Natural**: El proceso de suministrar y remover aire a través de un recinto interno sin usar sistemas mecánicos.

1.4.3.2 MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ACTIVAS

Medidas de Eficiencia Energética Activa tratan del equipo que está instalado en el edificio con relación al aire acondicionado, iluminación y potencia eléctrica. Las medidas indicadas abajo ayudan a mejorar el desempeño energético del edificio.

• **Iluminación**

14. **Iluminación natural - Control fotoeléctrico de la iluminación perimetral**: Hay momentos en los que los usuarios de un edificio encienden las luces pese a tener luz día adecuada. Esto resulta en desperdicio de energía. Los controladores fotoeléctricos sienten la disponibilidad de luz día dentro de las edificaciones y apagan o encienden las luces según haga falta. Se sabe que esto aumenta la eficiencia energética de las edificaciones.

15. **Densidad de potencia de luz [LPD - W/m²]:** La densidad de la potencia de luz es la potencia eléctrica total usada por las luces instaladas en el edificio dividido por el área total del edificio. Para un nivel de iluminación dado, entre más bajo el LPD, más eficiente el edificio. Depende directamente del uso de lámparas eficientes en energía.

16. **Controles [sensores de ocupantes, Zonificación]**: Los controles de iluminación que perciben la ocupación de un área y en consecuencia encienden/apagan las luces son útiles en las oficinas y otros tipos de edificaciones.

17. **Controles iluminación exterior:** Los controles basados en temporizadores o de nivel de luz exterior son útiles para reducir el consumo energético de las edificaciones.

• **HVAC - Heating, Ventilation y Air Conditioning (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado)**

18. **Economizadores de aire (W/m²):** Son equipos que se instalan en los sistemas de aire acondicionado que admiten aire fresco cuando la temperatura ambiente exterior se equiparan con los niveles de temperatura interior deseadas. Este equipo también detiene la operación del chillers ahorrando así energía.

19.**Coeficiente de desempeño (COP) del aire acondicionado** se define como la relación entre la tasa de remoción de calor a la tasa de entrada de energía, en unidades consistentes, para un sistema AC completo o alguna porción específica de dicho sistema bajo condiciones operativas designadas. [ASHRAE 90.1-2004]. Esto mide la eficiencia del sistema de aire acondicionado. Entre más alto el COP, mejor la eficiencia. El COP de los chillers varía con base en el tipo de sistema AC y van de 3 a 6.

20. **Variadores de frecuencia (VSD) para torres de Enfriamiento**: Variadores de frecuencia (VSD) son usados para controlar la velocidad de la maquinaria. Cuando las condiciones del proceso demandan ajuste del flujo de una bomba o ventilador, variando la velocidad del transmisor puede ahorrar energía comparado con otras técnicas para control de flujo.

21. **Sensores de Monóxido de Carbono (CO) para ventilación de estacionamiento vehicular**: El Monóxido de Carbono es un gas inodoro e incoloro que se encuentra presente en los humos de escape de los vehículos a motor. Si se encuentra presente en concentraciones grandes, puede ser fatal. Por tanto, es un ítem de seguridad importante a ser considerado para la ventilación de parqueaderos vehiculares.

22. **Sensores de dióxido de carbono (CO_2) para suministro de aire fresco:** Esto es usado como instrumento para la medición del gas dióxido de carbono. Los principios más comunes para sensores CO_2 son sensores de gas infrarrojos (NDIR) y sensores químicos de gas. La medición del dióxido de carbono es importante en el monitoreo de la calidad interior del aire.

23. **Variadores de frecuencia (VSD) para Bombas**: Son usados para controlar la velocidad de la maquinaria. Cuando las condiciones del proceso demandan ajuste del flujo de una bomba o ventilador, variando la velocidad del transmisor puede ahorrar energía comparado con otras técnicas para control de flujo.

24. **Recuperación de calor de aire de retorno:** Estas unidades utilizan un intercambiador de calor de contraflujo para extraer el calor del aire de escape y reutilizar el mismo para la calefacción/enfriamiento del aire fresco. Esto ayuda a aumentar la eficiencia energética del sistema de aire acondicionado.

25. **Ventilador VFD-UMA**: Tener variadores de frecuencia al motor ventilador UMA reduce mucho consumo energía en el edificio.

26. **Agua Caliente Solar**: Los sistemas están diseñados para dar agua caliente casi todo el año usando ganancias solares como fuente combustible.

• Potencia Eléctrica

27. **Eficiencia de Ascensores & Escaleras Mecánicas:** Los motores operan ascensores y escaleras mecánicas. Los motores eficientes ayudan a disminuir el consumo de energía del edificio.

28. **Sub-medición de electricidad:** Estas medidas no ayuda en la reducción directa de energía. Sin embargo, si ayuda al administrador del edificio a entender la distribución del consumo de energía y, por ende, suministra suficientes datos sobre los que se puede llevar a cabo una acción de conservación de energía/corrección de comportamiento.

29. **Corrección de factor de potencia**: El factor de potencia se define como la relación de la potencia real que fluye al sistema con la potencia aparente en el circuito. Entre más alto el factor de potencia, mayor será la eficiencia energética del sistema. Se pueden instalar dentro del sistema eléctrico del edificio para mejorar su eficiencia energética.

30. **Puntos de cargue a carros eléctricos**: Los autos eléctricos se saben que no contaminan en comparación con los vehículos impulsados con combustibles fósiles. Los puntos de cargue de autos eléctricos serán una afirmación positiva para aquellos que elijan autos eléctricos como su modo de transporte preferido.

1.4.4 ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos se lleva a cabo para cada una de las medidas seleccionadas, con el fin de **evaluar el impacto de la aplicación de los nuevos criterios sobre los costos de construcción**. Esta información es usada para desarrollar una herramienta de costo-beneficio que sirve para presentar una evaluación objetiva de las diferentes recomendaciones.

Alcance

- **Alcance en términos de costos**

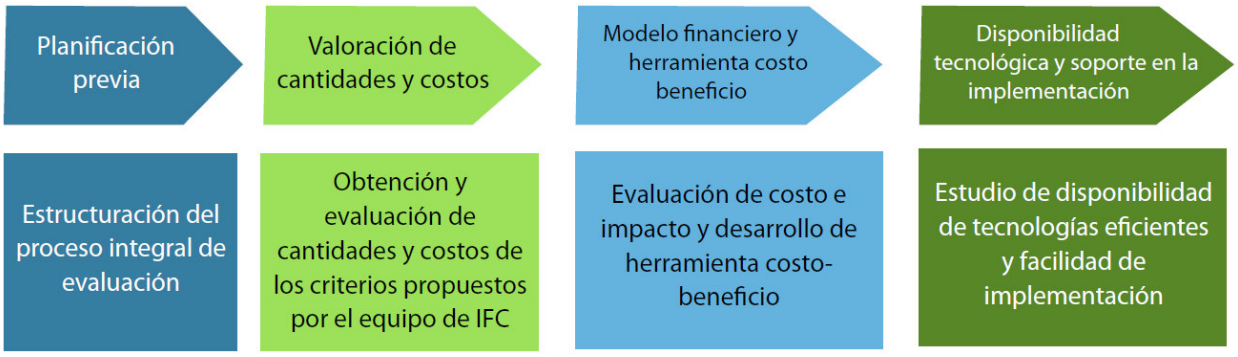
  Cálculo de costos de construcción sostenible para el modelo de la línea base, el cual fue preparado de acuerdo con las especificaciones de construcción estándares en el mercado. Para estos efectos, se definieron los supuestos y especificaciones técnicas de cada criterio que se deben tener en cuenta para cada tipo de edificio. El resultado es el cálculo de costos generados para cada una de las medidas propuestas en la guía de construcción sostenible.

- **Alcance en disponibilidad de tecnología**

  Suministrar datos sobre la disponibilidad y aceptación en el mercado de nuevas tecnologías incorporadas en la guía de construcción sostenible.

Metodología del Modelo de Costos

Las siguientes son las consideraciones metodológicas usadas en el desarrollo del proceso de análisis de costos para poder cumplir con los objetivos propuestos:



Costo Total Edificación: se creó un conjunto estándar de especificaciones para cada tipo de edificación en la ciudad de Panamá. Luego se revisaron estas especificaciones y se calculó el costo para cada uno de los edificios, que corresponde a la situación de la línea de base.

Costo de cada Medida de la línea base: se calculó el costo de cada medida, que corresponde a la situación de la línea de base.

Costo de Media Caso Mejorado: Luego, se calculó el costo de cada medida de un modelo de un edificio en el que se implementan las medidas de eficiencia definidas en el análisis de sensibilidad.

Diferencias de Costo: En la mayoría de los casos, el caso mejorado costó, más que el caso de base. Esta diferencia fue posteriormente expresada como un porcentaje del costo total de construcción.

Ahorros en Consumo de Energía: Esta diferencia en consumo, representó el ahorro de energía. Estos datos, al multiplicarse con las tarifas de energía, representó el ahorro en costos debido a la implementación de cada medida.

Cálculos de Retorno: El costo extra de inversión dividido por el ahorro en costos dio el retorno para cada medida.

Resultados

El objetivo del análisis costo-beneficio es el de evaluar los costos de construcción detallados bajo estándares generalmente aceptados en Panamá respecto de un modelo de construcción sostenible, que permita identificar el impacto de la inclusión o exclusión de cada uno de estos criterios en la Guía de Construcción Sostenible.

Este análisis se hace para 6 tipos de construcción diferentes (vivienda, oficina, hotel, hospital, centro comercial, escuela) en la ciudad de Panamá, que es la más representativa.

1.4.5 MATRIZ DE IMPLEMENTACIÓN

Las medidas fueron clasificadas según su **potencial de ahorro de energía**, su **costo de implementación**, el **periodo de retorno de la inversión**, la **disponibilidad en el mercado** y la **facilidad de inclusión**. El resultado es una herramienta de toma de decisiones denominada Matriz de Implementación, la cual correlaciona cada medida según los criterios anteriormente mencionados, el tipo de edificación. La Matriz de Implementación contiene las medidas recomendadas para lograr los porcentajes de ahorro en energía dispuestos en la Resolución. Las medidas se encuentras diferenciadas según el tipo de edificación.

Las medidas recomendadas son aquellas que cumplen los siguientes criterios: el **potencial de ahorro de energía de al menos 5%**, que **no costaran más del 5% del total del costo de la edificación** y que los **costos fueran recuperados en menos de 5 años**. En la Matriz de Implementación, las medidas se clasifican según su eficacia de la siguiente manera:

• **Altamente recomendable**: Estas son medidas que deben ser incluidas en la guía de construcción sostenible y que tienen un efecto mínimo en los costos de construcción. Su potencial en ahorro de energía es más del 5% mientras el impacto en el costo es menor al 1% del costo total de la edificación con una recuperación del costo en menos de 3 años. Esto significa que las medidas proveerán máximos ahorros con mínimos impactos en el costo.

• **Moderadamente recomendable**: Muchas de estas medidas pueden ser más costosas de lo que pueden pagar muchos de los dueños de las edificaciones. El potencial de ahorro de recursos está entre el 3% y el 5% con un impacto en el costo entre el 1% y el 5% y una recuperación del costo entre 3 y 5 años.

• **Poco / No recomendable**: Estas son medidas que no tienen un gran impacto en el ahorro de energía y es mejor dejarlas por fuera del alcance de la guía. El potencial de ahorro de recursos es menor al 3% con un impacto en el costo mayor al 5% y una recuperación del costo en un periodo mayor a 5 años.

Adicionalmente se consideraron factores como disponibilidad tecnológica, factibilidad de regulación y verificación de las medidas a implementar en el edificio.

	Altamente recomendable	Moderadamente recomendable	Poco / no recomendable
Potencial de ahorro de recursos	> 5%	> 3% y < 5%	< 3%
Impacto en el costo	< 1%	> 1% y < 5%	> 5%
Periodo de retorno	< 3 años	> 3 años	> 5 años
Disponibilidad	Alta	Moderada / baja	Baja

A continuación, se presentan los resultados de la matriz de implementación para cada uso de edificación.

Matriz de implementación para viviendas

Table 9. Homes: Energy analysis Panama

Energy Measures		Baseline values	Improved Value	Energy savings	Payback (years)				Recommended	
				%	Low income	Low-Mid	Medium High	High	CODE	EDGE
HME 01	Reduced window to wall	40%	20%	4.3%	No cost	No cost	No cost	No cost	X	X
HME 02	Reflective Paint/Tiles for Roof	50%	70%	0.0%	No cost	No cost	No cost	No cost	X	X
HME 03	Reflective Paint/External walls	70%	70%	0.0%	No cost	No cost	No cost	No cost		X
HME 04	External shading devices (AASF)	-	0.51	5.8%	42.0	34.9	19.1	17.3	X	X
HME 05	Insulation roof / U value (W/m2K)	0.65	0.48 (2cms)	0.0%	No payback	No payback	No payback	No payback		
HME 06	Insulation External walls / U value (W/m2K)	2.06	0.98 (2cms)	0.2%	165.4	137.4	75.1	68.2		
HME 07	Low-E Coated Glass: U value (W/m2K) / SHGC	5.8 / 0.8	5.8 / 0.45	4.9%	9.8	8.2	4.5	4.1		X
			3 / 0.45	6.1%	37.3	31.0	16.9	15.4		
HME 08	Higher Performance Glass	5.8 / 0.8	2 / 0.28	8.4%	62.0	51.5	28.1	25.6		
HME 09	Natural ventilation	ON	-	9.7%	No cost	No cost	No cost	No cost	X	X
HME 10	Ceiling Fans in all habitable rooms	-	ON	26.9%	0.04	0.02	0.01	0.01		X
HME 11	VRV	Fan coil COP 3 Electric heaters (virtual)	4	13.0%	92.4	76.7	41.9	38.1		
HME 13	Hot water / High efficiency Boiler	80%	110%	4.2%	148.5	74.2	29.7	14.8		
HME 14	Hot water /Heat Pump	Natural gas instant heater	3	11.8%	16.3	13.6	5.8	3.5		X
HME 16	Energy-Saving light bulbs / Internal spaces	Halogen	LED	10.7%	1.17	0.97	0.53	0.48	X	X
HME 17	Energy-Saving light bulbs / Common areas	Halogen	LED	0.1%	19.4	16.1	8.78	8.0	X	X
HME 18	Lighting controls for common areas and outdoors	-	ON	1.7%	0.6	0.5	0.3	0.3	X	X
HME 19	Solar hot water collectors(% hot water demand)	No	50% of DHW demand	16.7%	15.2	12.6	6.9	6.3		X
HME 20	Solar photovoltaics (% of annual electricity use)	No	25% of energy demand	20.2%	17.0	17.0	17.0	17.0		
HME 21	Smart meters	No	Yes	3.4%	0.7	0.2	0.2	0.1		X

Medidas recomendables para viviendas

Medidas recomendables para viviendas a describir en la guía de diseño:

- Reducción de la relación Ventana/Pared (Ratio de 40% a 20%)
- Reflectividad del techo (albedo/reflectancia de 50% a 70%)
- Elementos de protección solar (horizontales, verticales, o combinados)
- Ventilación natural
- Iluminación de energía eficiente para espacios comunes
- Iluminación de energía eficiente para espacios interiores
- Controles de la iluminación para los espacios comunes y espacios exteriores (Sensores de ocupantes, temporizadores, conmutación fotoeléctrica u oscurecer)

Matriz de implementación para oficinas

Table 11. Office: Energy savings.

	Energy Measures	Baseline values	Improved Value	Energy savings %	Payback (years)	Recommended CODE	Recommended EDGE
OFE 01	Reduced window to wall	93%	40%	10.7%	No cost	X	X
OFE 02	Reflective Paint/Tiles for Roof	30%	70%	0.1%	No cost	X	X
OFE 03	Reflective Paint/External walls	50%	70%	0.0%	No cost		X
OFE 04	External shading devices (AASF)	-	0.59	10.5%	6.6	X	X
OFE 05	Insulation roof / U value (W/m2K)	0.6	0.48 (2cms)	0.1%	3.0		
OFE 06	Insulation External walls / U value (W/m2K)	2	0.98 (2cms)	0.0%	-		
OFE 08	Higher Performance Glass	3 / 0.36	1.95 / 0.28	14.4%	10.3		
OFE 09	Natural ventilation with operable windows (during night)	OFF	ON	11.1%	1.4	-	-
OFE 10	Ceiling Fans in all habitable rooms	OFF	ON	0.0%	-		
OFE 11	VRV	Air cooled 3 Boiler COP 0.8	4	18.3%	4.8		
OFE 13	Cooling equipment COP improvement	3	6.1	27.8%	0.1		X
OFE 18	Variable speed drives on the Fans of cooling towers	-	-	0.3%	0.6		X
OFE 19	Variable frequency drives in AHUs	ON	ON	1.3%	0.4	X	X
OFE 20	Variable Speed drives pumps	-	ON	1.0%	3.5		
OFE 21	Sensible Heat Recovery from exhaust air	ON	60%	1.5%	0.3	X	X
OFE 23	Air economizers during favorable outdoor conditions	-	ON	0.0%	No payback		
OFE 24	Energy-Saving light bulbs / Internal spaces	Fluorescent T8	LED	10.2%	0.1	X	X
OFE 25	Energy-Saving light bulbs / External spaces	Fluorescent	LED	0.6%	0.2	X	X
OFE 26	Lighting controls for corridors and staircases	-	ON	0.6%	0.4	X	X
OFE 27	Occupancy sensors in bathrooms, conference rooms and cabins	-	ON	0.6%	0.5	X	X
OFE 28	Ocupancy sensors in open offices	-	ON	6.2%	0.1	X	X
OFE 29	Daylight photoelectric sensors for internal spaces	-	ON	8.7%	0.7	X	X
OFE 30	Solar photovoltaics (% of annual electricity use)	-	(25% of energy cover)	26.0%	13.3		
	Power factor corrector	-	-	0.0%	1.7	X	X
	Smart meters	-	-	7.0%	0.0		X

Medidas recomendables para oficinas

Medidas recomendables para oficinas a describir en la guía de diseño:

- Reducción de la relación Ventana/Pared (Ratio de 93% a 40%)
- Reflectividad del techo (albedo/reflectancia de 30% a 70%)
- Elementos de protección solar (horizontales, verticales, o combinados)
- Variadores de velocidades para torres de enfriamiento
- Unidades de recuperación de calor
- Iluminación de energía eficiente para espacios comunes
- Iluminación de energía eficiente para espacios interiores
- Controles de la iluminación para pasillos y sistema de escaleras (sensores de ocupantes, temporizadores, conmutación fotoeléctrica u oscurecer)
- Controles de la iluminación con sensores de ocupantes en los baños, salas de conferencias y despachos encerrados
- Controles de la iluminación con sensores de ocupantes en los espacios abiertos de trabajo
- Sensores de luz día fotoeléctricos para espacios interiores
- Corrección de factor de potencia

Matriz de implementación para hoteles

Table 13. Hotel: Energy savings

	Energy Measures	Baseline values	Improved Value	Energy savings %	Payback (years)	Recommended CODE	Recommended EDGE
HTE 01	Reduced window to wall	50%	20%	1.7%	No cost	X	X
HTE 02	External shading devices (AASF)	-	0.51	2.5%	17.8	X	X
HTE 03	Insulation roof / U value (W/m2K)	0.6	0.48 (2cms)	0.1%	10.0		X
HTE 04	Insulation External walls / U value (W/m2K)	2	0.98 (2cms)	2.8%	1.1		X
HTE 05	Low-E Coated Glass: U value (W/m2K) / SHGC	4.3 / 0.5	4.3 / 0.3	3.3%	11.1		
HTE 06	Higher Performance Glass	4.3 / 0.5	2.6 / 0.27	3.9%	21.9		
HTE 08	Natural ventilation_Guest rooms with auto controls	OFF	ON	1.1%	15.3		
HTE 09	VRV(COP)	VRV 3	4	10.3%	6.0		
HTE 11	Cooling system COP improvement	Air cooled chiller 3	6.1	15.9%	1.0		X
HTE 17	Sensible Heat Recovery from exhaust air	ON	70%	2.4%	0.5	X	X
HTE 19	High efficiency boiler for water heating	Gas boiler 0.8	110%	11.1%	0.8		X
HTE 21	Variable speed hoods with automated fan controls	-	ON	0.5%	0.0		
HTE 24	Energy-Saving light bulbs / Internal spaces	Halogen/CFL	LED	10.7%	0.2	X	X
HTE 25	Energy-Saving light bulbs / External spaces	-	ON	3.2%	0.1	X	X
HTE 26	Energy-Saving light bulbs / Back of the house	Halogen	T5	0.7%	0.3	X	X
HTE 27	Lighting controls for corridors and staircases	-	ON	0.5%	1.1	X	X
HTE 28	Ocupancy sensors in bathrooms	-	ON	2.8%	0.3	X	X
HTE 29	Solar hot water collectors(% hot water)	-	50% demand	14.5%	2.6	X	X
HTE 30	Solar photovoltaics (% of annual electricity use)	-	25%	19.4%	13.0		
	Heat pump for hot water	Gas boiler 0.8	COP 4.3	12.6%	12.9		
	Power factor corrector	-	0%	0.0%	0.9	X	X
	Smart meters	-	0%	5.0%	No payback		X

Medidas recomendables para hoteles

Medidas recomendables para hoteles a describir en la guía de diseño:

- Reducción de la relación Ventana/Pared (Ratio de 50% a 20%)
- Elementos de protección solar (horizontales, verticales, o combinados)
- Unidades de recuperación de calor
- Iluminación de energía eficiente para espacios exteriores
- Iluminación de energía eficiente para espacios interiores
- Iluminación de energía eficiente para espacios de servicios
- Controles de la iluminación para pasillos y sistema de escaleras (sensores de ocupantes, temporizadores, conmutación fotoeléctrica u oscurecer)
- Controles de la iluminación con sensores de ocupantes en los baños
- Agua caliente solar
- Corrección de factor de potencia

Matriz de implementación para centros comerciales

Table 15. Retail: Energy savings.

	Energy Measures	Baseline values	Improved Value	Energy savings %	Payback (years)	Recommended CODE	Recommended EDGE
RTE 01	Reduced window to wall	15%	5%	0.1%	No cost		X
RTE 02	Reflective Paint/Tiles for Roof	80%	-	-	No cost	X	X
RTE 03	Reflective Paint/External walls	40%	70%	0.4%	No cost		X
RTE 04	Insulation roof / U value (W/m2K)	3	0.81 (5cms)	1.8%	1.9		X
RTE 05	Insulation External walls / U value (W/m2K)	2.4	0.98 (2cms)	1.2%	1.2		X
RTE 06	Natural ventilation with operable windows	OFF	ON	0.0%	-		
RTE 07	Air economizers during favorable outdoor conditions	-	ON	0.0%	-		
RTE 10	Cooling equipment COP improvement	4	6.1	16.3%	0.1		X
RTE 14	Variable speed drives on the Fans of cooling towers	-	ON	0.8%	0.1		
RTE 15	Variable frequency drives in AHUs	-	ON	13.4%	0.0	X	X
RTE 16	Variable Speed drives pumps	-	ON	0.4%	1.8		
RTE 17	Sensible Heat Recovery from exhaust air	-	70%	4.9%	0.0	X	X
RTE 18	CO2 Sensor/demand controlled ventilation for fresh air intake	-	ON	2.8%	0.1		X
RTE 21	Energy-Saving light bulbs / Sales area	Metal halide	LED	11.2%	No cost	X	X
RTE 22	Energy-Saving light bulbs / Corridors and common areas	Fluorescent T8	LED	3.4%	0.6	X	X
RTE 23	Energy-Saving light bulbs / External spaces	Fluorescent T8	LED	0.7%	0.6	X	X
RTE 24	Occupancy sensors in bathrooms.	-	ON	2.0%	0.0	X	X
RTE 27	Solar photovoltaics (% of annual electricity use)	-	25%	25.1%	13.0		
	Power factor corrector	-	0%	0.0%	1.0	X	X
	Smart meters	-	0%	0.8%	0.0		X

Medidas recomendables para centros comerciales

Medidas recomendables para centros comerciales a describir en la guía de diseño:

- Reflectividad del techo (albedo/reflectancia de 80%)
- Variadores de velocidades para torres de enfriamiento
- Unidades de recuperación de calor
- Iluminación de energía eficiente para espacios exteriores
- Iluminación de energía eficiente para espacios interiores de venta
- Iluminación de energía eficiente para espacios comunes y pasillos
- Controles de la iluminación con sensores de ocupantes en los baños
- Corrección de factor de potencia

Matriz de implementación para hospitales

Table 17. Healthcare: Energy savings

	Energy Measures	Baseline values	Improved Value	Energy savings %	Payback (years)	Recommended CODE	Recommended EDGE
HSE 01	Reduced window to wall	35%	20%	0.8%	No cost	X	X
HSE 02	Reflective Paint/Tiles for Roof	30%	70%	1.3%	No cost	X	X
HSE 03	Reflective Paint/External walls	60%	50%	0.0%	No cost		X
HSE 04	External shading devices (AASF)	-	0.51	2.3%	5.3	X	X
HSE 05	Insulation roof / U value (W/m2K)	2.21	0.56 (5cms)	2.4%	0.8		X
HSE 06	Insulation External walls / U value (W/m2K)	2.36	0.98 (2cms)	1.9%	0.8		X
HSE 07	Low-E Coated Glass: U value (W/m2K) / SHGC	3.4 / 0.5	3.4 / 0.3	2.1%	1.0		X
HSE 08	Higher Performance Glass	3.4 / 0.5	2.6 / 0.27	3.1%	8.3		
HSE 10	Natural ventilation for lobby, waiting and consultation areas	OFF	ON	0.0%	No payback		
HSE 11	Natural ventilation for patient rooms	OFF	ON	0.0%	No payback		
HSE 12	Air economizers during favorable outdoor conditions	OFF	ON	0.0%	No payback		
HSE 15	Cooling equipment COP improvement	'ater cooled chiller 4	6.1	14.6%	0.4		X
HSE 19	Variable speed drives on the Fans of cooling towers	-	ON	0.3%	0.9		X
HSE 20	Variable frequency drives in AHUs	-	ON	25.2%	0.0	X	X
HSE 21	Variable Speed drives pumps	-	ON	0.3%	20.3		
HSE 23	Earth air tunnel system to precool heat supply air cooling	-	ON	0.9%	8.2		
HSE 25	High efficiency boiler for water heating	Gas boiler 0.8	110%	1.3%	3.9		X
HSE 26	Preheat water using waste heat from generator	-	ON	0.6%	33.1		
HSE 28	Heat recovery from laundry waste water (%Eff.)	-	30%	0.3%	2.1		X
HSE 29	Energy-Saving light bulbs / Internal spaces (except OTs)	CFL / fluorescent	LED	18.6%	0.1	X	X
HSE 30	Energy-Saving light bulbs / External spaces	-	ON	0.6%	0.4	X	X
HSE 32	Lighting controls for corridors and staircases	-	ON	0.6%	0.1	X	X
HSE 33	Ocupancy sensors in bathrooms	-	ON	0.6%	0.6		
HSE 34	Daylight photoelectric sensors for internal spaces	-	ON	15.4%	0.1	X	X
HSE 35	Solar hot water collectors(% hot water)	-	50%	5.4%	3.0	X	X
HSE 36	Solar photovoltaics (% of annual electricity use)	-	25%	23.4%	13.2		
	Power factor corrector	-	0%	0.0%	0.6	X	X
	Smart meters	-	0%	4.0%	0.0		X

Medidas recomendables para hospitales

Medidas recomendables para hospitales a describir en la guía de diseño:

- Reflectividad del techo (albedo/reflectancia de 30 a 70%)
- Reducción de la relación Ventana/Pared (Ratio de 35% a 20%)
- Elementos de protección solar (horizontales, verticales, o combinados)
- Variadores de velocidades para torres de enfriamiento
- Iluminación de energía eficiente para espacios exteriores
- Iluminación de energía eficiente para espacios interiores
- Controles de la iluminación para pasillos y sistema de escaleras (sensores de ocupantes, temporizadores, conmutación fotoeléctrica u oscurecer)
- Sensores de luz día fotoeléctricos para espacios interiores
- Agua caliente solar
- Corrección de factor de potencia

Matriz de implementación para centros educativos

Table 19. Educational: Energy savings.

	Energy Measures	Baseline values	Improved Value	Energy Saving (%)	Payback (years)	Recommended CODE	Recommended EDGE
HME 01	Reduced window to wall	45%	30%	**3.4%**	No cost	X	X
HME 02	Reflective roof	30%	70%	1.6%	No cost	X	X
HME 03	Reflective wall	40%	70%	2.5%	No cost		X
HME 04	External shading devices (AASF)	-	0.5	**6.2%**	4.0	X	X
HME 06	Insulation External walls / U value (W/m2K)	2.36	0.98 (2cms)	2.7%	1.5		X
HME 09	Natural ventilation	ON	-	**3.3%**	-	-	-
HME 10	Cooling equipment COP improvement	3	6	**33.2%**	No cost		X
HME 11	Variable frequency drives in AHUs	-	ON	**23.2%**	0.2	X	X
HME 16	Energy-Saving light bulbs / Internal spaces	CFL/Fluorescent T8	LED	**5.0%**	0.1	X	X
HME 21	Smart meters	No	Yes	**4.0%**	0.0		X

Medidas recomendables para centros educativos

Medidas recomendables para centros educativos a describir en la guía de diseño:

- Reflectividad del techo (albedo/reflectancia de 30 a 70%)
- Reducción de la relación Ventana/Pared (Ratio de 45% a 30%)
- Elementos de protección solar (horizontales, verticales, o combinados)
- Variadores de velocidades para torres de enfriamiento
- Iluminación de energía eficiente para espacios interiores

Familias de medidas recomendables a describir en la guía de diseño

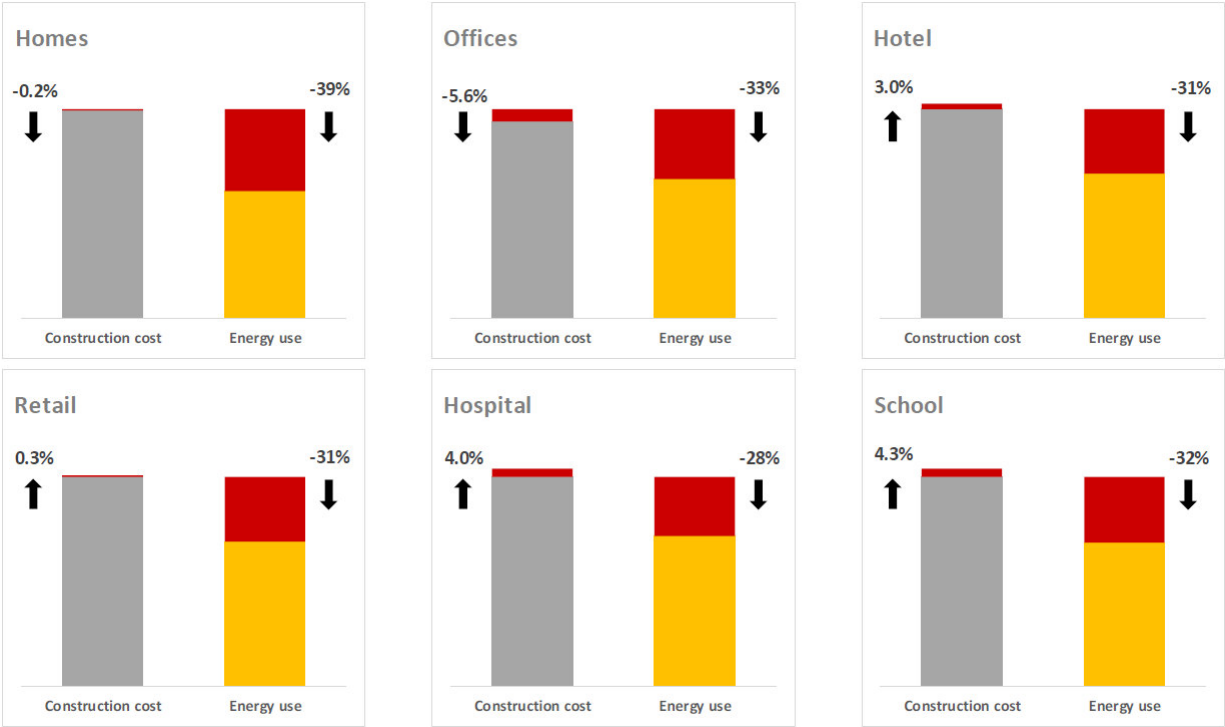
- Reducción de la relación Ventana/Pared
- Elementos de protección solar (horizontales, verticales, o combinados)
- Reflectividad del techo (albedo/reflectancia de 50% a 70%)
- Ventilación natural
- Variadores de velocidades para torres de enfriamiento
- Unidades de recuperación de calor
- Iluminación de energía eficiente Iluminación de energía eficiente para espacios interiores
- Controles de la iluminación (sensores de ocupantes, temporizadores, conmutación fotoeléctrica u oscurecer)
- Sensores de luz día fotoeléctricos para espacios interiores
- Agua caliente solar

Medidas recomendables para lograr los ahorros en energía y porcentajes de ahorro para cada tipo de edificaciones

	Medidas recomendables a describir en la guía de diseño	Viviendas	Oficinas	Hoteles	Comercios	Salud	Educacion
1	Reducción de la relación Ventana/Pared	4.3 %	10.7 %	1.7 %	0.1 %	0.8 %	3.4 %
2	Elementos de protección solar (horizontales, verticales, o combinados)	5.8 %	10.5 %	2.5 %	N/A	2.3 %	6.2 %
3	Reflectividad del techo y paredes (albedo/reflectancia de 50% a 70%)	0.0 %	0.1 %	N/A	N/A	1.3 %	1.6 %
4	Ventilación natural	9.7 %	N/A	1.1 %	N/A	N/A	3.3 %
5	Variadores de velocidades para torres de enfriamiento	N/A	1.3 %	N/A	13.4 %	25.2 %	23.2 %
6	Unidades de recuperación de calor	N/A	1.5 %	2.4 %	4.9 %	N/A	N/A
7	Iluminación de energía eficiente (espacios interiores y exteriores)	10.8 %	10.8 %	14.0 %	15.3 %	19.0 %	5.0 %
8	Controles de la iluminación	1.7 %	7.0 %	0.5 %	2.0 %	0.6 %	N/A
9	Sensores de luz día fotoeléctricos para espacios interiores	N/A	9.0 %	N/A	N/A	15.4 %	N/A
10	Agua caliente solar	16.7 %	N/A	19.4 %	N/A	5.4 %	N/A

N/A: Non Aplicable

Efecto combinado (porcentaje total de ahorro de energía) de la aplicación de las medidas recomendables y costos incrementales (en porcentajes del costo inicial) para cada tipo de edificaciones



1.5 PORCENTAJE MÍNIMO DE AHORRO

Porcentajes de ahorro de energía que deberán cumplirse en las nuevas edificaciones.

1) A partir de la fecha de promulgación de la resolución, todos los Municipios de la República de Panamá tendrán un plazo de 1 año para implementar los porcentajes previstos en la tabla siguiente:

Tipo de Edificios	Porcentaje de ahorro de energía
Viviendas	15
Oficinas	15
Hoteles	15
Centros comerciales	15
Hospitales y centros de salud	15
Centros educativos	15

A partir de los índices de consumo de energía de la línea de base, la tabla siguiente presenta los **nuevos índices de consumo de energía exigibles** (índices línea de base - 15% de ahorro) para cada tipo de edificaciones.

	LINEA DE BASE	CON UN AHORRO DE 15%
VIVIENDA	80 kWh/m^2 por año	**68 kWh/m^2 por año**
OFICINA	202 kWh/m^2 por año	**172 kWh/m^2 por año**
HOTEL	172 kWh/m^2 por año	**146 kWh/m^2 por año**
COMERCIAL	290 kWh/m^2 por año	**246 kWh/m^2 por año**
SALUD	376 kWh/m^2 por año	**320 kWh/m^2 por año**
EDUCACION	100 kWh/m^2 por año	**85 kWh/m^2 por año**

2) Una vez implementados los porcentajes previstos para el primer año, dichos porcentajes serán aplicados hasta por 2 años contados a partir de la fecha de su implementación.

3) Al terminar el periodo de 2 años señalado en el punto anterior, todos los Municipios de la República de Panamá adoptarán los porcentajes previstos en la tabla siguiente:

Tipo de Edificios	Porcentaje de ahorro de energía
Viviendas	20
Oficinas	20
Hoteles	20
Centros comerciales	20
Hospitales y centros de salud	20
Centros educativos	20

A partir de los índices de consumo de energía de la línea de base, la tabla siguiente presenta los **nuevos índices de consumo de energía exigibles** (índices línea de base - 20% de ahorro) para cada tipo de edificaciones.

	LINEA DE BASE	CON UN AHORRO DE 20%
VIVIENDA	80 kWh/m^2 por año	**64 kWh/m^2 por año**
OFICINA	202 kWh/m^2 por año	**162 kWh/m^2 por año**
HOTEL	172 kWh/m^2 por año	**138 kWh/m^2 por año**
COMERCIAL	290 kWh/m^2 por año	**232 kWh/m^2 por año**
SALUD	376 kWh/m^2 por año	**301 kWh/m^2 por año**
EDUCACION	100 kWh/m^2 por año	**80 kWh/m^2 por año**

2. ENERGÍA – MEDIDAS PASIVAS

Las **medidas de ahorro de energía pasivas** son aquellas que se incorporan en el **diseño arquitectónico** de las edificaciones y propenden por el **aprovechamiento de las condiciones ambientales** del entorno, maximizando las fuentes de control térmico, ventilación y reducción energética naturales para crear condiciones de confort para sus ocupantes. Estas no involucran sistemas mecánicos o eléctricos.

Los aspectos pasivos incluyen aquellos que **no requieren ningún equipo,** pero tienen un efecto en el consumo de energía. Esto incluye primariamente la **envolvente del edificio** que consiste en la cubierta, las paredes, las ventanas y otros componentes que crean la capa exterior de la edificación. Una edificación correctamente diseñada tendrá una envolvente que mejora el confort de sus ocupantes con poca o ninguna dependencia en medios artificiales de enfriamiento, calefacción o iluminación.

Las **formas de la edificación y la construcción** inciden bastante en cuanto al clima, y las cargas internas son actualmente trasladadas a las **cargas térmicas** (calefacción y refrigeración). La cantidad de radiación solar transmitida a través de la fachada de la edificación es una función de la radiación disponible del área, orientación y características de la transmisión de calor de la fachada expuesta. Un ejemplo de esto es una edificación localizada en clima cálido, el cual experimenta una gran carga del sol. Si está diseñado y orientado para reducir el área expuesta al sol y la ventana es sombreada mucha de esta carga solar puede ser reducida para evitar un aumento en las cargas de enfriamiento.

Hay pocas estrategias que puedan ser usadas en Panamá para reducir la dependencia de medios activos de energía. Están divididos en tres grupos principales:

Iluminación: Luz de día, reduce el consumo de energía debido a la iluminación. Si se usa bien también puede reducir la carga de enfriamiento de la edificación.

Envolvente: Los diseños deben apuntar a aumentar la resistencia de la envolvente a las condiciones externas (temperatura y humedad). Esto se puede lograr balanceando las áreas opacas y vidriadas, aumentando los niveles de aislamiento y reduciendo el área de fachada, reduciendo infiltración, aumentando la masa térmica y el control solar, y creando zonas de absorción.

Ventilación: Esto incluye ventilación cruzada y cantidad de ventilación para enfriamiento pasivo.

2.1 Relación Ventana/Pared

Antecedentes

La ventana y otras áreas de vidriado (incluyendo divisiones y marcos) divididos por el área del muro bruto exterior es llamado Relación de ventana a pared (RVP). Las ventanas generalmente transmiten calor a la edificación en una proporción más alta que los muros. De esta manera, una edificación con RVP más alta ganará más calor que una edificación con una RVP más baja.

Las ventanas son usualmente la junta más débil en el envolvente de la edificación ya que el vidrio tiene mucha menor resistencia al flujo de calor que otros materiales de construcción. El calor fluye a través de un vidrio transparente 10 veces más rápido de lo que lo hace a través de un muro bien aislado. Mientras las áreas vidriadas son deseables para admitir la radiación solar en climas fríos durante el día, las ventanas en climas cálidos pueden aumentar significativamente las cargas de enfriamiento de los edificios.

Beneficios

El sol es la más poderosa fuente de luz, pero también es una fuente significativa de ganancia de calor. Es por esta razón que es importante balancear los aportes de iluminación y ventilación de la luz del día y el vidriado contra los impactos de la ganancia de calor en las necesidades de enfriamiento. La meta del diseño debería ser encontrar mínimos niveles de iluminación sin exceder significativamente la ganancia de calor solar especialmente en climas cálidos.

Luz de día: la cantidad de luz que llega al interior de una habitación no está solamente relacionada con el tamaño de la ventana (RVP), sino también con la distancia desde la ventana, la posición de la ventana sobre el suelo, la efectividad de las superficies de la habitación y la cantidad de obstrucción que tiene la ventana. Es por esta razón que cuando se intenta maximizar la luz del día al minimizar las ganancias directas internas hay otras estrategias que pueden incorporarse. Cuando la luz del día se usa en edificaciones, el nivel de luz eléctrica se reduce, así como los requerimientos de enfriamiento.

Energía: Transferencia de la envolvente es una función de la resistencia térmica de los materiales externos, el área de la fachada (RVP) y la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de la edificación. Las causas primarias de transferencia de calor son la infiltración y las ventanas. La cantidad y orientación de las ventanas afecta mucho el uso de energía de la edificación con propósitos de confort térmico (enfriamiento).

Los resultados de los análisis de sensibilidad llevados a cabo para esta medida demostraron que la reducción de RVP puede conducir a un ahorro significativo de energía, especialmente en edificaciones de oficinas.

Recomendaciones

En promedio, la **proporción de ventana a pared** no debe exceder el **40% para edificios de oficinas**, el **30% para edificios de educación**, y el **20% para los otros tipos de edificios**.

Este cálculo debe tomarse para cada elevación desde el exterior de la edificación. El área vidriada se calcula incluyendo parteluces y marcos. Incluye todos los elementos de vidriado, desde paredes con cortinas a ventanas congeladas. La fórmula para calcular es la siguiente:

Área de vidriado / área bruta de pared exterior = RVP (%)

Si la RVP es mayor que el nivel recomendado, entonces otras medidas, como el sombreado o el coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) del vidrio, deben ser consideradas para compensar la pérdida de energía al aumentar la RVP.

Estrategias

Para permitir la luz del día: hay dos estrategias básicas para usar el sol para iluminar mientras se minimiza la ganancia de calor. La primera es usar una pequeña apertura de ventana (10%-20% RVP) para iluminar una superficie dentro del espacio que luego esparce la luz en un área más grande. La segunda es usar una ventana de tamaño moderado que ve hacia una superficie reflectiva exterior, pero en sombra del sol directo.

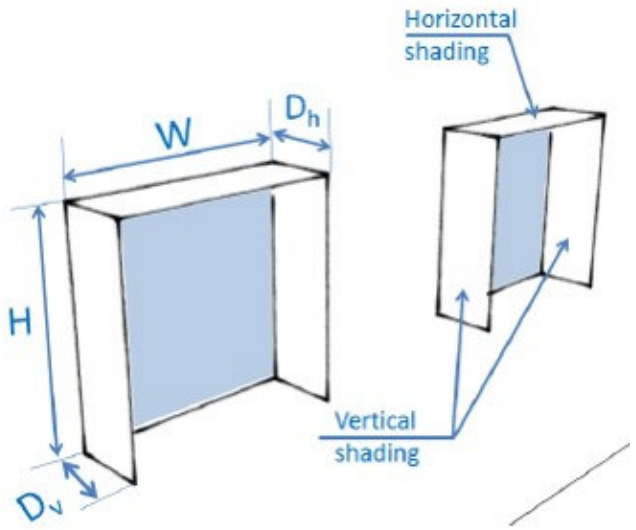
Combinación de orientación y programación de construcción: En climas cálidos, los espacios de estar y la mayoría del vidriado deben estar alineadas en el lado norte-sur del edificio para evitar luz del sol directa. Los espacios de servicio y circulación, que requieren poco vidriado, están ubicados a lo largo de los bordes este-oeste (climas cálidos) del edificio. Esto maximiza el área de ventanera que gana calor del sol y minimiza las que no.

2.2 Elementos de protección solar

Antecedentes

El control solar está diseñado **para bloquear la radiación solar** cuando es necesario (exceso de periodo de calor). Los dispositivos de protección solar externos son ubicados sobre la fachada del edificio para proteger los elementos de cristales (ventanas) de la radiación solar directa.

Esta medida es evaluada usando un **factor de protección solar**, que es la proporción de radiación solar transmitida por una ventana protegida (con dispositivos exteriores de protección solar), comparado a la proporción de radiación solar transmitida por una ventana sin protección. El factor de protección solar es **expresado como un valor decimal entre 0 y 1**. Más alto el factor de protección solar, mayor es la capacidad de protección solar del dispositivo.



La relacion entre la profundidad horizontal y vertical del dispositivo (Dh: horizontal depth y Dv vertical depth), la alutura (H: height) y la anchura (W: width) de la ventana definen los requisitos de proteccion solar.

Las tablas 1 y 2 indican los factores de protección solar para diferentes orientaciones, latitudes, y dimensiones de dispositivo de protección solar. Los factores de protección solar vienen de un programa de modelismo solar, y son un promedio de las ocho orientaciones.

La tabla 3 indica los factores de protección solar promedios combinando horizontal y vertical protección. Esta última tabla sirve de referencia para los factores de protección solar requisitos.

Tabla 1: Factores de protección solar horizontal para dispositivos de protección solar en diferentes latitudes. (Para Panamá, aplican las líneas de 0^0 - 9^0 y del hemisferio norte.)

HORIZONTAL - SHADING FACTOR* (Shading Coefficient) N (North), NE (North East), E (East), SE (South East), S (South), SW (South West), W (West), NW (North West)										
Latitude	Shading Proportion	Shading Factor								
Northern Hemisphere		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Average
Southern Hemisphere		S	SE	E	NE	N	NW	W	SW	
0º - 9º	D_h=H/1	0.49	0.46	0.49	0.50	0.50	0.52	0.52	0.48	**0.50**
	D_h =H/2	0.44	0.39	0.39	0.40	0.46	0.43	0.41	0.41	**0.42**
	D_h =H/3	0.39	0.34	0.32	0.33	0.39	0.36	0.34	0.35	**0.35**
	D_h =H/4	0.35	0.29	0.27	0.28	0.33	0.31	0.28	0.30	**0.30**
10º - 19º	D_h=H/1	0.47	0.44	0.47	0.51	0.51	0.52	0.49	0.47	**0.48**
	D_h =H/2	0.42	0.38	0.38	0.40	0.43	0.42	0.41	0.41	**0.40**
	D_h =H/3	0.36	0.33	0.31	0.32	0.35	0.35	0.34	0.35	**0.34**
	D_h =H/4	0.32	0.29	0.26	0.27	0.30	0.30	0.30	0.32	**0.29**
20º - 29º	D_h=H/1	0.47	0.44	0.47	0.50	0.51	0.52	0.50	0.46	**0.48**
	D_h =H/2	0.41	0.38	0.37	0.39	0.41	0.41	0.40	0.41	**0.40**
	D_h =H/3	0.36	0.33	0.31	0.32	0.34	0.34	0.34	0.35	**0.33**
	D_h =H/4	0.31	0.28	0.26	0.26	0.29	0.29	0.28	0.31	**0.29**
30º - 39º	D_h=H/1	0.47	0.43	0.46	0.49	0.51	0.51	0.49	0.46	**0.48**
	D_h =H/2	0.41	0.37	0.36	0.38	0.40	0.40	0.39	0.40	**0.39**
	D_h =H/3	0.36	0.32	0.29	0.30	0.33	0.32	0.33	0.35	**0.32**
	D_h =H/4	0.31	0.28	0.25	0.25	0.28	0.27	0.28	0.31	**0.28**
40º - 49º	D_h=H/1	0.46	0.39	0.40	0.43	0.46	0.46	0.45	0.44	**0.44**
	D_h =H/2	0.40	0.34	0.31	0.33	0.36	0.36	0.37	0.39	**0.36**
	D_h =H/3	0.35	0.29	0.25	0.26	0.29	0.29	0.30	0.33	**0.30**
	D_h =H/4	0.31	0.25	0.21	0.21	0.23	0.24	0.26	0.29	**0.25**
50º - 60º	D_h=H/1	0.33	0.30	0.34	0.38	0.40	0.39	0.36	0.32	**0.35**
	D_h =H/2	0.24	0.23	0.24	0.26	0.28	0.26	0.25	0.24	**0.25**
	D_h =H/3	0.18	0.18	0.18	0.19	0.20	0.19	0.19	0.19	**0.19**
	D_h =H/4	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	**0.15**

Tabla 2: Factores de protección solar vertical para dispositivos de protección solar en diferentes latitudes. (Para Panamá, aplican las líneas de 0^0 - 9^0 y del hemisferio norte.)

VERTICAL - SHADING FACTOR* (Shading Coefficient) N (North), NE (North East), E (East), SE (South East), S (South), SW (South West), W (West), NW (North West)										
Latitude	Shading Proportion	Shading Factor								
Northern Hemisphere		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Average
Southern Hemisphere		S	SE	E	NE	N	NW	W	SW	
0º - 9º	D_v=W/1	0.23	0.23	0.18	0.22	0.23	0.20	0.18	0.21	**0.21**
	D_v=W/2	0.21	0.19	0.15	0.18	0.22	0.17	0.15	0.18	**0.18**
	D_v=W/3	0.19	0.16	0.12	0.15	0.19	0.14	0.12	0.15	**0.15**
	D_v=W/4	0.16	0.14	0.11	0.12	0.16	0.12	0.11	0.13	**0.13**
10º - 19º	D_v=W/1	0.21	0.24	0.20	0.20	0.23	0.18	0.20	0.21	**0.21**
	D_v=W/2	0.19	0.21	0.16	0.16	0.21	0.15	0.17	0.19	**0.18**
	D_v=W/3	0.17	0.18	0.14	0.13	0.17	0.14	0.15	0.16	**0.15**
	D_v=W/4	0.15	0.16	0.12	0.11	0.15	0.12	0.13	0.15	**0.13**
20º - 29º	D_v=W/1	0.22	0.25	0.20	0.21	0.24	0.19	0.20	0.22	**0.21**
	D_v=W/2	0.19	0.21	0.16	0.17	0.20	0.16	0.17	0.19	**0.18**
	D_v=W/3	0.17	0.18	0.13	0.14	0.17	0.14	0.14	0.17	**0.15**
	D_v=W/4	0.15	0.15	0.12	0.11	0.14	0.12	0.12	0.15	**0.13**
30º - 39º	D_v=W/1	0.21	0.26	0.22	0.21	0.24	0.19	0.21	0.23	**0.22**
	D_v=W/2	0.19	0.22	0.17	0.16	0.19	0.16	0.18	0.20	**0.19**
	D_v=W/3	0.17	0.19	0.14	0.13	0.16	0.14	0.15	0.17	**0.16**
	D_v=W/4	0.15	0.16	0.12	0.11	0.14	0.11	0.13	0.15	**0.13**
40º - 49º	D_v=W/1	0.23	0.28	0.24	0.24	0.25	0.23	0.22	0.24	**0.24**
	D_v=W/2	0.20	0.23	0.19	0.17	0.20	0.18	0.19	0.21	**0.20**
	D_v=W/3	0.18	0.19	0.15	0.14	0.16	0.15	0.16	0.17	**0.16**
	D_v=W/4	0.16	0.16	0.13	0.11	0.14	0.13	0.14	0.15	**0.14**
50º - 60º	D_v=W/1	0.26	0.30	0.27	0.27	0.27	0.26	0.27	0.28	**0.27**
	D_v=W/2	0.20	0.22	0.20	0.18	0.20	0.19	0.21	0.21	**0.20**
	D_v=W/3	0.16	0.17	0.16	0.14	0.15	0.15	0.16	0.16	**0.16**
	D_v=W/4	0.13	0.14	0.13	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	**0.13**

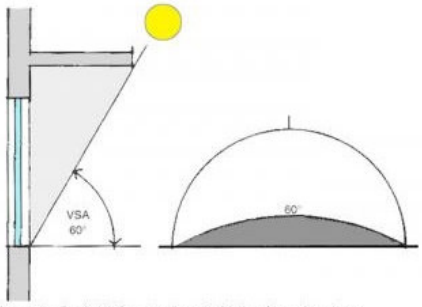
Tabla 3: Factores de protección solar combinados para dispositivos de protección solar en diferentes latitudes. (Para Panamá, aplican las líneas de 0^0 - 9^0 y del hemisferio norte.)

COMBINED - SHADING FACTOR (Shading Coefficient) N (North), NE (North East), E (East), SE (South East), S (South), SW (South West), W (West), NW (North West)										
Latitude	Shading proportion	Shading Factor								
Northern Hemisphere		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Average
Southern Hemisphere		S	SE	E	NE	N	NW	W	SW	
0º - 9º	D_h=H/1 & D_v=W/1	0.72	0.69	0.67	0.72	0.74	0.73	0.70	0.70	**0.71**
	D_h=H/2 & D_v=W/2	0.65	0.59	0.54	0.58	0.68	0.60	0.56	0.60	**0.60**
	D_h=H/3 & D_v=W/3	0.58	0.50	0.45	0.48	0.58	0.51	0.47	0.51	**0.51**
	D_h=H/4 & D_v=W/4	0.51	0.43	0.38	0.41	0.50	0.43	0.39	0.44	**0.44**
10º - 19º	D_h=H/1 & D_v=W/1	0.69	0.69	0.67	0.71	0.74	0.70	0.70	0.68	**0.70**
	D_h=H/2 & D_v=W/2	0.60	0.59	0.54	0.56	0.64	0.57	0.59	0.60	**0.59**
	D_h=H/3 & D_v=W/3	0.53	0.51	0.45	0.45	0.53	0.49	0.50	0.52	**0.50**
	D_h=H/4 & D_v=W/4	0.47	0.45	0.39	0.38	0.45	0.42	0.43	0.46	**0.43**
20º - 29º	D_h=H/1 & D_v=W/1	0.69	0.69	0.68	0.71	0.75	0.71	0.70	0.69	**0.70**
	D_h=H/2 & D_v=W/2	0.61	0.59	0.54	0.56	0.62	0.57	0.57	0.60	**0.58**
	D_h=H/3 & D_v=W/3	0.53	0.51	0.44	0.46	0.51	0.48	0.48	0.52	**0.49**
	D_h=H/4 & D_v=W/4	0.47	0.44	0.38	0.38	0.43	0.41	0.41	0.46	**0.42**
30º - 39º	D_h=H/1 & D_v=W/1	0.69	0.69	0.68	0.71	0.75	0.70	0.70	0.69	**0.70**
	D_h=H/2 & D_v=W/2	0.60	0.59	0.53	0.55	0.60	0.56	0.57	0.61	**0.58**
	D_h=H/3 & D_v=W/3	0.53	0.51	0.44	0.44	0.49	0.47	0.48	0.52	**0.48**
	D_h=H/4 & D_v=W/4	0.47	0.44	0.37	0.36	0.41	0.39	0.41	0.46	**0.41**
40º - 49º	D_h=H/1 & D_v=W/1	0.69	0.68	0.64	0.68	0.71	0.69	0.68	0.68	**0.68**
	D_h=H/2 & D_v=W/2	0.61	0.57	0.50	0.50	0.56	0.54	0.56	0.59	**0.55**
	D_h=H/3 & D_v=W/3	0.53	0.49	0.41	0.40	0.45	0.44	0.47	0.51	**0.46**
	D_h=H/4 & D_v=W/4	0.47	0.42	0.35	0.32	0.37	0.37	0.40	0.45	**0.39**
50º - 60º	D_h=H/1 & D_v=W/1	0.62	0.63	0.63	0.66	0.68	0.66	0.65	0.62	**0.64**
	D_h=H/2 & D_v=W/2	0.53	0.51	0.48	0.48	0.51	0.49	0.51	0.53	**0.50**
	D_h=H/3 & D_v=W/3	0.43	0.42	0.38	0.37	0.39	0.38	0.41	0.43	**0.40**
	D_h=H/4 & D_v=W/4	0.36	0.34	0.31	0.29	0.31	0.30	0.34	0.36	**0.33**

Elementos horizontales (balcones, doseles o persianas):

Estos dispositivos son útiles para fachadas de edificios donde los rayos del sol están en un alto ángulo de incidencia, es decir donde el sol aparece alto en el cielo. Son muy efectivos debido a la gran altura del sol en la latitud en que se encuentra Panamá.

Se caracterizan por un **ángulo de sombra vertical** (VSA oír sus siglas en inglés). Este ángulo se requiere para diseñar una sombra horizontal para una ventana. Un elemento grande o varios pequeños pueden dar el mismo desempeño y el mismo VSA. Su máscara de sombreado puede ser construida usando el transportador de ángulo de sombra. Se recomienda un ángulo de 60 grados, y un máximo de 70 grados.

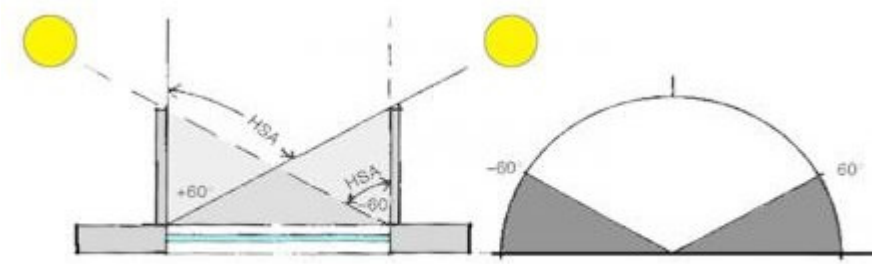


Vertical Shadow Angle (VSA) - Horizontal Shading Devices

Elementos verticales (persianas verticales o aletas protectoras):

Estos dispositivos son útiles donde los rayos del sol están en un ángulo bajo de incidencia (donde el sol aparece bajo en el cielo). Los elementos de sombreado vertical son más efectivos cuando el sol está bajo y orientado hacia un lado de la dirección hacia donde mira la ventana; por ejemplo, temprano en la mañana o tarde en la tarde.

Se caracterizan por un **ángulo de sombra horizontal** (HAS por sus siglas en inglés) y su máscara de sombreado será en forma sectorial. HSA es requerido para el tamaño de las aletas del aparato de sombreado vertical. El HSA no puede ser mayor a 90 grados o menor de 90 grados y esto indicará que el sol está detrás del edificio. Se recomienda un ángulo de 60 grados, y un máximo de 70 grados.



Horizontal Shadow Angle (HSA) - Vertical Shading Devices

Sombreado combinado horizontal y vertical (rejas metálicas):

Estas producen una máscara de sombreado compleja y no se pueden caracterizar con un solo ángulo.

Beneficios

Los **elementos de sombreado** proveen una solución para el control solar ya que pueden ajustarse para seguir los requerimientos de los ocupantes o terminar permanentemente periodos específicos de exceso de calor. **Persianas exteriores previenen la radiación solar de entrar al interior y son preferibles**. Las persianas interiores pueden ofrecer solamente protección parcial ya que reflejan la radiación que ya ha sido admitida dentro de la edificación. Esto aumenta la temperatura del volumen de aire entre el vidriado y la persiana, así como del material de las persianas por lo tanto afectando la temperatura de la habitación por la transferencia convectiva y radiactiva del calor.

Los elementos de sombreado alcanzan **ahorros importantes de energía**, entre 2.3% para edificios de salud, 5.8% para vivienda y hasta 10.5 % para un edificio de oficinas.

Recomendaciones

El diseño debe estar enfocado en proveer control solar **en los momentos del día en que la temperatura interna comienza a exceder la zona de confort**. Claramente los sistemas usados para el control solar deben estar adecuadamente diseñados para que la ganancia útil de sol no se vea afectada en otros momentos.

Otras recomendaciones que deben ser consideradas son:

1. Asegurar luz de día adecuada para las habitaciones.

2. Sistemas de sombreamiento como una función de orientación y ganancia solar.

3. Persianas externas son preferibles en habitaciones con aperturas más grandes.

4. El control solar es más deseable temprano en la tarde cuando la temperatura externa alcanza su pico diario. En ese momento la radiación solar sigue alta y el interior del edificio ya está lo suficientemente caliente.

Para los edificios de **oficinas** se requiere un **factor combinado de protección solar de 0.59**. Para los **edificios de vivienda, de salud y los hoteles** se requieren un factor combinado de protección solar de **0.51**. Para los edificios comerciales y de educación, esta medida no está destacada.

2.3 Reflectividad del techo

Antecedentes

El Albedo/Reflectancia del techo cuantifica la reflectividad de la radiación solar incidente del techo. Específicamente, es la relación de radiación solar reflejada del material de la superficie relativa a la radiación solar incidente sobre esta. Tratándose de una fracción sin dimensión, también se puede expresar como porcentaje, y se mide en una escala de cero para la potencia de reflejo nula de una superficie perfectamente negra, hasta 1 para el reflejo de una superficie perfectamente blanca.

La reflectividad solar para materiales o acabados usados para techar puede ser adquirida cerca del fabricante del producto. Puede ser indicado en la hoja de datos del producto o en los resultados de prueba de laboratorio publicados en los sitios internet de los fabricantes.

Para restar la reflectividad solar del nivel total de radiación solar que cae sobre la superficie de techo, se puede calcular el nivel de radiación solar que es transferida en el edificio, en porcentaje.

Table 3: Solar reflectivity values for typical materials[6]

Generic Roofing Materials	Solar Reflectivity
Gray EPDM	23%
Gray Asphalt Shingle	22%
Unpainted Cement Tile	25%
White Granular Surface Bitumen	26%
Red Clay Tile	33%
Light Gravel on Built-Up Roof	34%
Aluminum	61%
White-Coated Gravel on Built-Up Roof	65%
White Coating on Metal Roof	67%
White EPDM	69%
White Cement Tile	73%
White Coating - 1 Coat, 8 mils*	80%
PVC White	83%
White Coating - 2 Coats, 20 mils*	85%

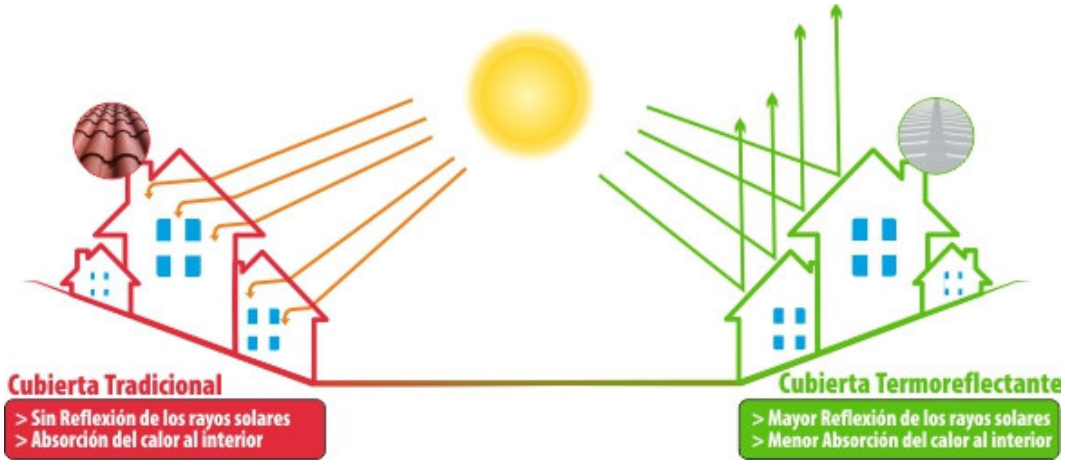
* mil is equal to .001 inches or .0254 millimeter

Materiales y acabados para techar disponible en Panama :

Techo de arcilla
Teja metalica
Termopanel
Policarbonaato
Fibra de vidrio
Fibrocemento
Teja plastica
Techos de zinc y superzinc
Laminas corriente
Techos metallicos
Pintura
Acabados

Beneficios

Poner material y color con un albedo alto para techos (cubierta termo reflectante), puede **reducir la ganancia de calor** del edificio, **reducir la carga necesaria para enfriar** los espacios con equipos de aire acondicionado y **mejorar en confort térmico** en los espacios que no tienen equipos de aire acondicionado. Debido a la reducción de la temperatura superficial, la vida de servicio del material del techo también puede ser mejorada y el impacto sobre el calor urbano puede reducir el efecto isla de calor de una ciudad.



El uso de una cubierta termo reflectante alcanza **ahorros de energía**, sobre todo para edificios de salud y de educación (entre 1.3% y 1.6%).

Recomendaciones

La consideración clave del material o del acabado es su **color**. Idealmente en climas calientes como el de Panamá, un acabado blanco debería ser seleccionado para maximizar la reflectividad. Si un acabado blanco no es posible entonces el diseñador debería seleccionar un color muy claro.

Para alcanzar una **cubierta considerada como termo reflectante**, se requiere, en el caso de Panamá, una **reflectancia mínima de 70%.**

El impacto que la reflectividad solar del techo tiene sobre el consumo de energía de un edificio es dependiente de los niveles de aislamiento y la estrategia para refrescar el edificio, así como la eficiencia de los sistemas de refrigeración.

La reflectividad solar del techo tiene un efecto disminuido sobre la ganancia de calor del edificio cuando los niveles de aislamiento son aumentados. Los edificios muy bien aislados no pueden beneficiarse considerablemente de un techo con una alta reflectividad solar. De la misma manera, cuando la eficiencia del sistema de refrigeración aumenta, la reflectividad solar tendrá un impacto menor sobre el consumo de energía. Si el área del techo es un área utilizable (para actividades tipo “roof top”) entonces no se recomienda usar colores blancos o claros ya que puede causar deslumbramiento e incomodidad.

2.4 Ventilación natural

Antecedentes

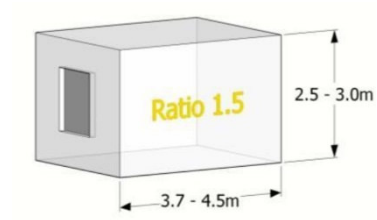
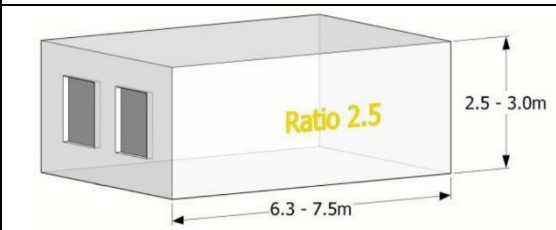
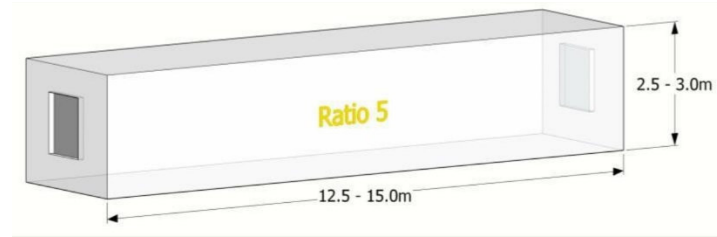
La ventilación natural es la ventilación en la que la **renovación del aire** se produce exclusivamente por la **acción del viento** entre el punto de entrada y el de salida. Consiste en favorecer las condiciones para que se produzcan corrientes de aire de manera que el aire interior sea renovado por aire exterior, más frío, oxigenado y descontaminado. Algunas condiciones simples "(reglas básicas)" pueden ser usadas para guiar el diseño de espacios. Los factores claves en la decisión de la estrategia de ventilación natural son **el tamaño del espacio** (la profundidad, la anchura, y la altura), **el número y la ubicación de las aperturas**.

Dos condiciones aplican para tener una ventilación natural. La primera es **la relación entre la profundidad del espacio y la altura del espacio del piso a techo**. La secunda es la **proporción de aperturas requeridas para una cierta superficie de suelo**. Ambas condiciones deberían ser calculadas en cada espacio (habitaciones, salas, corredores, para garantizar una ventilación adecuada para la unidad o el edifico entero.

Diferentes tipos de estrategia de ventilación natural

Tipo	Ilustración	Descripción
Ventilación de **un solo lado**		La **ventilación de un solo lado** es basada en las diferencias de presión entre diferentes aperturas de un solo espacio. Es más fiable y eficiente con una sola apertura, y por lo tanto puede ser usada para espacios con una profundidad mayor. Para los espacios que sólo tienen una sola apertura la turbulencia conduce la ventilación. Esta turbulencia crea una acción de bombeo en la apertura, y causa pequeños movimientos de aires que entran y salen. Como es un método menos fiable, la profundidad del espacio con una sola apertura esta reducida para tener una ventilación natural eficiente.
Ventilación natural **cruzada simple**		La **ventilación natural cruzada simple**, para un espacio solo, es la estrategia la más simple y la más eficiente. Las diferencias de presión conducen la ventilación cruzada entre los lados de barlovento y de sotavento del espacio.
Ventilación natural **cruzada doble**		La **ventilación natural cruzada doble**, para dos espacios, puede ser alcanzada con aperturas en la pared de separación de los dos espacios. Es sólo aceptable cuando el ocupante tiene la propiedad de los espacios, del lado de barlovento como del lado de sotavento del edificio. Las aperturas también proporcionan una ruta para el ruido para viajar entre espacios.
Ventilación natural **con niveles**		La **ventilación natural con niveles** aprovecha la estratificación de temperaturas y los diferenciales de presión asociados del aire. El aire caliente se hace menos denso y se eleva y el aire más fresco se sustituye al aire que se ha elevado. Este tipo de ventilación requiere diferencias de altura o atrios.

Relación entre la profundidad del espacio y la altura del espacio del piso a techo

Configuración del espacio	Ilustración	Ratio máximo entre la profundidad y la altura de techo
De un solo lado, con una sola apertura		1.5
De un solo lado, con varias aperturas		2.5
Ventilación natural cruzada		5.0

Para alcanzar el flujo de ventilación natural aceptable, se propone la metodología siguiente:

- i) maximizar la proporción entre la profundidad del espacio y la altura del techo (espacio piso a techo).
- ii) la ganancia de calor que tienen que ser evacuado, determina el área total de la apertura.

Con esta metodología, los requisitos para una estrategia de ventilación son calculados como el porcentaje del área de apertura de la superficie total del espacio.

Beneficios

Una estrategia de ventilación natural bien diseñada puede mejorar el confort de los usuarios proveyendo acceso al aire fresco, así como reduciendo la temperatura. Esto causa una reducción de la carga a enfriar, con un capital inicial mínimo y bajo costo de mantenimiento.

El uso de una estrategia de ventilación natural alcanza **ahorros de energía**, sobre todo para edificios de vivienda (9.7%).

Recomendaciones

Los **requisitos para una estrategia de ventilación** son calculados como el porcentaje del área de apertura de la superficie total del espacio. En las siguientes tablas, se encuentran los requisitos para una estrategia de ventilación natural para cada tipo de edificios.

Área abierta total en proporción de la superficie total para **VIVIENDAS**

Tipo de espacio	Ganancia de calor	Área abierta total en proporción de la superficie total (en porcentaje)
Baños	<15 W/m²	10%
Recamara	15-30 W/m²	20%
Sala principal	15-30 W/m²	20%
Cocina	>30 W/m²	25%

Área abierta total en proporción de la superficie total para **HOTELES**

Tipo de espacio	Ganancia de calor	Área abierta total en proporción de la superficie total (en porcentaje)
Pasillos	<15 W/m²	10%
Habitaciones	15-30 W/m²	20%

Área abierta total en proporción de la superficie total para **EDIFICIOS DE EDUCACIÓN**

Tipo de espacio	Ganancia de calor	Área abierta total en proporción de la superficie total (en porcentaje)
Pasillos	<15 W/m²	10%
Aulas	15-30 W/m²	20%

Para los edificios comerciales, de oficinas y de salud, esta medida no está destacada.

3. ENERGÍA – MEDIDAS ACTIVAS

Las medidas activas comprenden el **uso de sistemas mecánicos y eléctricos** para crear condiciones de confort térmico al interior de las edificaciones, tales como equipos de aire acondicionado, ventilación mecánica, iluminación eléctrica, entre otras.

Las medidas activas para la eficiencia energética pueden ser clasificados en **grupos temáticos**: climatización artificial, iluminación, eficiencia energética de sistemas mecánicos, eléctricos, y energía solar.

HVAC (climatización artificial)

Generalmente cuando los controles pasivos no pueden asegurar confort térmico, **algunos sistemas mecánicos** (equipos de aire acondicionado, abanicos eléctricos, extractores de aire, torre de enfriamiento y equipos de calefacción), se pueden usar para evitar sobrecalentamiento o sobre enfriamiento del edificio. Esto puede ser calefacción, ventilación o aire acondicionado (HVAC por sus siglas en inglés). La tarea de este tipo de sistemas es normalmente referida como la "carga" (carga de calor, carga de aire acondicionado, etc.). Desde el punto de vista de la ingeniería mecánica el diseño de la edificación (ej. los elementos pasivos de la edificación) debe reducir las cargas de energía hasta donde la práctica lo permita.

Iluminación

La iluminación contribuye significativamente al consumo de energía y al pico de demanda eléctrica, para todos los tipos de edificaciones. Como tal, **las tecnologías y accesorios para el uso eficiente de la energía de iluminación** ayudan a reducir la demanda del consumo de energía. La tecnología en equipos eficientes para iluminación mejora la calidad de la iluminación interna mientras reduce las cargas de electricidad con costos mínimos y cortos periodos de retorno de la inversión. Ha habido grandes innovaciones y mejoras en las tecnologías de iluminación en las últimas décadas, trayendo como resultando ahorros de energía y una mejor calidad de iluminación.

Adicionalmente, sensores de ocupación, control fotoeléctrico y controles de iluminación de perímetro están disponibles y se pueden programar para apagar la luz artificial cuando hay un nivel adecuado de luz día en el espacio.

Eficiencia energética de los sistemas mecánicos y eléctricos

Se entiende por **eficiencia energética eléctrica**, la reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico **sin que afecte a las acciones normales** realizadas, y que permite su **optimización técnica y económica**. Es decir, la **reducción de sus costes técnicos y económicos** de explotación. Esta eficiencia energética se aplica al aparato, equipo o sistema (por ejemplo, un equipo de aire acondicionado) o a un dispositivo adicional (por ejemplo, variadores de frecuencia o de velocidad).

Energía solar

Como la proporción específica de electricidad es substituida por la **energía renovable**, los paneles solares fotovoltaicos son considerados una medida de eficiencia energética. Además, la instalación de paneles solares fotovoltaicos **reduce la cantidad de electricidad requerida de la red** eléctrica general.

3.1 Variadores de velocidades para torres de enfriamiento

Antecedentes

Un variador de frecuencia o velocidad (Variable Speed Drives por sus siglas en inglés) es un aparato electrónico que controla la velocidad rotacional de una pieza de un equipo impulsado por un motor. El control de velocidad se obtiene al ajustar la frecuencia del voltaje aplicado al motor. Este enfoque normalmente ahorra energía para aplicaciones de carga variable.

Tener variadores de velocidad para ventiladores de torres de enfriamiento ayuda a reducir el consumo de energía con cargas variables y condiciones ambientales moderadas.

Beneficios

Los beneficios de tener variadores de velocidad incluyen:

- Maximizar el ahorro de energía
- Proveer un control de la temperatura del agua que vuelve al condensador
- Inicios suaves, reduce el estrés en sistema de control del ventilador
- Control de ruido
- Diagnostico incorporado y mayor capacidad de control

La presencia de variadores de velocidades para torres de enfriamiento puede alcanzar ahorros importantes de energía, entre 13.4% para edificios comerciales, 23.2% para edificios de educación y hasta 25.2 % para un edificio de salud.

Recomendaciones

Consideraciones de diseño:

- Tener variadores de velocidad
- Tener ventiladores centrífugos
- No instalar válvulas de balance para ajustar el flujo
- No tener válvulas de aislamiento motorizadas
- Aumentar la capacidad de la torre de enfriamiento para tener una mayor capacidad

Como requisitos, **las torres de enfriamiento deben tener variadores de velocidad** para controlar los ventiladores de torres de enfriamiento.

3.2 Unidades de recuperación de calor

Antecedentes

Las unidades de recuperación de calor usan un **intercambiador de calor** con contraflujo para **extraer el calor del aire de extracción y reutilizan esa energía para calentar o enfriar el aire fresco**. Esto ayuda a incrementar la eficiencia energética del sistema de aire acondicionado.

La recuperación de calor de ventilación, también conocida como HRV / ERV recuperación de calor de ventilación mecánica (o MVHR por sus siglas en inglés), es un **sistema de recuperación de energía de ventilación** que usa un equipo conocido como ventilador de recuperación de calor, intercambiador de calor, intercambiador de aire o intercambiador de calor aire-aire, que emplea un **intercambiador de calor de contraflujo** entre el flujo de aire que entra y el que sale.

Beneficios

El HRV provee aire fresco y mejora el control climático mientras ahorra energía al reducir los requerimientos de enfriamiento (y calentamiento).

El uso de unidades de recuperación de calor permite alcanzar **ahorros importantes de energía**, entre 1.5 % para oficinas, 2.4 % para hoteles y hasta 4.9 % para edificios comerciales.

Recomendaciones

Los HRVs son **aparatos autónomos** que operan independientemente o pueden integrarse o añadirse a un sistema HVAC existente. Para una edificación pequeña en la que casi todas las habitaciones tienen un muro exterior, el aparato HRV/ERV puede ser pequeño y proveer ventilación para una sola habitación. Una edificación más grande requiere bien sea pequeñas unidades o una gran unidad central. Cuando se usa con sistemas centralizados de HVAC el sistema será entonces del tipo “aire forzado”.

Cualquier zona con aire acondicionado requiere por lo menos 5,500 CFM de suministro de aire de diseño, debe tener **unidades de recuperación de calor con al menos 50% de efectividad** en la recuperación de energía, aun se recomienda 60% de efectividad.

3.3 Iluminación de energía eficiente

Antecedentes

La iluminación de energía eficiente es aquella que tiene una **mayor densidad de potencia de luz** (LPD por sus siglas en inglés). La LPD es el total de potencia eléctrica usada por las luces instaladas en la edificación dividido por el área total del edificio. Para un nivel de iluminación dado, entre más bajo el LPD más eficiente es la edificación. Es directamente dependiente del **uso de bombillas de energía eficiente**.

Beneficios

El uso de bombillas de energía eficiente **reduce el nivel de energía necesaria para la iluminación** de un espacio. Con una duración de vida más alta, el uso de este tipo de bombillas también **reduce los costes de mantenimiento**. La utilización de bulbos más eficientes **reduce la ganancia de calor debida a la iluminación**.

Una iluminación de energía eficiente puede reducir el consumo de energía entre 5% y 15%, y hasta 19% para edificios de salud.

Recomendaciones

Tanto las bombillas fluorescentes (CFL como T5 y T8) y las bombillas LED son consideradas para tener una iluminación de energía eficiente.

Bombillas compactas fluorescentes [CFL por sus siglas en inglés]

Las bombillas compactas fluorescentes (CFLs) son una opción de energía eficiente y son generalmente diseñadas para caber en una bayoneta convencional o enchufes ajustables con tornillo como remplazo de las bombillas incandescentes ineficientes. Las CFLs son cinco veces más eficientes y tienen un tiempo de vida más largo que las bombillas incandescentes.

Lámparas T5 y T8

Las lámparas son típicamente identificadas por un código como FxxTy, donde F es fluorescente, el primer número (xx) indica o la potencia en watts o el largo en pulgadas, la T indica que la forma del bombillo es tubular y el último número (y) es el diámetro en octavos de pulgada. Las lámparas T5 son luces de energía eficiente populares debido a su potencial para reducir el uso de energía en iluminación en más del 65%.

LED

Las lámparas de Diodos Emisores de Luz (LED por sus siglas en inglés) tienen larga vida y son de energía eficiente. Las lámparas LED son usadas para iluminación tanto general como para propósitos especiales. No contienen mercurio, se prenden instantáneamente y son mecánicamente robustas cuando se comparan con otros tipos de lámparas.

Se requiere que el uso de cualquiera de las lámparas mencionadas más arriba cubre por lo menos **el 80% de la iluminación total del edificio**, aun se recomienda 100%:

- Para los edificios de **vivienda y las oficinas**, en los espacios comunes e interiores

- Para los **hoteles**, en los espacios exteriores e interiores y en los espacios de servicios

- Para los **edificios comerciales**, en los espacios exteriores e interiores de venta, en los espacios comunes y en los pasillos

- Para los edificios de **salud**, en los espacios exteriores e interiores

- Para los edificios de **educación**, en los espacios interiores

3.4 Controles de la iluminación (sensores de ocupantes, temporizadores, conmutación fotoeléctrica u oscurecer)

Antecedentes

Un sistema de control de iluminación es una **solución de control en la iluminación basada en red inteligente**, usando varios dispositivos electrónicos, que incorpora la comunicación entre diversos sistemas de entrada y salida relativos al control de la iluminación, con el uso de uno o más dispositivos informáticos centrales.

Los **sistemas de control de iluminación** se utilizan ampliamente en la iluminación interior y exterior de los espacios comerciales, de oficinas y residenciales. Los sistemas de control de iluminación sirven para proporcionar la cantidad correcta de luz dónde y cuándo sea necesario.

El diseño de un óptimo sistema de control de la iluminación puede incluir a menudo **varios tipos de controles**, así como **diferentes estrategias de control** que permitan alcanzar un enfoque integrado para toda la instalación.

Apagado automático

Los productos para implantar esta estrategia son los sensores de ocupación, detectores de movimiento, conmutadores de tiempo y planificadores.

Sensores de ocupación

Detectan espacios vacíos y el nivel de luz para el apagado automático.

Detectores de movimiento

Detectan movimiento para el apagado automático.

Planificador

Controla relés para apagar las luces según un horario programado.

Conmutador de tiempo

Los conmutadores de pared se encienden manualmente y después se apagan automáticamente tras un intervalo de tiempo preestablecido.

Temporizador

Un temporizador electrónico permite regular el encendido de una instalación de iluminación individual o colectiva, permitiendo el encendido y apagado de lámparas.

Beneficios

Un control de la iluminación eficaz **ahorra energía**, **reduce los costes operativos** y ayuda a mantener un **entorno seguro y productivo** para sus ocupantes. Un control de la iluminación bien diseñado e instalado también ofrece una mayor comodidad a los ocupantes y mejora su productividad.

El uso de una estrategia de control de la iluminación alcanza ahorros de energía, sobre todo para edificios de oficinas (7 %).

Recomendaciones

Es posible que algunas aplicaciones sólo requieran la implantación de una **única estrategia** por parte de un único producto, como, por ejemplo, un conmutador de tiempo que ofrezca un control de encendido/apagado temporizado. En otras aplicaciones, los diseñadores podrán **combinar varios métodos de control**. Por ejemplo, los espacios de oficina pueden contar con un control de encendido/apagado basado en el tiempo durante el horario laboral habitual, que se complemente con un control basado en la ocupación fuera del horario laboral.

De manera sistemática, **se requiere el uso de dispositivos de controles de iluminación** (sensores de ocupantes, temporizadores, conmutación fotoeléctrica u oscurecer) en los lugares siguientes:

- Para los **edificios de vivienda**, en los espacios comunes y exteriores

- Para los **edificios de oficinas**, en los espacios comunes y exteriores; en particular, sensores de ocupantes en los baños, salas de conferencias, despachos encerrados, y en los espacios abiertos de trabajo

- Para los **hoteles**, en los pasillos y sistema de escaleras; y en particular, sensores de ocupantes en los baños

- Para los **edificios comerciales**, sensores de ocupantes en los baños

- Para los **edificios de salud**, en los pasillos y sistema de escaleras

- Para los **edificios de educación**, no es una medida destaca.

3.5 Sensores de luz día fotoeléctricos para espacios interiores

Antecedentes

Hay momentos en los que los usuarios de una edificación continúan prendiendo las luces a pesar de tener luz de día adecuada. Los **controladores fotoeléctricos** detectan la cantidad de luz día disponible dentro del edificio y apagan las luces si es necesario lo que es conocido por mejorar la eficiencia energética de las edificaciones.

Este tipo de sensores están ubicados **en el perímetro de una habitación cerca de una ventana/área vidriada**. Estos sensores monitorearán los niveles de luz día y **apagarán o ajustarán automáticamente los accesorios de luz artificial** del perímetro durante los momentos con niveles suficientes de luz día. Esta medida resulta en ahorro de electricidad significativo. Es aconsejable mantener el mínimo de densidad de potencia de iluminación requerido por la normativa local para todas las diferentes actividades y espacios.

Beneficios

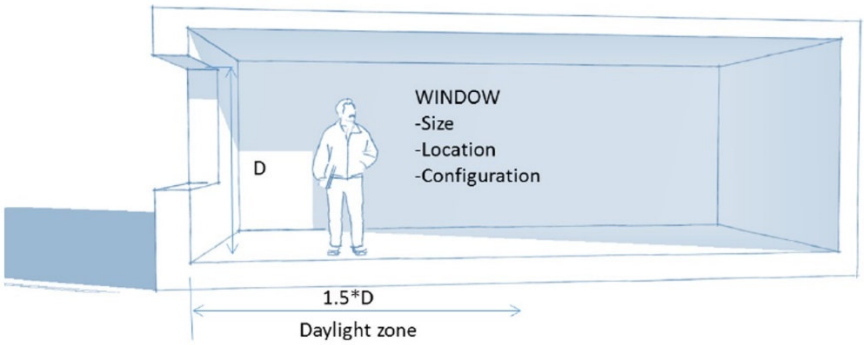
El control de la luz día mostró gran **ahorro de energía en todos los tipos de edificaciones**. Sin embargo, los sensores fotoeléctricos son más difíciles de implementar en viviendas y por lo tanto se recomiendan mejor en oficinas, hospitales y educativos.

El control de la luz día alcanza **ahorros de energía** de 9 % en edificios de oficinas y 15.4% en edificios de salud.

Recomendaciones

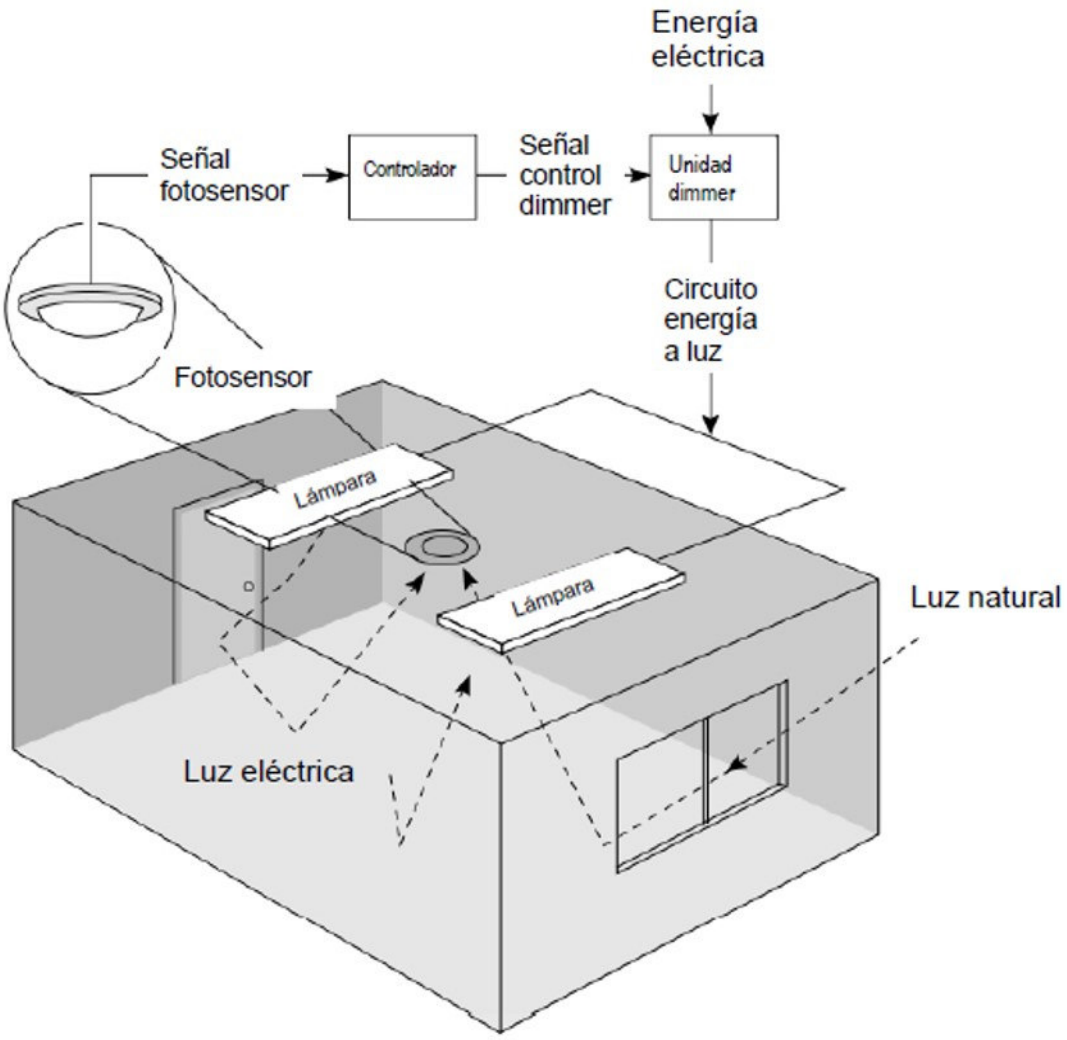
La ubicación preferible para sensores fotoeléctricos de perímetro se detalla a continuación:

• La penetración de luz día está íntimamente ligada con la altura de la cabeza de la ventana. La luz día utilizable es capaz de alcanzar el espacio interno a una profundidad de aproximadamente 1,5 veces la altura de la cabeza de la ventana.



• Por otro lado, un vidrio menor a 0,80 metros no contribuye típicamente a luz de día utilizable y se debe evitar lo más posible.

Diagrama esquemático de un espacio con sistema de sensores de luz día fotoeléctricos



De manera sistemática, **se requiere el uso de sistema de sensores de luz día fotoeléctricos en los espacios interiores para oficinas y edificios de salud.** Para los otros tipos de edificios esta medida no está destacada.

3.6 Agua caliente solar

Antecedentes

Los sistemas de agua caliente solar están diseñados para **entregar agua caliente usando ganancias solares**. Las calderas de agua es uno de los lugares con mayor energía para edificaciones tales como vivienda, hospitales, y hoteles. El calentamiento solar de agua usa energía solar renovable la cual es **abundante y disponible gratuitamente** como fuente para calentar el agua para la demanda de las edificaciones.

La **cantidad de agua caliente entregada** por los colectores solares es dependiente de la cantidad de energía solar disponible, la presencia de zonas de sombra, la orientación y el ángulo de los colectores solares, y el tipo de colectores solares. El tamaño del tanque de almacenaje también afecta la cantidad de agua caliente entregada. Un tanque demasiado pequeño reducirá la cantidad que puede ser almacenada.

Los avances en la ciencia de tecnologías de energía solar han hecho del sistema de calentamiento solar de agua la opción más popular y sostenible. Existen **diferentes tipos de sistemas solares térmicos**, que van desde el más sencillo hasta el más complejo.

Agua caliente con termosifón.

Es el sistema más sencillo. Es completamente mecánico y sencillo de instalar; se le puede solicitar a un fontanero. El colector solar tiene un **depósito de agua** y no es necesario ningún sistema de control electrónico ni bomba hidráulica, ya que el agua caliente cae hasta el grifo de la vivienda por acción de la gravedad. Además del sistema más sencillo, también es el más económico. Ahora bien, su **uso está limitado a familias de hasta cuatro personas**, porque el depósito no da más de sí. Los **colectores planos** son los más utilizados en las instalaciones de producción de agua caliente. Por el contrario, suelen utilizar más los sistemas que operan por termosifón, porque son instalaciones mucho más sencillas y económicas, aunque también mucho más limitadas.

Placas planas

Son un tipo más complejo de sistema solar térmico. Aquí conviene hacer una aclaración sobre la terminología usada. Dentro del sector, **a las placas para la energía solar térmica se las llama colector solar**; comúnmente se usa el término placa o panel solar, que también puede aplicarse a los módulos fotovoltaicos. Un módulo, sin embargo, siempre es fotovoltaico. Estas instalaciones ya requieren de un **sistema hidráulico** más complejo que necesita un sistema de control electrónico, y unos circuitos hidráulicos más complejos.

Tubos de vacío

Los **tubos de vacío** son colectores de alto rendimiento. El tubo que atraviesa el colector y cuyo **líquido interior** es el que acumula el calor solar, está envuelto en cilindros de cristal que están al vacío; al ser el aislamiento mayor, la temperatura que alcanza el agua también lo es. Este tipo de placas se utilizan para calefacción -que requiere de una mayor temperatura- o para generar agua caliente cuando la orientación del tejado no es directa hacia el sur.

Concentrador solar

Una reciente innovación en energía solar es el concentrador solar que **genera simultáneamente electricidad y calor para el agua y calefacción**. Sale algo más caro, pero es especialmente útil cuando se quiere vender la electricidad o generar agua caliente para grandes instalaciones, como hospitales, hoteles y similares.

Beneficios

La instalación de calefacción de agua solar reducirá la energía usadas por el edificio para la calefacción de agua.

El uso de sistemas de agua caliente solar puede alcanzar **ahorros importantes de energía**, entre 5.4 % para edificios de salud, 16.4 % para vivienda y hasta 19.4 % para hoteles.

Recomendaciones

Antes de planificar la integración de un sistema de calentamiento solar de agua, es recomendable analizar los puntos mencionados a continuación en la etapa de diseño únicamente.

- Latitud del sitio del proyecto;
- Condiciones del cielo en diferentes meses del año;
- Promedio anual de la temperatura del aire ambiente;
- Radiación solar disponible en kW/m² en el contexto del sitio del proyecto;
- Radiación solar disponible en kW/m² en superficies horizontales (cubierta) en las coordinadas del sitio del proyecto;
- Analizar la necesidad diaria de los requerimientos de agua caliente del edificio;
- Estimación de la capacidad requerida para el sistema de calentamiento solar de agua;
- Disponibilidad de un área de terraza abierta y sin sombra;
- Fácil acceso a un área de terraza abierta durante la instalación, el mantenimiento del calentador solar de agua; y
- Eficiencia de los sistemas de calentamiento solar de agua disponibles en la industria.

Esta medida es recomendable para viviendas, hoteles y edificios de salud; **50% de los requerimientos de agua caliente** para estos tipos de edificaciones deben ser cumplidos por los calentadores solares de agua.