



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN  
EDIFICIOS NO RESIDENCIALES**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO ELÉCTRICO-  
ELECTRÓNICO**

**P R E S E N T A:**

**MURILLO HERNÁNDEZ CARLOS OMAR**



**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. RAFAEL FLORES GARCÍA  
2015**

## **Agradecimientos**

Primero quiero agradecer a Dios, a los Orishas y a mis nKisis por las bendiciones recibidas y por ayudarme a convertirme en lo que ahora soy.

A mis padres Mayú y Carlos; a mi hermana Karen y mi hermano Daniel; a mis abuelas Aida, María del Carmen y Cuquita (qepd); a mis tías Aida, Sofía, Liliana, Cindy, Norma y Doris (qepd); y a todos mis demás familiares por su apoyo incondicional.

A mi segunda familia: Elisa y Francisco que sin ustedes mi vida no sería la misma. Y por supuesto a sus respectivas familias, de las cuales me siento un miembro más.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a sus profesores, por el conocimiento recibido; con mención especial a Rafael y a Tanya por motivarme a hacer este trabajo.

Y por último a todas las personas que contribuyeron a este maravilloso viaje; y a todos aquellos que en el futuro seguirán sembrando éxitos conmigo, mil gracias!

Este trabajo está dedicado a mi familia y amigos que siempre han creído en mí y me apoyan incondicionalmente.

# INDICE

## Objetivo 8

### Introducción 7

1. <i>Historia de la Normatividad en Eficiencia Energética</i>	8
1.1. Normas Oficiales Mexicanas	11
1.1.1. <i>NOM-007</i>	13
1.1.1.2. <i>Campo de aplicación</i>	13
1.1.1.3. <i>Método de cálculo</i>	14
1.1.2. <i>NOM-008</i>	14
2. <i>Normatividad Internacional en EE</i>	17
2.1 LEED	17
2.2 Energy Star	19
2.3 ISO 50001	20
3.- <i>Eficiencia en los Edificios, Definiciones y Conceptos</i>	22
3.1 Eficiencia Energética Activa y Pasiva	23
3.1.1. <i>Tomando Acciones</i>	24
3.2 Eficiencia Energética Activa en Edificios Públicos y Comerciales Existentes	26
3.3 Marco Conceptual	27
3.4 Medidas de Eficiencia Energética en los Sistemas de Iluminación	29
3.4.1. <i>Medidas de Eficiencia Energética en Sistemas de Climatización</i>	32
3.5 Eficiencia Energética en la Construcción	32
3.5.1. <i>Acumulación y Restitución de Energía: las Estrategias Pasivas</i>	33
3.5.2. <i>Selección de materiales</i>	34
3.5.3. <i>Arquitectura Bioclimática</i>	35
3.5.4. <i>Parámetros que Determinan el Diseño de un Edificio Bioclimático</i>	36
3.5.5. <i>Aislamiento Térmico en Edificios Existentes</i>	37
3.5.6. <i>Paredes exteriores</i>	37
3.5.7. <i>Paredes interiores</i>	38
3.5.8. <i>Ventanas y puertas acristaladas</i>	38
3.5.9. <i>Cubiertas</i>	39
3.5.0. <i>Suelos</i>	40
4.- <i>Propuesta para evaluar la Eficiencia Energética</i>	41
4.1 <i>El problema y las motivaciones del proyecto</i>	41
4.2 <i>Etapas del proyecto</i>	42
4.3 <i>Monitorizaciones y evaluaciones</i>	43
4.4 <i>Matriz de Análisis y Sistema de Calificación de Desempeño.</i>	45

4.5 Productos Resultados del Proyecto	47
4.6 Estrategias de Diseño Arquitectónico Pasivo	49
4.6.1. <i>Zonificación interior</i>	50
4.6.2. <i>Diseño de la Envolvente</i>	51
4.6.3. <i>Estrategias de Calentamiento Pasivo</i>	52
4.6.3.1. <i>Ganancias Solares Directas</i>	53
4.6.3.2. <i>Ganancias Solares Indirectas</i>	55
4.6.3.3. <i>Ganancias Solares Aisladas</i>	56
4.6.4. <i>Estrategias de Enfriamiento Pasivo</i>	58
4.6.4.1. <i>Ventilación cruzada</i>	59
4.6.4.2. <i>Ventilación por Efecto Convectivo</i>	61
4.6.4.3. <i>Ventilación Nocturna de Masa Térmica</i>	64
4.6.4.4. <i>Enfriamiento pasivo evaporativo de flujo descendiente</i>	
PDEC	65
4.6.4.5. <i>Intercambiadores de Calor Geotérmicos</i>	66
4.6.5. <i>Estrategias de Iluminación Natural</i>	67
4.6.5.1. <i>Estrategias de Captación de la Luz Natural</i>	68
4.7. Política Energética de la Administración Pública	73
4.7.1. <i>Experiencia Internacional</i>	73
5.- <i>Plan de Gestión Energética</i>	75
5.1. Fase Preliminar: Revisión de Hábitos Energéticos	76
5.2. Fase 1: Diagnóstico del Edificio	78
5.2.1. <i>Cuadro de planificación</i>	79
5.2.2. <i>Puesta en Marcha</i>	80
5.3. Fase 2: Diseño e Implementación	81
5.3.1. <i>Evaluación final de la fase 2.</i>	84
5.4. Fase 3: Auditoría del Plan PGE	84
5.5. Evaluación de resultados del plan PGE	86
5.5.1. <i>Presentación del informe final</i>	86
<b>Conclusiones</b>	<b>87</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>89</b>
<i>Anexo I. Matriz de Calificación de Desempeño</i>	91
<i>ANEXO II. FICHAS DE DIAGNÓSTICO PROFESIONAL</i>	92

### ***Índice de tablas***

Tabla 3.1. Conceptos de Eficiencia de un Sistema de Alumbrado.	30
Tabla 3.2. Cuadro de Especificaciones de Vidrios	35
Tabla 4.1. Materiales con Masa Térmica	58
Anexo I: Matriz de Clasificación de Desempeño	91

### ***Índice de Figuras***

Figura 2.1. Modelo del sistema de gestión energética	21
Figura 4.1. Modelo de Calificación de Desempeño	46
Gráfica 6.1. Ventilación Cruzada	61
Gráfica 6.2. Ventilación por Efecto Convectivo	64

## Resumen

La meta de esta investigación es recomendar medidas de monitorización y control que permitan mejorar la normatividad energética en todos los edificios públicos en México, para así obtener la certificación de eficiencia; la cual tras analizar la historia y las actuales normas vigentes, queda claro que aún estamos atrasados en comparación con diversos países en desarrollo.

Para conocer el proceso de normalización se eligieron tres de las certificaciones más reconocidas a nivel mundial. El trabajo realizado busca implementar ciertos aspectos de cada una de ellas para la administración de los edificios en México; un sistema de calificación de parámetros físico-constructivos como LEED, la buena práctica para adquisición de artefactos con alta eficiencia de Energy Star y la gestión administrativa de ISO.

Los principales resultados de la propuesta van desde la estandarización de protocolos para el levantamiento de información, hasta la definición de cada proceso a través de manuales y guías técnicas que pueden ser elaboradas a partir de los datos recabados.

Este trabajo permite que cualquier institución que desee contar con un plan de gestión energética en los edificios, puedan implementarlo y obtener los beneficios de generar un mayor rendimiento de energía, cuidar al medio ambiente y principalmente ayudar a tomar decisiones que ayuden a los usuarios a tener una mejor calidad de vida.

## **Introducción**

El calentamiento global cada día es más visible, debido, en gran parte, a la quema de combustibles fósiles ya que es el método más fácil para generar energía eléctrica, pero la más contaminante al mismo tiempo; es importante por eso buscar las formas en que se haga el menor daño y obtener los mejores resultados posibles.

Como respuesta al cambio climático, algunos países empezaron a plantear la importancia de la economía verde, donde la eficiencia energética y el desarrollo sustentable juegan un papel relevante.

El desarrollo sustentable, según la ONU es satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender los requerimientos propios.<sup>1</sup>

Por otra parte la eficiencia energética es la disminución del consumo de energía sin alterar los servicios y sin disminuir el confort y la calidad de vida; y así proteger el medio ambiente; es un pilar del desarrollo sustentable.

Con esto, el proyecto tuvo su origen en la preocupación por conocer el impacto de desempeño en materia de calidad ambiental y eficiencia energética de edificios.

Así, este trabajo, desarrollado principalmente para quienes integran los equipos de gestión, administración y operación de edificios públicos, se constituye en una herramienta útil tanto por la planificación de la política pública, como para los operadores finales, para poder entregar una escala de eficiencia energética para la certificación.

También se propone un modelo de gestión energética, obtenido tras haber realizado una revisión bibliográfica, adecuado a edificios públicos para progresar en el reto de optimizar la administración de éstos, y hacer cada vez más eficiente el uso de la energía, integrando el concepto de mejora continua como hábito.

Con esto se tendrá mejor información para la toma de decisiones, con el beneficio de hacer más eficaces los recursos públicos destinados al gasto de operación de edificios.

---

<sup>1</sup> <http://www.un.org/es/sustainableenergyforall>

## **Objetivo General**

Implementar una metodología para que los edificios, no residenciales nuevos o existentes en México, adecuando al cumplimiento de la normatividad de eficiencia energética, se logre una certificación de minimización de consumo de energía, mediante el uso de tecnologías de bajo consumo de electricidad y una administración eficiente.

## **Objetivos Particulares**

- Crear las condiciones para la ejecución del proyecto. Esto se logrará diseñando e implementando sistemas de monitorización para medir el desempeño energético y la calidad ambiental en los edificios.
- Desarrollar los bienes públicos al aplicar sistemas de monitorización para determinar los distintos desempeños y analizar los factores que los afectan. En particular el diseño, la calidad de construcción, las instalaciones y los hábitos de consumo de energía, para que así finalmente se propongan soluciones de mejoramiento valorizadas en aspectos económicos.
- Transferir los resultados del proyecto, difundiendo los productos para la toma de decisiones de los involucrados en el diseño, construcción, operación y gestión energética de los edificios, promoviendo actividades para crear una cultura de calidad ambiental y eficiencia energética en los edificios públicos.

## **1. Historia de la Normatividad en Eficiencia Energética**

Desde la época porfirista un medio eficaz de control consistió en caracterizar un servicio o producto de tal manera que solo quien lo hiciera originalmente pudiera obtener un beneficio económico, excluyendo del mercado a cualquier otra empresa que intentara realizar algo similar, como fue el caso del ancho de vía, obligando al gasto en el cambio de las mercancías entre los carros de diferentes sistemas.

Esto en forma similar ocurrió en los Estados Unidos con el traslado por barco, hasta la estandarización de procedimientos con los barcos Liberty. Terminada la guerra el comercio mundial vuelve a fluir pero la diversidad de criterios lo hace lento, es cuando aparecen los contenedores para carga marina los cuales permiten enviar cualquier cosa por barco, con la ventaja de homologar los equipos para el embarque y traslado de los productos.

La ONU es quien empieza a crear recomendaciones para facilitar el comercio, haciendo igual en varias partes del mundo el uso de las cosas comunes como pueden ser los tomacorrientes, el codificado de señal de televisión, el uso de símbolos, etc. En el año de 1947 se crea la organización internacional de estandarización, mejor conocida como ISO, en la cual los diferentes países miembros pueden debatir para eliminar, crear u homologar estándares para los productos o servicios que se intercambian entre ellos, aunque en la mayoría de casos los estándares emitidos por ISO solo son recomendaciones para que sean adoptadas por los países miembros con el adecuado trato legislativo en sus territorios.

En el caso de México la estandarización se dio por la influencia de la economía estadounidense, lo que obligó al gobierno a emitir leyes y reglamentos que forzaran a usar ciertas características en los servicios. Es así como por 20 años se acumulan una serie de leyes y reglamentos diversos que obligan a los fabricantes, productores y prestadores de servicios a cumplir un mínimo de características en sus productos.

La eficiencia energética como tal comenzó a tener importancia a partir de 1973, a consecuencia de la crisis petrolera. En ese momento fue

cuando se tomó conciencia de la gran dependencia que se tenía de este combustible para cubrir las necesidades. A partir de ahí se comenzaron a formar entidades educativas y federales en torno a la eficiencia energética.

En 1986, con la entrada de México al GATT, el gobierno se comprometió a usar las recomendaciones de ISO y otras organizaciones internacionales para crear sus propios estándares, lo cual se concretó con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización en su primera versión, por ende, fue obligado a usar solo un sistema cuantitativo (el Sistema General de Unidades de Medida).

Además se crearon una serie de documentos llamados normas que estandarizan en todo el territorio mexicano ciertas características de los productos que involucran estos documentos.

Para esto se crearon dos organismos de gobierno federal, uno técnico llamado Centro Nacional de Metrología (CENAM) y otro administrativo llamado Dirección General de Normalización (DGN), ambos dependientes de la llamada entonces Secretaría de Industrias, hoy conocida como Secretaría de Economía. Pero para el caso de la representación del gobierno federal en los ámbitos internacionales, ambos organismos dependían de la Secretaría de Relaciones Exteriores.

Durante los ochentas y noventas, la Dirección General de Normalización emitió una serie de normas en base a recomendaciones de instancias de carácter técnico, tanto nacionales como internacionales, las cuales abarcaron básicamente sólo los productos y servicios para la venta al público en general. Pero el uso de normas se volvió adecuado para evitar el paso de leyes y reglamentos por el poder legislativo, que por sus características cumplen solo una función técnica y su contenido es diferente al de las leyes comunes, por lo que se empezó a usar en todos los ámbitos de la interacción entre los ciudadanos y el gobierno.

Por eso durante el gobierno de Carlos Salinas de Gortari, se creó una nueva Ley Federal sobre Metrología y Normalización la cual originó el marco legal general para la aplicación de normas en todos los ámbitos de la vida común en México.

En el escenario actual, el ámbito energético se enfrenta a tres grandes retos: la competitividad, directamente relacionada con la disminución de la intensidad energética (lo que se denomina el desacoplamiento del aumento del consumo energético con el desarrollo económico), el cambio climático y la seguridad de suministro.

En cualquiera de las soluciones para resolver estos desafíos, se encuentra en el lado de la demanda, la eficiencia y el ahorro energético por ser la más inmediata y barata de aplicar y porque aporta reducciones de costes y ahorro de recursos que redundan en un aumento de competitividad y mejoran la seguridad energética.

Además, la eficiencia energética es la principal opción para alcanzar el objetivo de emisiones de gases de efecto invernadero por parte de la demanda, pudiendo contribuir a su reducción hasta en un 43% en 2050 respecto del año 2000, según la Agencia Internacional de la Energía en su escenario "BLUE MAP", donde se puede ver que respecto del año 2000, en el que si no se hace nada podrían llegar las emisiones a 62 Giga toneladas en 2050, con la aplicación de la política de ahorro de energía, y otras, se llegaría en ese año a 14 Giga toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>.<sup>2</sup>

Dado lo anterior, el reto principal en nuestros días se basa en encontrar personas creativas e ingeniosas para encontrar soluciones a la situación energética, y fomentar una cultura de eficiencia.

## **1.1. Normas Oficiales Mexicanas**

Los trabajos para eficientar el uso de la energía, principalmente la eléctrica, se iniciaron en los años noventa con el surgimiento de PRONURE (Programa nacional de uso racional de energía); donde el enfoque principal radicaba en la utilización de forma adecuada de los denominados Sistemas Computarizados de Administración de Energía Eléctrica (SCAEE), los cuales se enfocaban de manera primordial al uso correcto o eficiente de la energía eléctrica suministrada

---

<sup>2</sup> <http://www.iea.org/publications/freepublications>

por el gobierno federal al través de su paraestatal la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Con esos antecedentes, se dieron las bases para establecer una normatividad con respecto a la eficiencia energética con la elaboración y posterior implantación de normas oficiales para la regulación del uso de la energía. En el contenido de las normas su principal enfoque, en una primera etapa, era el estudio, caracterización y normatividad de la envolvente de los edificios no habitacionales; en una subsecuente, el enfoque cambió hacia los sistemas de alumbrado y climatización.

La normalización en el país se plasma en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de carácter obligatorio, elaboradas por Dependencias del Gobierno Federal y las Normas Mexicanas (NMX) de ámbito primordialmente voluntario, promovidas por la Secretaría de Economía y el sector privado, al través de los Organismos Nacionales de Normalización.

Para demostrar que lo que se ha producido o comercializado es conforme a lo dispuesto por la propia norma que lo rige, se inicia el proceso de Evaluación de la Conformidad (que a su vez contiene procedimientos de certificación, verificación, calibración, muestreo, pruebas, según sea el caso).

No cualquiera puede asegurar que un bien o servicio se ajusta a la norma. Se requiere que una entidad de acreditación valore la competencia técnica y confiabilidad de los organismos de certificación, laboratorios de prueba, laboratorios de calibración y unidades de verificación.

La normalización y evaluación de la conformidad no podrían efectuarse sin el sustento de la metrología, que asegura la exactitud de las medidas y así, es uno de los pilares del desarrollo industrial y de la certeza de las transacciones comerciales.

Para dar máxima eficacia en materia de normalización, la Secretaría de Economía participa en foros y organismos internacionales como son Codex Alimentarius, Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y la Organización Internacional de Normalización (ISO).

Las normas vigentes en cuanto a eficiencia en iluminación y climatización se describen a continuación:

### **1.1.1. NOM-007**

Esta Norma Oficial Mexicana tiene como fin establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) con el objetivo de disminuir el consumo de energía eléctrica y fomentar la preservación de recursos energéticos y la ecología del país.

Esta NOM define los niveles de DPEA que deben cumplir los sistemas de alumbrado en edificios no residenciales nuevos o modificaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean planeados y construidos usando eficientemente la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin disminución de iluminación requeridos y establece el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado.

#### **1.1.1.2. Campo de aplicación**

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprende los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios no residenciales nuevos y existentes con carga total conectada mayor o igual a 3 kW.

En particular, los edificios cubiertos por la norma son aquellos cuyas tareas específicas que en ellos se desarrollen, queden comprendidos dentro de los siguientes tipos:

- a)** Oficinas
- b)** Escuelas y demás centros docentes
- c)** Establecimientos comerciales
- d)** Hospitales
- e)** Hoteles
- f)** Restaurantes
- g)** Bodegas
- h)** Recreación y cultura
- i)** Talleres de servicio
- j)** Centrales de pasajeros<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php)

Debe de considerarse que para la correcta aplicación de esta norma es necesario que se consulten leyes vigentes o que vayan a ser sustituidas, tales como: la norma del Sistema general de unidades de medida, la de instalaciones eléctricas, la norma de eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y la de eficiencia energética de lámparas para uso general.

### **1.1.1.3. Método de cálculo**

La determinación de las Densidades de Potencia Eléctrica del sistema de alumbrado de un edificio no residencial nuevo, ampliación o modificación de alguno ya existente, deben ser calculadas a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área por iluminar de acuerdo a la metodología indicada a continuación.

La expresión para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) es:

$$DPEA = \frac{\text{Carga Total Conectada Para Alumbrado}}{\text{Área Total Iluminada}}$$

donde (DPEA) está expresada en  $W/m^2$ , la carga total conectada para alumbrado.

A partir de la información en los planos del proyecto de la instalación eléctrica y de los valores de potencia real nominal obtenidos de los fabricantes de los diferentes equipos de alumbrado considerados en la instalación, se cuantifica la carga total conectada, así como el área total iluminada a considerarse en el cálculo.

### **1.1.2. NOM-008**

La normalización para la eficiencia energética en edificios representa un esfuerzo dirigido a mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes con el menor consumo de energía.

En México, el mayor consumo de energía en edificios es por el acondicionamiento de aire, durante las épocas de mayor calor, principalmente en

las zonas norte y costera del país. La ganancia por radiación solar es la fuente más importante a controlar, lo cual se logra con un diseño adecuado.

En este sentido, ésta norma busca mejorar el diseño del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose como beneficios el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento y un mejor confort de los ocupantes.

Esta Norma limita la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

El campo de aplicación de esta Norma aplica a todos los edificios nuevos y las ampliaciones de edificios existentes. Quedan excluidos edificios de uso industrial o habitacional.

Adicionalmente, para la aplicación de ésta norma se hace necesario el conocimiento de ciertas definiciones necesarias en el campo de la construcción de edificios o el asesoramiento de personal calificado en el ramo; a saber:

- Barreras para vapor: es un material, producto o componente de un muro o techo que proporciona resistencia a la transmisión de vapor de agua en forma continua sobre la totalidad de la superficie del muro o techo.
- Coeficiente de sombreado (CS): la razón entre el calor de radiación solar que se gana a través de un vidrio específico, al calor por radiación solar que se gana a través de un vidrio claro de 3 mm de espesor, bajo idénticas condiciones.
- Envolvente de un edificio: está formada por techo, paredes, vanos, piso y superficies inferiores, que conforman el espacio interior de un edificio.
- Muro ligero: es aquel construido empleando un bastidor o estructura soportante abierta, la cual se recubre en ambos lados, con tableros de material con espesores hasta de 2,5 cm, dejando al interior un espacio hueco o relleno con aislante térmico.
- Muro masivo: es aquel construido con concreto, bloque hueco de concreto, tabicón, tabique rojo recocido, bloque perforado de barro extruido, bloque o tableros de concreto celular curado con autoclave, bloque de tepetate o adobe, o materiales semejantes con espesor igual o mayor a 10 cm.

- Temperatura equivalente promedio ( $t_e$ ): es una temperatura indicativa, de la temperatura exterior promedio, durante el periodo de uso de sistemas de enfriamiento.<sup>4</sup>

Para el cálculo de ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado se debe hacer la suma de calor por conducción más la ganancia de calor por radiación solar.

---

<sup>4</sup><http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6933/19/NOM008ENER2001.pdf>

## **2. Normatividad Internacional en Eficiencia Energética**

### **2.1 LEED**

El sistema de certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es un estándar voluntario a nivel mundial, aceptada globalmente como norma en cuanto al diseño, edificación y gestión de edificios sustentables y ecoeficientes.

LEED es un sistema para certificar proyecto, construcción y operaciones en edificios que pretendan ser más sustentables. Para obtenerla, se ha de conseguir una serie de puntos asignados a diferentes aspectos relacionados con la eficiencia energética y la ejecución del proyecto en las siguientes categorías: Parcela Sustentable, Eficiencia en Agua, Energía y Atmósfera, Materiales y Recursos, Calidad Ambiental Interior, e Innovación en el Diseño.

Es probable que el éxito que está alcanzando la certificación LEED es debido a su planteamiento colaborador, cómo intenta trabajar en un mercado integrado y trata de llegar a un consenso para superar normas existentes y prácticas comúnmente aceptadas, todo dentro de la premisa que se está imponiendo a partir de la preocupación de distintos estados sobre el calentamiento global, la responsabilidad medioambiental y la construcción verde.

La entidad del gobierno que tiene en propiedad y explota todos los edificios federales en Estados Unidos (General Services Administration), califica a LEED como la más creíble de entre todos los sistemas de clasificación de edificios sustentables que existen en el mundo.

La certificación LEED ha progresado rápidamente en pocos años en un mercado mundial en constante progreso hacia la construcción eficiente, siendo éste un mercado que ha estado teniendo un impulso añadido por parte de promotores privados y públicos de edificios y desarrollos urbanísticos. Esta certificación se comenzó realmente a definir en el año 2000 por el U.S. Green Building Council (USGBC), teniendo en cuenta qué es un edificio ecológico y cómo proporcionar un medio de medición y certificación respecto a si la construcción es ecológica.

El U.S. Green Building Council (USGBC) ha desarrollado 6 estándares de calificación para todos los ambientes construidos:

-LEED-NC: Edificios de nueva planta y grandes remodelaciones, enfocado principalmente a los edificios de oficinas. Es un sistema de clasificación de edificios eficientes diseñado para guiar y distinguir a los edificios de oficinas de alta eficiencia.

-LEED-EB: Funcionamiento y mantenimiento en edificios existentes. Es un sistema que maximiza la eficiencia en el funcionamiento y mantenimiento mientras que al mismo tiempo minimiza los impactos en el medioambiente y aumenta el bienestar de los ocupantes. Es adecuado para diseñar lugares donde se vive o trabaja que sean rentables económicamente, medioambientalmente responsables y sean saludables y productivos.

-LEED-CI: Remodelaciones de interiores. Es un sistema para la mejora de los espacios de los ocupantes de los edificios o para remodelaciones menores. Da la oportunidad a los ocupantes y a sus diseñadores de realizar actuaciones eficientes en edificios en los que no tienen control sobre el funcionamiento de la totalidad del edificio. Se enfoca específicamente en aspectos que contribuyen a la productividad del empleado: confort térmico, acceso a la luz del día y vistas al exterior, minimizar los contaminantes interiores, control de la iluminación y la temperatura.

Adicionalmente a los beneficios ambientales directos e indirectos, estas estrategias son una inversión, los salarios de los empleados representan hasta el 85% de los costos de operación anual de las empresas. Con esta certificación, los empresarios no solamente invierten en el bienestar de sus empleados, también en su productividad.

LEED-CS: Envoltente y estructura. Es un sistema de clasificación de edificios para proyectistas, constructores, promotores y propietarios de edificios de nueva planta que van a realizar con criterios sustentables el núcleo y envoltente de la nueva planta. Generalmente, cubre los elementos base del edificio, tales como la estructura, fachada y cubiertas así como los sistemas e instalaciones a nivel de todo el edificio, tales como las instalaciones centrales de climatización, electricidad, fontanería, etc. Esta acreditación tiene también en cuenta las relaciones de sinergia que permitan a los futuros usuarios beneficiarse de las estrategias sustentables implantadas.

-LEED-H: Viviendas unifamiliares. Es una herramienta necesaria para los constructores, los propietarios y los gobiernos locales para construir lugares medioambientalmente responsables, saludables y eficientes en recursos para vivir.

-LEED-ND: Desarrollos de urbanismo. Integra los principios de crecimiento inteligente, urbanismo y sustentabilidad en el medio construido en el primer estándar para el proyecto y construcción de urbanizaciones. Hace el énfasis en aspectos del crecimiento inteligente, proyecto y desarrollo de urbanizaciones mientras que incorpora una selección de prácticas importantes de sustentabilidad en el medio construido. Está guiado por los 10 principios del crecimiento inteligente que incluyen; compacidad, proximidad al transporte público, mezcla de tipos de usos, mezcla de tipos de edificios, elementos que favorecen el uso de peatones y bicicletas.

Otros sistemas de certificación LEED se centran fundamentalmente en prácticas de construcción eficiente, con pocos puntos sobre la selección de la parcela.

## **2.2 Energy Star**

El Programa Energy Star es un esfuerzo conjunto de la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y el Departamento de Energía de los Estados Unidos con el fin de promover el uso de enseres y la aplicación de prácticas que redunden en un ahorro energético. Es voluntario y se extiende a la industria y edificios comerciales.

Este programa, cuyo distintivo es un sello azul, fue establecido en el año de 1992 para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al alto consumo energético de artefactos y productos electrónicos. Las computadoras y monitores fueron los primeros en llevar este sello. En 1995 se añadieron a la lista los equipos de oficina y las unidades de calor y enfriamiento residencial. Ya para el año 1996 otras categorías de enseres electrodomésticos y equipos electrónicos se habían agregado al programa.

Hoy cuenta con más de 35 categorías entre las que se encuentran lavadoras, neveras, refrigeradores, teléfonos inalámbricos, lavadoras de plato, computadoras y unidades de aire acondicionado central, entre otras.

Para lograr la certificación en los edificios no residenciales, un ingeniero con licencia debe verificar que el consumo de energía se explica con precisión, que las características de la construcción se ha informado correctamente, que el edificio es completamente funcional, y que cada uno de los interiores se ha cumplido con los criterios ambientales. A partir de esto se llena el documento de inspección de comprobación, se somete a calificación y si cumple con la puntuación mínima, se obtiene la certificación deseada.

### **2.3 ISO 50001**

El objetivo de esta norma es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento de energía, incluyendo la eficiencia energética, uso y consumo. La aplicación de esta norma tiene la finalidad de conducir a reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero, el costo de la energía, y otros impactos ambientales relacionados, a través de la gestión sistemática de la energía.

Esta norma internacional es aplicable a todos los tipos y tamaños de organizaciones, independientemente de las condiciones sociales, culturales o geográficas. La implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización, y especialmente de la alta dirección.

Especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía para que los organismos puedan desarrollar e implementar una política energética, establecer objetivos, metas, y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con importante consumo de energía.

La aplicación de esta norma internacional puede ser adaptada a las necesidades y control de la organización. Se basa en el marco de mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar e incorpora la gestión de la energía en las prácticas cotidianas de la organización.

La norma tiene por objeto cumplir lo siguiente:

- Ayudar a las organizaciones a aprovechar mejor sus actuales activos de consumo de energía.

- Crear transparencia y facilitar la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos.
  - Promover las mejores prácticas de gestión de la energía y reforzar las buenas conductas de gestión de la energía.
  - Ayudar a las instalaciones en la evaluación y dar prioridad a la aplicación de nuevas tecnologías de eficiencia energética.
- Facilitar la mejora de gestión de la energía para los proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Permitir la integración con otros sistemas de gestión organizacional, como ser el ambiental, y de salud y seguridad.<sup>5</sup>

En la siguiente imagen se describe gráficamente el proceso de gestión de ISO.

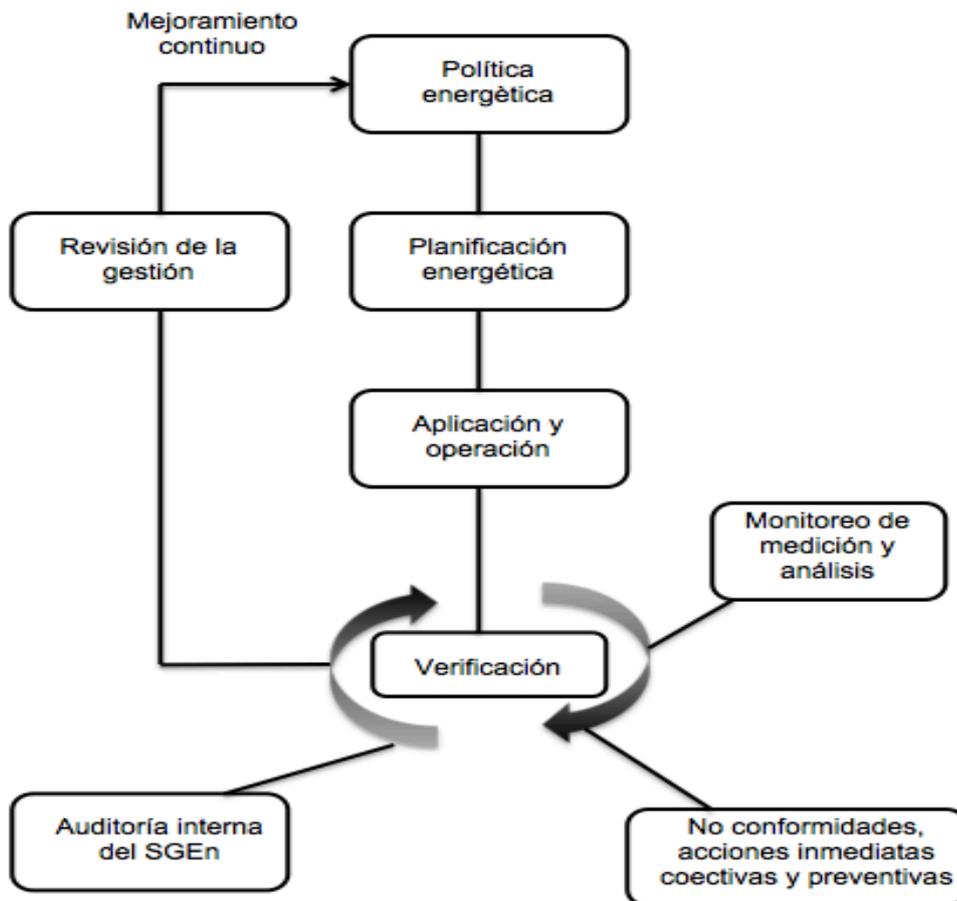


Figura 2.1. Modelo del sistema de gestión energética. ([http://www.iso.org/iso/iso\\_50001](http://www.iso.org/iso/iso_50001))

<sup>5</sup> [http://www.iso.org/iso/iso\\_50001\\_energy-es](http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy-es)

### **3.- Eficiencia en los Edificios, Definiciones y Conceptos**

El 40% del consumo energético mundial se efectúa en los edificios. La inmótica inteligente (automatización de edificios) y las soluciones integrales para el ahorro energético permiten reducir el gasto de energía. La tecnología clave es la automatización inteligente e integral de edificios que posibilita grandes ahorros sin perjudicar a la comodidad.

Un sistema inmótico optimizado para los equipos de medición, control y regulación permite aumentar hasta un 30% la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación y aire acondicionado.

Una regulación muy exacta, optimiza el clima ambiental y proporciona la comodidad necesaria. La diferencia de un grado Celsius en el valor conlleva un ahorro de hasta el 6%. De la misma manera, con actuaciones concretas en iluminación se pueden conseguir ahorros que oscilan entre el 40 y 60%.

Gran parte de la energía se consume en accionamientos. Los grandes consumidores son las bombas y los ventiladores que prestan servicios en áreas de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Por ello los motores trifásicos asíncronos de alta eficiencia contribuyen tanto al ahorro de energía. Sus pérdidas por disipación son hasta un 40% inferior a los de los motores estándar. Sólo una pequeña parte de los costes totales de un motor tiene su origen en el precio de adquisición: la mayor parte provienen de los gastos energéticos durante el ciclo de vida del mismo.<sup>6</sup>

La transparencia de los procesos juega un papel preponderante aparte de la reducción del consumo de energía primaria. Sólo un registro y un control permanentes del gasto energético permiten detectar todos los ahorros latentes de energía y evaluar con realismo el éxito de las medidas de optimización.

Energy Monitoring & Controlling es una solución con base en Internet para la gestión eficiente y económica de la energía.

---

<sup>6</sup> <sup>6</sup> Manual de Eficiencia Energética. Siemens España. Página 56.

### **3.1 Eficiencia Energética Activa y Pasiva**

La eficiencia energética activa se define como la implementación de cambios continuos mediante medición, monitoreo y control del uso de la energía. Por otro lado, la eficiencia energética pasiva se refiere a la implementación de medidas correctivas para evitar pérdidas de energía a través de adquisiciones de equipos de bajo consumo.

Es indispensable aunque insuficiente, utilizar equipos y dispositivos que ahorren energía. Pero sin el control apropiado, estas medidas sólo mitigan los desperdicios de energía, en lugar de reducir el consumo energético y corregir los hábitos de consumo.

Para lograr la eficiencia energética activa, no solo se deben instalar equipos de ahorro energético, sino que también deben ser controlados, para hacer uso sólo de la energía que realmente se requiere. Es el control, el elemento clave para alcanzar la máxima eficiencia. Es la gestión de energía, a través de la medición, el monitoreo y el control lo que genera ahorros permanentes. Más aun, comparado con los costos de instalación de soluciones térmicas, el control de la energía puede ser implementado a un precio relativamente razonable y con un rápido retorno de inversión.<sup>7</sup>

Otro factor clave que debería impulsar la eficiencia energética activa de ahora en adelante, es la necesidad de cumplir grandes retos en materia de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, fijados por los gobiernos afiliados al protocolo de Kioto. Este documento pretende analizar los enfoques de eficiencia energética activa y su viabilidad en edificios existentes comerciales, industriales, privados, públicos y no residenciales; al igual que en los mercados manufactureros, industriales y de infraestructura de transporte.

La energía es consumida en una gran variedad de formas a través de todo el ciclo de vida de los diferentes sectores productivos, desde la explotación de recursos no renovables hasta el consumo necesario para mantener en actividad a las industrias y al comercio.

---

<sup>7</sup> Generando ahorros permanentes con soluciones de eficiencia energética activa. Marchais, Jean-Jacques. Schneider Electric. Pág. 4.

A pesar del gran alcance que puede llegar a tener la legislación, el alza en los precios de la energía tiene un impacto mayor en las empresas, ya que sus márgenes de utilidad se ven reducidos, al enfrentar un dilema entre hacer recortes al interior de la compañía o incrementar los precios de sus productos y servicios, arriesgados a perder competitividad.

La tecnología necesaria para maximizar la efectividad de la electricidad y la manera en que es distribuida, está disponible para controlar la energía utilizada en un edificio. La iluminación puede representar el 40% del consumo de electricidad de un edificio comercial. En las oficinas el boom de las tecnologías de la información ha representado un incremento importante en el consumo eléctrico, al igual que la incorporación de sistemas de aire acondicionado.

En la industria existen sistemas probados para mejorar el control de las aplicaciones eléctricas en toda la planta. La automatización y la creciente demanda de energía eléctrica, al igual que los sistemas hidráulicos y neumáticos ineficientes también han crecido en la mayoría de las zonas industriales.

En breve no habrá motivos ni razones para no ahorrar electricidad u otros tipos de energía de manera activa. Las cifras señalan que la demanda de energía a nivel mundial se incrementará en 36% para el 2035; especialmente en las economías emergentes, donde el uso de nuevos equipos eléctricos va en aumento. Es un hecho que sin un compromiso serio por parte de los consumidores, que obligue a aplicar medidas de eficiencia energética activa, los gobiernos tendrán que actuar a nivel legislativo para alcanzar los objetivos fijados en Kioto.

### ***3.1.1. Tomando Acciones***

Cualquiera puede implementar acciones para conservar la energía: existe la tecnología adecuada, la instalación es relativamente económica en la mayoría de los casos y el retorno de inversión es considerablemente rápido.

Para los grandes consumidores de energía el proceso de eficiencia energética activa debe empezar con una asesoría sobre cómo y dónde se está utilizando la energía y que porcentaje se está consumiendo. Las auditorías en

materia de consumo de energía, sumadas a las recomendaciones, son un buen punto de partida.

Existen amplios productos y servicios de eficiencia energética activa, incluyendo consultorías, estrategias de implementación, soluciones de monitoreo y control, y productos que permiten mantener los niveles de ahorro de energía.

Las soluciones técnicas para optimizar las instalaciones eléctricas pueden incluir una amplia gama de equipos y controladores inteligentes. Estos complementos son relativamente económicos y pueden ayudar a reducir el consumo de energía de un edificio comercial o una planta industrial al menos en un 20%.

Las soluciones de control de iluminación facilitan la optimización en términos de confort, seguridad y uso de la energía. La iluminación representa cerca del 50% de la energía consumida en un edificio comercial.<sup>8</sup>

Dos áreas ignoradas son las de armónicas y factor de potencia. Estas características impactan en el consumo, en los costos e incluso en la durabilidad del equipo. Es responsabilidad de las empresas asegurar que no se contamine el suministro de energía mediante el reflejo de armónicas. El factor de potencia es aún más sobresaliente. Los consumidores que tienen un factor de potencia mínimo, desperdician energía e incurren en costos adicionales.

La eficiencia energética activa puede ser considerada en todo el ciclo de vida de un edificio, desde el diseño al desarrollo y eventualmente, la ocupación.

Incorporar el tema de eficiencia energética activa en la agenda sería más sencillo si se integrara con el resto de los elementos de administración de un edificio. La necesidad de adoptar medidas de administración de energía debería formar parte de la agenda legislativa.

Para la gran mayoría es menor la motivación de salvar al planeta que la de reducir costos. La rentabilidad es el principal motor de la eficiencia energética, pero las nuevas legislaciones en materia de sustentabilidad y los beneficios empresariales de gozar de una buena reputación, también tienen gran valor.

---

<sup>8</sup> Ídem. Pág. 10, 11.

Hacer uso de equipos de eficiencia energética es importante, pero no es la solución completa. Para ser efectivos, las instalaciones deben ser monitoreadas y controladas para lograr un desempeño óptimo que prevenga el deterioro.

### **3.2 Eficiencia Energética Activa en Edificios Públicos y Comerciales Existentes**

Poco a poco, se empieza a dar mayor importancia al consumo energético de un edificio durante la etapa operativa. La administración ineficaz durante esta etapa puede desperdiciar energía de manera significativa.

Adicionalmente, los costos operativos pueden llegar a triplicar los costos de capital del edificio y los costos de mantenimiento pueden alcanzar hasta el doble. Invertir en sistemas que ayuden a reducir el consumo de energía disminuye de manera simultánea los costos operativos.

Las funciones de mantenimiento siempre han sido reactivas, pero al instalar sistemas inteligentes de control, el mantenimiento se convierte en intuitivo y puede ser planificado. La ventaja del mantenimiento planificado es que puede ser presupuestado, en lugar de ser considerado como un gasto no planeado que conlleva a la postergación de trabajos de mantenimiento e incluso a la eliminación de los mismos.

La administración inteligente de la energía es económica. La experiencia muestra que la instalación de la tecnología para medir y monitorear el consumo energético puede tener un período de retorno promedio de seis meses. Un ligero aumento de gasto de capital puede reducir el gasto operativo significativamente. Los estudios de soluciones de medición revelan una reducción promedio del 5% en facturas eléctricas. Además, se pueden lograr ahorros de entre un 2% y 5% por simplemente utilizar de manera adecuada los equipos y hasta un 10% al mejorar la confiabilidad de los sistemas.

La medición exacta es el primer paso para realizar planes de eficiencia energética. Hay tecnología y equipos que pueden ser instalados de forma fácil y rápida si se instalan en el momento de la construcción o la restauración. En la

práctica, es mejor saber exactamente donde se está consumiendo, qué tipo de energía y cuándo.

Lo fundamental es que, por una inversión mínima, se puede implementar el control inteligente y la eficiencia energética activa. El resultado es un edificio atractivo que beneficie a los ocupantes en términos de confort, conveniencia, función y costos, pero también que ofrezca ahorros a largo plazo.

### **3.3 Marco Conceptual**

En la actualidad, los países con fuertes déficit sociales están en la encrucijada de congeniar su desarrollo industrial, tecnológico y de servicios, actividades que tradicionalmente se asocian a un incremento en los consumos de energías, con la sustentabilidad ambiental, la conservación de la naturaleza y el respeto por las comunidades donde existen potenciales fuentes o recursos energéticos. Paralelamente, los países altamente industrializados han generado medidas de eficiencia energética para desacoplar el incremento del producto interno bruto del consumo de energía, que impacta significativamente sobre los recursos naturales y el medio ambiente.

Además de la incorporación de nuevas tecnologías que permiten usar eficientemente la energía, los países desarrollados están introduciendo el uso de fuentes energéticas renovables no convencionales, las que tienen impactos menores sobre el medio ambiente y ayudan a mitigar el cambio climático. Energías como la solar, la eólica, la geotérmica u otras más incipientes y de menor desarrollo, como las precedentes de la química o fenómenos naturales, como las oceánicas, muestran una valorización de los recursos energéticos presentes y futuros, estimulando la conservación y uso eficiente junto a formas reductoras de la contaminación.

Desde el punto de vista tecnológico y económico, la energía es un recurso natural primario o derivado, que permite realizar un trabajo o servir de subsidiario a actividades económicas independientes de la producción de energía. Los recursos naturales se han clasificado en fuentes de energía renovables y no renovables.

La mayor parte de la producción de energía en el mundo se basa en explotación de recursos no renovables. Esta situación se ha transformado en un factor clave, que ha contribuido a degradar los recursos naturales, acelerar el cambio climático y contribuir a exacerbar los conflictos socioculturales en diferentes territorios. Es por esta situación que diferentes corrientes de opinión en el mundo abogan por reducir el consumo de recursos energéticos contaminantes. Al mismo tiempo, se han incorporado en las políticas de generación de energía los conceptos de sustentabilidad y el uso eficiente y responsable de los recursos energéticos.

Como tal, la eficiencia energética es una estrategia válida que puede contribuir a disminuir los graves problemas de la energía y el clima. En este sentido, la sociedad debe predicar con el ejemplo en lo que se refiere a inversiones, mantenimiento y gestión energética de sus edificios, instalaciones y equipamiento. En el sector de edificios no residenciales existe un importante potencial de ahorro de energía que, sin embargo, es difícil de realizar debido a una serie de barreras de tipo administrativo o legal.

Así, por ejemplo, lo que se destina a inversión en tecnologías consumidoras de energía es diferente a la cantidad destinada al mantenimiento y suministro energético de estos mismos equipos. Esta división, en dos áreas incomunicadas, plantea dificultades al seleccionar nuevos equipos con criterios de eficiencia energética, ya que sólo se considera la inversión económica sin ligarla a la factura energética y de mantenimiento a lo largo de toda la vida útil de la instalación.

Desde el punto de vista conceptual, la eficiencia energética no significa ahorro de energía, el cual está asociado a la disminución o restricción en el uso de un servicio o tecnología. Eficiencia energética se refiere a la minimización del insumo energético por unidad de producto, manteniendo la misma calidad o mejorándola. Se origina a partir de la disminución de las pérdidas de energía durante los procesos, conversión o transformación de un tipo de energía a otro. Gracias a ella es posible producir un mismo o mayor volumen de bienes o de niveles de servicio, sin aumentar (o aumentando en una porción menor) el consumo de energía.

La eficiencia energética se basa en 4 áreas básicas de beneficios para el país, que aportarán a un desarrollo más sustentable.

1. Estratégicas: reducción de la vulnerabilidad del país por dependencia de fuentes energéticas externas.
2. Económicas: reducción de los costos de abastecimiento energético para el país; ahorro económico por reducción del consumo energético entre consumidores y la industria; generación de actividades económicas, empleo y oportunidades de aprendizaje tecnológico.
3. Ambientales: descomprimir los recursos naturales y los asentamientos humanos al reducirse la tasa de crecimiento de la demanda por energía.
4. Sociales: los beneficios serán más importantes para las familias de más bajos ingresos, porque gastan un mayor porcentaje de sus ingresos en energía que el resto de las familias.<sup>9</sup>

### **3.4 Medidas de Eficiencia Energética en los Sistemas de Iluminación**

La energía visible tendría como unidad el watt luminoso, sin embargo, dicha unidad, para efectos lumino- técnicos no es práctica, por lo que se ha adoptado otra que esté en coherencia con la unidad patrón de luminosidad, la candela. Entonces, la energía visible o luz, para el lenguaje lumino técnico será llamado flujo luminoso y su correspondiente unidad el lumen.

Para un sistema de iluminación, al ser su función proveer la cantidad de luz que los usuarios requieren, su índice de eficiencia estaría dado por la potencia eléctrica suministrada al sistema y la potencia lumínica entregada por éste.

Como la potencia eléctrica suministrada se mide en watts (W) y la potencia lumínica se mide en lúmenes (lm), entonces la eficiencia se indicará en lúmenes por watt (lm/W). Esto se diferencia de la tradicional eficiencia dada en (%).

Si se considera ahora todo el sistema de iluminación como una unidad,

---

<sup>9</sup> Chaparro, Consuelo; Figueroa, Javier. Guía de Apoyo Docente: La Eficiencia Energética en el Currículum Escolar de Educación Técnica Profesional. Pág. 8.

entonces la eficiencia de éste estaría definida por la eficiencia de sus partes constituyentes, las que se pueden caracterizar como:

Flujo útil final (g)	Proyecto de iluminación (f)	Flujo de las Luminarias Usadas (e)	Flujo de las Lámparas usadas (d)	Perdidas en los equipos auxiliares (b)	Potencia línea (a)	Concepto	
(lúmenes)	(-)	(lúmenes)	(lúmenes)	(watts)	(watts)	(watts)	Energía
(g)/(a) lúmenes/watt Eficacia Luminosa del Sistema	(%) Factor de Utilización	(e)/(d) (%) Rendimiento Lumínico	(d)/(c) lúmenes/watt Eficiencia Luminosa		(%)		Eficiencia Energética Específica

Tabla 3.1. Conceptos de Eficiencia Energética de un sistema de alumbrado (Guía Técnica de Iluminación Eficiente, 2012, Chile)

Aquí se plantea que la eficiencia de un sistema de iluminación pasa por un proyecto de iluminación hecho con criterios de eficiencia energética, es decir, que se articulan las tecnologías disponibles para proveer el servicio adecuado con el menor consumo. Ello se cuantifica mediante el concepto de Factor de Utilización, que resulta de determinar la porción de flujo de lámpara que realmente es utilizada en satisfacer la iluminación del espacio tratado.

Por otra parte, el mantenimiento del sistema de iluminación de un edificio es de gran importancia para el buen funcionamiento de éste. Si las lámparas y las luminarias están sucias, disminuye la emisión de luz y aumenta la temperatura de las lámparas, lo que repercute de manera negativa en el rendimiento luminoso así como en la vida de las mismas.

Las medidas a tomar para que la eficiencia energética sea óptima en el alumbrado dependerán de si la instalación es nueva o si ya está en funcionamiento.

I) Instalaciones nuevas:

- Elegir el tipo de lámparas adecuado para cada aplicación: como norma debe tenerse en cuenta que habitualmente el rendimiento de color alto implica un rendimiento luminoso más bajo, por lo que como primera medida, debe definir

el tipo de alumbrado que requiere, poniendo énfasis en las relaciones del brillo, deslumbramiento directo, reflectancias y acabados apropiados de paredes, suelos, elementos estructurales y máquinas. La importancia de estos factores varía de acuerdo al uso y duración de las actividades a realizar.

- Fijar el nivel de iluminación adecuado a la actividad, de acuerdo a la norma vigente: para los interiores las lámparas fluorescentes pueden cubrir casi todas las necesidades, obteniendo índices de aprovechamiento energético muy altos. Si el número de horas de funcionamiento lo justifica, se deben seleccionar las lámparas de reactancia de alta frecuencia.

Para la selección de luminarias más adecuadas al tipo de lámparas y a los lugares donde se vayan a instalar, se deben tener en cuenta factores como temperatura del lugar, altura de la instalación, control del deslumbramiento, horas de uso y para interiores se recomienda utilizar colores claros y materiales con factor de reflexión alto.

## II) Instalaciones existentes

- Es importante promover el aprovechamiento de la luz natural como primera acción en instalaciones existentes.

- Sustituir las luminarias: sobre todo aquellas que tengan la óptica muy deteriorada o aquellas que no se adapten convenientemente a las características de los locales.

- Ajustar los niveles de iluminación: se debe ajustar los niveles de iluminación dependiendo de las actividades y necesidades que se desarrollan efectivamente en cada espacio.

- Sustituir las lámparas de bajo rendimiento luminoso, por otras de mayor eficiencia: antes de proceder a esta sustitución debe considerarse el régimen de funcionamiento de las lámparas, tales como el número de horas, los encendidos y apagados, y así evaluar el periodo de amortización de esta situación.

- Emplear un número de interruptores adecuado: el hecho de tener un número de interruptores adecuado evita el consumo innecesario de energía eléctrica, ya que es posible que se esté iluminando toda una superficie y que sólo se necesite iluminar parte de esta.

- Instalar superficies reflectoras porque direcciona e incrementa la iluminación y posibilita la reducción de lámparas en la luminaria.

- Utilizar balastos electrónicos, porque permiten ahorrar energía hasta un 10% y corrige el factor de potencia, así como incrementa la vida útil de los fluorescentes.<sup>10</sup>

### *3.4.1. Medidas de Eficiencia Energética en Sistemas de Climatización*

- En ambientes climatizados con calefacción o aire acondicionado, asegurar el control de la temperatura, regulando el termostato.
- No exigir mucho frío al aire acondicionado al momento de prenderlo. No refrescará más el ambiente, solo gastará más energía.
- Usar ventiladores eléctricos para mantener un ambiente cómodamente fresco, disminuyendo el consumo con respecto al costo operacional que supone el uso de un equipo de aire acondicionado.

## **3.5 Eficiencia Energética en la Construcción**

El marco general en que puede inscribirse la eficiencia energética en la construcción es el de construcción sustentable, propuesta que incluye los conceptos de: ahorro, eficiencia y energías renovables. Se trata, en primer lugar, de minimizar las necesidades energéticas a través de las denominadas estrategias pasivas (diseño, orientación y uso de aislamientos); luego, se promueve la eficiencia energética, es decir, el empleo de estrategias que permitan consumir menor cantidad de energía para obtener el mismo confort de un servicio; y por último, se busca usar energías renovables para satisfacer las necesidades presentes y futuras.

Las principales características de la edificación sustentable son:

- Es respetuosa con su entorno y se adapta al medio.
- Ahorra recursos durante el ciclo de vida útil de la edificación (diseño, construcción, operación y descarte);
- Ahorra energía;
- Considera a los usuarios al momento de su diseño y en su operación.

---

<sup>10</sup> Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales. Pág. 79.

### *3.5.1. Acumulación y Restitución de Energía: las Estrategias Pasivas*

Una vez obtenida una buena orientación de los recintos para aprovechar la energía solar, el siguiente paso consiste en utilizar materiales que tengan la capacidad de acumular energía durante el día y que la liberen pausadamente en la noche. Esto resulta útil en las regiones del país donde la oscilación térmica diaria presenta fuertes contrastes.

Los materiales de masa considerable, como la piedra y los cerámicos, poseen una gran inercia térmica, lo que permite que la energía acumulada durante el día se traspase a los recintos durante la noche.

Por otro lado, se sabe que los materiales no tienen la misma transmitancia. Los metales por ejemplo, se calientan con mucha rapidez, conservan una gran cantidad de calor pero se enfrían igualmente rápido. De las maderas se conoce la dificultad para transmitir la energía calorífica, su menor capacidad acumulativa y que tienen un proceso lento de restitución de energía. Si se conoce el comportamiento de los materiales, se puede seleccionar el más adecuado de modo que se pueda controlar la cantidad de energía.

Otra forma de aprovechar mejor la energía del sol, es provocar un efecto invernadero mediante la colocación de superficies vidriadas, la que no permite escapar esta radiación que impacta directamente en los muros y pisos. La calefacción de espacios contiguos a estos “invernaderos”, se puede lograr por la circulación natural del aire hasta que se produce el equilibrio térmico de ambos espacios. Para considerar esta opción, se debe tener especial cuidado de arbitrar medidas de protección del recinto durante el verano, ya que se podría producir un sobre calentamiento de estos espacios.

La inercia térmica de los materiales de construcción, también se puede utilizar para climatizar los ambientes durante los meses de verano. En este caso, el muro o piso, debe estar fuera del alcance de la radiación solar y estar preparado para realizar la función de receptor del calor, es decir, debe estar relativamente frío. Por lo tanto, durante el verano, será necesario proteger del sol a los diferentes elementos de la construcción, mediante el uso de cortinas o parasoles.

Una buena distribución de los espacios, permite que la circulación natural pueda realizar el reemplazo de aire, así como también la distribución de

vegetación y fuentes de agua, permiten mejorar la calidad del aire circulante, mejorando su temperatura y humedad.

### ***3.5.2. Selección de materiales***

Para una construcción sustentable, en la elección de los materiales se deben tener presentes el origen y proceso de fabricación, transporte y reciclabilidad. Para el tema de eficiencia energética, además de saber su comportamiento térmico, es importante conocer los gastos de energía que los materiales tienen en su fabricación, transporte y disposición final.

#### **A) Cubierta (techos).**

La cubierta, formada por múltiples capas; impermeabilización, aislamiento y recubrimiento exterior, ha sido modificada para incorporar mejoras en su comportamiento ambiental y así evitar pérdidas de calor. Así, tendremos las cubiertas multifuncionales, las ajardinadas o ecológicas.

Por ejemplo, existen edificaciones que integran paneles solares fotovoltaicos, mientras otras desarrollan tecnologías que permite tener vegetación en los techos, lo que genera un mejor comportamiento térmico de toda la estructura. Entre los materiales de recubrimiento, los más interesantes serían las clásicas tejas cerámicas y las de hormigón. La pizarra es recomendable siempre que se pueda disponer del material de la zona.

#### **B) Aislamiento**

Son preferibles los materiales naturales a los sintéticos. Existen en el mercado una gran cantidad de aislamientos que incorporan productos naturales. Estos son algunos de ellos:

- Corcho natural triturado.
- Panel de corcho aglomerado negro o natural.
- Panel sándwich de corcho natural.
- Manta de cáñamo protegida con sales.
- Bolas de arcilla expandida.
- Tablero de fibras de madera prensada.
- Placa de vidrio celular.
- Algodón reciclado.

- Copos de celulosa a partir de papel periódico tratado con sales bóricas.
- Áridos a partir de roca volcánica.
- Tablero de fibra de madera aglomerado con cemento o magnesia.

Los materiales sintéticos son los poliestirenos expandidos.

### C) Vidrios

Los acristalamientos deben permitir la iluminación natural y limitar las pérdidas de energía en las zonas de la fachada. Para ello, existen los vidrios dobles con cámara y los de baja emisividad que impiden las pérdidas de calor, mientras que los vidrios laminados aportan un mejor comportamiento acústico. En determinadas épocas del año existe un riesgo de sobrecalentamiento, así que para evitarlo, se debe contar con sistemas de protección solar.

Producto	Espesor (mm)	Luz Visible		Valor K (W/m <sup>2</sup> °K)	Coeficiente de Sombra
		Transmisión (%)	Reflexión (%)		
Openwhite	2	0.92	0.08	5.9	0.01
Openwhite	3	0.92	0.08	5.8	0.01
Openwhite	4	0.92	0.08	5.8	0.01
Openwhite	5	0.92	0.08	5.8	0.01
Openwhite	6	0.92	0.08	5.7	0.01
Openwhite	8	0.92	0.08	5.7	0.01
Openwhite	10	0.92	0.08	5.6	0.01
Openwhite	12	0.92	0.08	5.6	0.01
Openwhite	15	0.90	0.08	5.5	0.01
Openwhite	19	0.88	0.07	5.3	0.01

Tabla 3.2. Cuadro de especificaciones de vidrios (<http://www.digosa.cl>)

### 3.5.3. Arquitectura Bioclimática

El fuerte impacto que tiene el sector de la construcción en México lleva a que el ahorro de energía en este sector sea uno de los principales retos a la hora de limitar las emisiones y la dependencia energética del exterior.

Las tres vías principales para lograr el ahorro de la energía son:

- Buscar diseños ecoeficientes en las edificaciones.
- Fomentar el uso de energías renovables.
- Fomentar el ahorro y la eficiencia en el uso de la energía a través del uso de equipos eficientes, la innovación en materiales y la conciencia de los usuarios.

Además, hay que tener en cuenta que todo esto debe ir unido a conseguir el máximo confort.

#### ***3.5.4. Parámetros que Determinan el Diseño de un Edificio***

##### ***Bioclimático***

El objetivo de un edificio construido con criterios bioclimáticos es el ahorro energético, pudiendo llegar a ser autosuficiente energéticamente. En cualquier caso, un edificio cuyo diseño y construcción ha sido cuidado y regulado puede alcanzar un ahorro de energía de hasta un 60% sin sobre costo en el precio de construcción y sin que suponga un condicionante estético que afecte a la imagen del proyecto.

También es necesario tener en cuenta el uso de materiales reciclados y reciclables. Los materiales deben ser de materia prima lo menos elaborada posible y encontrarse lo más cerca posible de la obra, deben hallarse exentos de elementos nocivos y deben facilitar los intercambios de humedad entre la vivienda y la atmósfera.

Se deben utilizar los recursos naturales del medio en donde se encuentra ubicado el edificio: aprovechamiento de la luz solar, climatización natural, ahorro de agua, aprovechamiento de agua de lluvia, etc.

Uno de los principios básicos en la construcción es el de soleamiento, esto es, aprovechar la mayor cantidad de luz y calor natural en las edificaciones, lo que lleva a menor consumo de energía por concepto de iluminación y menores costos en climatización.

En general, mientras más energía captemos es mejor, ya que ayuda a reducir los consumos de calefacción en invierno. Durante el verano es necesario limitar la radiación mediante elementos de sombreado u otras técnicas para que no se dispare la demanda de refrigeración. En edificios destinados a oficinas es necesario buscar la configuración que garantice una buena iluminación natural pero que no dispare la demanda de refrigeración. Las principales orientaciones son las siguientes:

- Orientación norte: no da el sol nunca y hay la misma luz a lo largo del día, aunque escasa. Corresponde a la zona más fría de la casa.

- Orientación sur: en invierno por la inclinación de la tierra da el sol muchas horas a lo largo del día, mientras que en verano no da directamente a la fachada, sino por encima, de este modo la fachada de la vivienda no se sobrecalienta.
- Orientación este: recibe la radiación de forma tangencial y oblicua en las primeras horas en la mañana.
- Orientación oeste: las fachadas con esta orientación también reciben radiación de forma tangencial y oblicua pero en las últimas horas de la tarde. Como en estas últimas horas la temperatura ambiente es muy superior a la de las primeras horas, el efecto térmico es de sobrecalentamiento, especialmente en los meses de verano.

Un mal aislamiento en edificios aumenta el consumo de calor y aire acondicionado, por ello es importante eliminar las pérdidas de calor con un aislamiento adecuado.

En general los materiales utilizados son de origen mineral u orgánico: fibra de cristal, piedra pómez, corcho, poliestireno, poliuretano, etc.

### ***3.5.5. Aislamiento Térmico en Edificios Existentes***

Rehabilitar energéticamente los edificios existentes supone un ahorro neto de energía. Hay que tener en cuenta que esta medida puede llegar a ahorrar el 50% del consumo energético de los edificios. Lo que sucede es que hay que estudiar cada caso para ver qué tipo de actuación puede acometerse.

Puede haber limitaciones físicas, legislativas o de coste. Cada edificio debe tratarse como un caso singular. De ahí que hacer las cosas bien desde el principio sea prioritario. Las actuaciones posteriores siempre serán más caras y complejas.

### ***3.5.6. Paredes exteriores***

Uno de los sistemas de aislamiento más apropiado es el de paredes exteriores. Consiste en la fijación del material aislante en la parte exterior de las paredes cubriéndolas posteriormente con una nueva capa de yeso.

Este tipo de aislamiento reduce las variaciones en la temperatura, mejorando la capacidad térmica del edificio.

Debido al importante coste del aislamiento externo, es aconsejable realizarlo al mismo tiempo que se realiza la renovación de la fachada del edificio.

Normalmente, al ejecutarse la intervención por el exterior, afectara a la totalidad del inmueble.

Una alternativa al aislamiento externo, es el aislamiento térmico por inyección en cámaras que consiste en si la pared externa tiene una cavidad conveniente, se puede aislar inyectando en ella material aislante. Este método es bastante barato y proporciona un aislamiento eficaz. Es necesario usar materiales que sean estables en el tiempo y que no se degraden provocando gases contaminantes.

Este tipo de solución constructiva requiere una atención especial, tanto por la valoración de su idoneidad como por la ejecución. Se debe recurrir a este tipo de solución cuando queden descartadas otras posibilidades de aislamiento.

### ***3.5.7. Paredes interiores***

El aislamiento de las paredes interiores es bastante barato, aunque reduzca el espacio. Este es indicado cuando es necesario intervenir en espacios selectivos, por ejemplo aislando una pared orientada al norte.

La rehabilitación térmica de la fachada por el interior se recomienda especialmente en los siguientes casos:

- Durante la realización de otros trabajos en el interior del edificio (suelos, particiones, ventanas).
- Cuando no se considere modificar el aspecto exterior del edificio, con lo que no se realizara ningún gasto en elementos auxiliares como andamios.
- Siempre que compense la pérdida de espacio útil con ahorros energéticos y beneficios medioambientales que supone la intervención.

### ***3.5.8. Ventanas y puertas acristaladas***

Es esencial mejorar los cierres de las ventanas reduciendo así la pérdida de calor por los cristales y el marco.

La renovación de los vidrios y marcos representa una de las acciones más eficaces para la mejora de la eficiencia energética del edificio y además consigue aumentar el confort térmico en el interior.

Las principales ventajas de mejora de la eficiencia energética de la envolvente a través de la rehabilitación de cerramientos acristalados pueden ser, entre otras:

- Reducción de las entradas no deseadas de aire a través del cerramiento.
- Reducción de las condensaciones superficiales, interiores, y de aquellas patologías ligadas a las mismas.
- Esta rehabilitación no supone una pérdida de la superficie útil.
- Puede ser aprovechada para recuperar la uniformidad de estética de las fachadas de un edificio.

La principal intervención en edificios consiste en el cambio de ventanas con cristal simple por otras de doble acristalamiento. El espacio entre los dos cristales sirve para reducir la transferencia de calor y debe estar equipada con una capa metálica en la cara del cristal, o estar rellena de gas argón, para hacer el aislamiento más eficiente.

El doble acristalamiento es ideal para zonas climatizadas. Están contruidos generalmente con marcos de PVC o aluminio: los marcos de madera producen mejor aislamiento pero son más caros.

Una solución más sencilla pero con peor rendimiento en cuanto al aislamiento es continuar con el uso de ventanas de cristal simple y añadir una nueva ventana a la anterior, creando así un espacio de aire que aumenta el aislamiento.

### **3.5.9. Cubiertas**

La cubierta del edificio es el elemento más sensible y expuesto a los agentes externos, tanto climatológicos como por el propio uso, por lo que la reparación de goteras, humedades y desperfectos suele ser una práctica habitual. Sin embargo, en estas intervenciones no es común aplicar criterios térmicos o de ahorro de energía cuyos beneficios sean notorios.

Según el aislamiento térmico a la hora de acometer la reforma podemos dividir en:

- \* Rehabilitación de cubiertas con el aislamiento térmico por el exterior.

Es conveniente aislar por el exterior cuando el edificio es de ocupación permanente. De este modo, se cuenta con la inercia térmica para estabilizar de modo más efectivo, las temperaturas y conseguir una reducción adicional en el consumo de combustible para la climatización (calefacción y refrigeración). Normalmente, al ejecutarse la intervención por el exterior, afectara a la totalidad del inmueble, no solo a una zona en particular.

- \* Rehabilitación de cubiertas con el aislamiento térmico por el interior.

Es conveniente aislar por el interior cuando el edificio no es de ocupación permanente. Al aislar por el interior se consigue calentar el espacio con mayor efectividad y rapidez, ya que el sistema de climatización acondiciona sólo el volumen de aire de una zona, los muebles y los acabados interiores. Al ejecutarse la intervención por el interior, puede limitarse a una parte del inmueble intervenido.

### **3.5.10. Suelos**

Los espacios que descansan sobre columnatas y espacios abiertos o sótanos y garajes, si no están lo suficientemente aisladas, pierden calor innecesariamente. El aislamiento puede ser aplicado tanto del lado inferior como el superior de la losa. Esta operación es muy eficaz porque corrige posibles puentes térmicos, es resistente contra impactos y no es fácilmente inflamable.

A continuación se presenta una propuesta donde se utilizan los conceptos anteriores.

## **4.- Propuesta para evaluar la Eficiencia Energética**

### **4.1 El problema y las motivaciones del proyecto**

El planteamiento del problema de esta iniciativa deriva de la necesidad de la sociedad mexicana de mejorar la calidad ambiental, la eficiencia y el ahorro en el uso de la energía en los edificios públicos. Problema económico y social, de impacto nacional que afecta la seguridad energética del país, el medio ambiente, la calidad de vida y la productividad de las personas y, en consecuencia, el presupuesto nacional.

Con el objetivo de consolidar el uso eficiente como una fuente de energía, contribuyendo así al desarrollo energético sustentable de México, se busca implementar una serie de iniciativas público y privadas en los distintos sectores, orientadas a la regulación, fomento, difusión y educación en materia de eficiencia energética.

Los ejes de acción principal es la introducción de criterios de eficiencia energética en la construcción pública nueva y realización de auditorías energéticas, con la finalidad de establecer una línea base de consumos energéticos en el sector edificios, e identificar oportunidades de ahorro de energía. Con la incorporación de estos estándares se busca mejorar los desempeños térmicos y lumínicos al interior de los edificios públicos. Todo esto significa una mayor inversión cuya eficacia y rentabilidad el Estado necesita conocer y evaluar.

El consumo energético de un edificio varía ostensiblemente dependiendo del clima de la localidad, su diseño, la calidad de los procesos constructivos utilizados, el uso, la gestión energética y los sistemas de control. Además, los edificios están expuestos de manera dinámica a múltiples influencias físicas que afectan de manera determinante el consumo energético.

Optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida en un edificio y los servicios o funciones que en él se desarrollan, obliga a observar los siguientes sistemas coincidentes: el sistema edificio, definido por su diseño y construcción; el sistema clima, definido por las variables

climáticas del lugar donde se emplaza el edificio; el sistema instalaciones, definido por las características de los equipos consumidores de energía y el sistema usuario, determinado por las prácticas de uso y expectativas de confort térmico y calidad medioambiental.

Estos sistemas interactúan de forma dinámica, de modo que la relación entre el consumo y la calidad medioambiental de los edificios con diseño constructivo, con los aparatos consumidores de energía y con las prácticas de uso, solo es posible establecerla observando continuamente el comportamiento del edificio en uso durante periodos prolongados, lo que se puede hacer solamente, con técnicas de monitorización. Éstas son técnicas de base experimental, que utilizan redes sensoriales y dispositivos para capturar, transmitir, procesar y controlar, datos aplicables a la medición y control del consumo energético y variables ambientales de edificaciones.

Por lo tanto, este trabajo postula evaluar experimentalmente el desempeño energético y las condiciones medioambientales de edificios, para contrastar las hipótesis de desempeño proyectadas, desarrollar estrategias de optimización y, obtener parámetros para el mejoramiento y la certificación de eficiencia energética y calidad ambiental de edificaciones públicas en México.

Con esto, el proyecto propone: diseñar e implementar sistemas de monitorización para medir consumos energéticos y la calidad ambiental de edificios públicos en uso; analizar la relación del consumo energético con las características físico constructivas de los edificios, las instalaciones demandantes de energía y los hábitos de consumo energético, entre otros y finalmente; identificar y desarrollar propuestas aplicables al ahorro energético y mejoramiento de la calidad ambiental.

## **4.2 Etapas del proyecto**

I. Instalación de capacidades: periodo durante el cual se ejecutan las acciones necesarias para crear y desarrollar el trabajo de monitorización. Se diseña e implementan los métodos de monitorización, se definen y validan los protocolos para evaluar los edificios; se prepara el personal

necesario para las campañas de mediciones y se caracterizan y levantan los edificios sujetos de estudio.

II. Desarrollo: periodo durante el cual se ejecutan las campañas experimentales y se construyen los productos resultados del proyecto; diagnósticos, métodos, propuestas de mejoras, manuales, guías técnicas, entre otros.

III. Transferencia: periodo durante el cual se ejecutan las acciones conducentes a transferir a los usuarios los productos resultados del proyecto, y se valida el modelo de sustentabilidad que se propuso para masificar los resultados en la fase post proyecto.

Las preguntas que plantea el proyecto son varias. Entre éstas destacan las siguientes: ¿Cuál es la capacidad de los edificios para limitar la demanda de energía? ¿Cuánta energía demanda el edificio? ¿Cuál es la capacidad de las instalaciones para limitar el consumo energético? ¿Cuánta energía consume el edificio? ¿El desempeño del edificio, es bueno, es malo, que causa lo determinan, cuál es su orden de importancia?; ¿Las condiciones ambientales de los recintos son buenas, son malas, que factores las explican?; ¿La percepción ambiental de los usuarios es buena, es mala, que causas las explican?; ¿Cómo se comparan las variables medioambientales medidas con la percepción de los usuarios?; ¿Cómo se comparan los consumos energéticos y las condiciones ambientales de los edificios con y sin inversión realizada en cada caso?. Las preguntas anteriores se orientan a encontrar respuestas que permitan responder, la interrogante de mayor interés: ¿Las estrategias de diseño implementadas, tendrán los resultados esperados?

Para responder las preguntas, se consideran varios elementos constitutivos, entre los cuales destacan:

### **4.3 Monitorizaciones y evaluaciones**

El levantamiento de información, considerará la medición continúa de una serie de parámetros físico constructivos, ambientales y de consumo energético, con el objetivo de evaluar un conjunto de prestaciones o

desempeños del edificio, entendidos como el conjunto de características, cualitativas o cuantitativas, que contribuyen a determinar su capacidad para responder a diferentes funciones para los que ha sido diseñado.

La determinación de indicadores y análisis de desempeños, combina técnicas experimentales de monitorización con otras de simulación. Técnicas para medir consumos energéticos, patrones de consumo horario, diario y estacional, junto con medición de variables ambientales y propiedades térmicas y permeables de la construcción. En paralelo, se elaboran encuestas de orden para medir el grado de satisfacción de los usuarios.

La preparación considerará el diseño de protocolos estandarizados de medición, procesamiento y análisis de información y la preparación de cuadros técnicos en el uso de ellos.

El trabajo consultará la elaboración y aplicación de los siguientes protocolos:

1) Protocolo de caracterización de edificios: útil para levantar información sobre el edificio y sus instalaciones y para conocer la estructura y el funcionamiento del edificio desde el punto de vista energético ambiental. Permite organizar sistemáticamente información necesaria para realizar monitoreo y auditorías e interpretar sus resultados. Información del edificio respecto al diseño, materialidad, estado de conservación y su relación con el entorno; para caracterizar sus instalaciones consumidoras de energía; y para caracterizar el régimen de funcionamiento del edificio, capacidad máxima, funciones internas más habituales, periodos, etc.

2) Protocolo de parámetros energéticos: útil para medir y levantar información de consumo de energías del edificio. Información para apreciar la eficiencia energética de las instalaciones, la calidad térmica del edificio y para definir medidas de optimización.

3) Protocolo de medición de parámetros ambientales: Útil para medir y levantar información de variables ambientales de recintos representativos del edificio, a partir de la cual se estará en condiciones de apreciar su desempeño energético ambiental. Especifica procedimientos para efectuar monitoreo de temperaturas de aire y de superficies e iluminación.

4) Protocolo de medición de parámetros físico constructivos: sirve para medir y levantar información sobre parámetros físicos constructivos del edificio, útiles para calificar el desempeño en cuanto a su diseño. Especifica procedimientos para efectuar monitoreos y determinaciones de permeabilidad al aire, flujos de calor y transmitancias térmicas de la envolvente, necesarias para caracterizar la hermeticidad y calidad térmica de la construcción.

5) Protocolo de medición de percepción de usuario: útil para evaluar, a través de encuestas diseñadas al efecto, el grado de satisfacción de los usuarios del edificio, con las condiciones medioambientales, térmicas y lumínicas de los recintos.

#### **4.4 Matriz de Análisis y Sistema de Calificación de Desempeño.**

Se busca implementar una matriz de medición y análisis de desempeño de cuatro frentes de observación post ocupacional. El primero de análisis físico del edificio, que mide la actitud del diseño pasivo a través de la determinación de su capacidad para limitar la demanda energética y, particularmente la aptitud de la envolvente para limitar flujos de calor y aire, entre otras determinaciones.

El segundo, dirigido conocer el confort ambiental, higrotérmico y lumínico que brinda el edificio a sus usuarios. El tercer frente se orienta a conocer la eficiencia energética de las instalaciones previstas para el acondicionamiento ambiental. El cuarto frente de observación se dedica a medir la percepción de los usuarios del edificio con las condiciones medioambientales, térmicas y aéreas de los recintos.

En relación a las necesidades de respuestas, para cada uno de los frentes de observación, se definirán exigencias de desempeños e indicadores parametrizables, a través de los cuales éstos se miden y evalúan.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Madellane, E. Elaboración y Aplicación del Método de Evaluación de Calidad de la Energía y Medio Ambiente, pág. 7.

En la tabla que se encuentra en el anexo I del presente se resume la matriz de análisis considerada. (Véase Anexo I: Matriz de Calificación de Desempeño página 89).

Por otra parte, el sistema de calificación para la certificación considerara siete clases o niveles de desempeños que van desde A (excelente) al G (muy malo), forma similar al sistema de etiqueta para calificar eficiencia energética de aparatos electrodomésticos.

El dominio definido por las referencias A y G se determinara, para cada desempeño, a partir de la revisión de estado de arte local y análisis de viabilidad técnica y económica. En tanto al nivel intermedio E representa la clase que se entiende aceptable y se define a partir de valores límites que fijan ordenanzas o normas nacionales cuando estas existen, investigaciones y estudios locales, ordenanzas extranjeras o por acuerdo establecido previamente según las expectativas existentes.

En la figura siguiente, se muestra el modelo de construcción del método aplicado a cada uno de los desempeños sujetos de estudio.

### ESCALA DE REFERENCIA

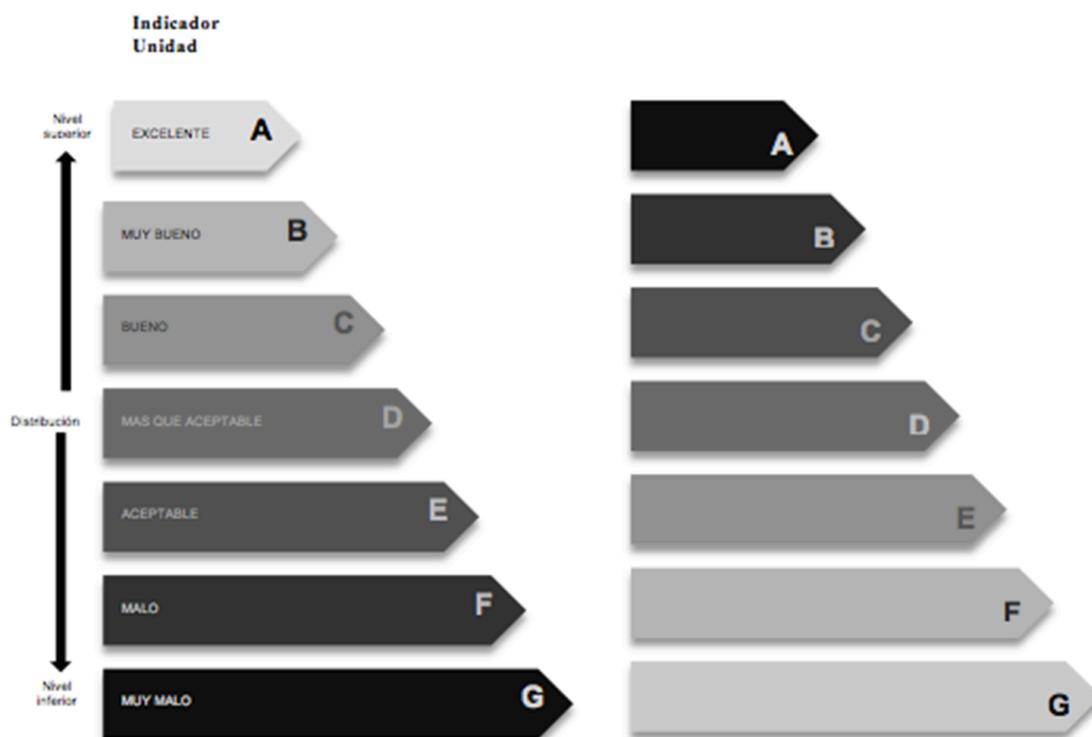


Figura 4.1. Modelo de método de construcción de referencias del sistema de calificación de desempeños (Código Técnico de la Edificación. 2013. España.)

Es necesario entender el concepto de clasificación, y en base a qué criterios están definidos los límites entre las letras que dan la clasificación energética. Está basada en un sistema de calificación que resulta de los diagnósticos propuestos y que han dado resultado en edificios ya calificados en otros países, en donde la referencia corresponde a unos valores medios con características similares al edificio objeto.

El cuestionario consta de 120 preguntas y depende de la cantidad de puntos obtenidos la calificación que se le da. (Ver Anexo II).

De 0 a 17 – G

De 18 a 34 – F

De 35 a 51 – E

De 52 a 67 – D

De 68 a 83 – C

De 84 a 99 – B

De 99 a 120 - A

#### **4.5 Productos Resultados del Proyecto**

Las distintas dimensiones y evoluciones post ocupacionales permitirán evaluar distintas estrategias pasivas y activas. Este proceso permitirá además, desarrollar conocimiento tecnológico, que se conjunta para su transferencia y aplicación para el mejoramiento energético y ambiental de los futuros edificios públicos en México. Propósitos para los cuales se desarrollaran manuales y guías técnicas, informes diagnósticos, seminarios y otros, que en conjunto constituyen los resultados intermedios y finales del proyecto.

Los principales productos resultados del proyecto son siete y se explican como sigue:

- Producto resultado 1: protocolos de medición y levantamiento de información. Procedimiento normalizado que sirve para estandarizar los procesos de medición y levantamiento de información aplicables a la evaluación energética y ambiental de edificios. Protocolos para caracterizar edificios, efectuar determinaciones de variables de consumo energético,

ambiental y físico constructivas, y aplicar mediciones de percepción de usuarios

- Producto resultado 2: método de calificación de desempeño. Procedimiento para evaluar la calidad de estrategias de diseño activas y pasivas de edificios. Método que utiliza un sistema de referencia o etiquetado y mediciones de desempeños y verificaciones de cumplimiento, para inferir respecto de la eficacia y rentabilidad de la estrategia utilizada.

-Producto resultado 3: informe de mediciones. Da la información primaria recogida como el resultado de la aplicación de los protocolos. En general datos sobre el edificio que derivan catastros y otros resultados de mediciones de consumo, medio ambientales y físico constructivas.

- Producto resultado 4: informes diagnósticos. Informe que da cuenta de la evaluación de las estrategias pasivas y activas de los edificios. Trabajo de análisis que utiliza las mediciones y el sistema de calificación de desempeños, dirigido a apreciar la capacidad que tienen los edificios para limitar la demanda energética y de proveer condiciones de confort ambiental de sus usuarios. A partir del análisis se establece y pone en relación de importancia los factores que determinan el comportamiento de los edificios y se proponen mejoras.

- Producto resultado 5: informe de mejoras. Informe que detalla las especificaciones técnicas de soluciones, debidamente evaluadas económicamente, para mejorar, hasta el nivel conceptuado como aceptable los desempeños energéticos y ambientales valorados insuficientes en cada uno de los edificios comprendidos en la muestra. Soluciones que involucran cambios en los diseños, y en las instalaciones destinadas al acondicionamiento ambiental y en las formas de gestión y utilización de los edificios.

- Producto resultado 6: manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios públicos. Guía técnica dirigida a los profesionales responsables de proyectos y construcción de edificios públicos. Debe de incluir recomendaciones y soluciones aplicables al diseño, los procesos constructivos y al control de calidad de obras con criterios de eficiencia energética.

- Producto resultado 7: Manual de gestión energética para edificios públicos, dirigida a responsables de la administración energética. Incluye la especificación de un sistema de gestión para ahorro y uso racional de la energía de los edificios.

#### **4.6 Estrategias de Diseño Arquitectónico Pasivo**

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

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

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

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

Para reducir al máximo las pérdidas de calor no deseadas, se recomienda minimizar la superficie de la envolvente. En el caso de que se quisiera que el edificio perdiera calor por su envolvente, en climas cálidos principalmente, se recomienda aumentar el factor de forma. Los volúmenes pequeños suelen tener un factor de forma mayor que los grandes edificios, especialmente si son de un solo nivel.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> <http://www.iconstruccion.cl>

En el caso de que no se pueda modificar el factor de forma de un edificio se debe prestar más atención a la calidad de la envolvente (en climas fríos) y al control de la radiación solar; ya sea aprovechándola en climas fríos o minimizándola en climas cálidos.

$$\text{Factor de forma} = \frac{\text{superficie}}{\text{volumen}}$$

#### *4.6.1. Zonificación Interior*

Con esta estrategia se desea organizar los espacios que contiene un edificio de acuerdo a sus necesidades de calefacción e iluminación natural.

Normalmente un edificio contiene espacios con distintos usos. Estos espacios tienen distintas necesidades, por tanto deben ubicarse en distintas zonas del edificio.

En climas fríos o templados es necesario proteger los accesos a los edificios de las temperaturas exteriores y del viento en invierno.

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

El propósito de este proceso es identificar los factores climáticos que afectarán a la edificación pública antes de comenzar el proceso de diseño esquemático, para luego identificar las principales estrategias de diseño apropiadas para el clima local. Es necesario tener la mayor cantidad de información al enfrentar este proceso.

- Identificación del clima y microclima: es necesario estudiar las temperaturas máximas, mínimas, máximas y mínimas promedio del lugar para las cuatro estaciones del año. Considerar además los niveles de humedad relativa del aire para dichos periodos, pluviometría de la zona, asoleamiento y niveles de radiación solar, dirección y velocidad del viento, nubosidad.

Se deben considerar situaciones geográficas excepcionales de la zona en que se ubicará el edificio, conocidas como microclima. Los factores más importantes que intervienen en los microclimas son: grado de continentalidad, forma general del territorio, obstrucciones como cerros, montañas y valles.

- Estudio de las estrategias adecuadas para el clima en estudio: de acuerdo a la zonificación climática establecida se sugiere considerar distintas estrategias de diseño pasivo para edificios públicos localizados en cada uno de los distintos climas existentes en México.

#### *4.6.2. Diseño de la Envolvente*

La envolvente de una edificación pública tiene una vital importancia por cuanto genera la mediación entre el espacio interior y el clima exterior. Según esto, las primeras consideraciones de la envolvente se relacionan con la orientación del edificio y con el diseño y ubicación de ventanas.

El primer principio para el diseño de la envolvente es la aislación térmica, ya que en la mayoría de los climas de México, una de las estrategias más efectivas de diseño pasivo consiste en aislar la envolvente de la edificación con el objetivo de minimizar las pérdidas de calor por conducción. El segundo principio consiste en sellar la envolvente al paso del aire, evitando de este modo las pérdidas de calor por infiltraciones.

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

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

La envolvente se compone por elementos de cubiertas, fachadas, pisos y cerramientos en contacto con el terreno. Este proyecto propone soluciones típicas para cada elemento, de acuerdo a los estándares definidos para cada zona climática de México, considerando un nivel E o aceptable dado por los valores mínimos a los cuales se puede optar, quedando como desafío el lograr niveles de mejor desempeño que pueden alcanzar los niveles D (más que aceptable) hasta A (excelente).

#### *4.6.3. Estrategias de Calentamiento Pasivo*

Las estrategias de calentamiento pasivo corresponden a aquellas que se generan para climas templados y cuyo objetivo es aprovechar aquellas ventajas del clima de verano (asoleamiento), y además protegerse de las desventajas (bajas temperaturas).

Para poder establecer estrategias de calentamiento pasivo es necesario conocer bien las distintas formas en que se genera calor en los edificios. Normalmente en la mayoría de las edificaciones públicas, tal como los edificios de oficinas y establecimientos educacionales, existen altas cargas de calor internas generadas por equipos, iluminación y ocupantes.

Las estrategias principales de calentamiento pasivo son las siguientes:

- \* Captación: la energía solar en forma de radiación puede ser captada por el edificio y transformada en calor. Esta captación puede ser directa, indirecta o aislada.
- \* Conservación: es necesario mantener el calor dentro de los recintos, para esto es necesario aislar la edificación del exterior.
- \* Almacenamiento: la masa térmica de las edificaciones, dada por su materialidad, contribuye a almacenar calor durante el día para emitirlo durante tarde y noche.

\* Distribución: el calor captado deberá distribuirse, de manera que llegue a distintos recintos del edificio, lo que puede realizarse en forma natural o forzada.<sup>13</sup>

#### ***4.6.3.1. Ganancias Solares Directas***

Es la forma más simple y de menor costo para aprovechar la energía solar y generar calor.

La captación solar directa es muy efectiva en edificios con una buena envolvente que considere aislación térmica, masa térmica y ventanas de buena calidad. Esta estrategia es aplicable en zonas climáticas que se caracterizan por bajas temperaturas en invierno. No es recomendable en edificios públicos emplazados en climas calurosos, ya que éstos por sus altas ganancias internas tienden fácilmente a sobrecalentarse. En estos casos se recomienda utilizar protecciones solares para controlar la entrada de los rayos solares al edificio, y con ello evitar el sobrecalentamiento en verano.

Es necesario considerar que estas estrategias funcionan bien siempre que exista radiación solar directa sobre elementos con masa térmica. Por el contrario, esta estrategia no funcionará de la mejor manera si el clima se caracteriza por presentar una cantidad importante de días nublados durante el invierno. De igual manera se debe cuidar que los elementos de masa térmica, no tengan revestimientos aislantes que disminuyan su capacidad de acumular calor.

La correcta orientación de los espacios es relevante para la efectividad de la captación directa, ya que se debe considerar la trayectoria solar y priorizar la ubicación de los espacios de mayores requerimientos de habitabilidad. Se recomienda ubicar los espacios con menor ocupación o que no necesiten iluminación directa, tal como bodegas, baños, áreas de servicio y circulaciones, al norte del edificio. Se debe considerar que el sol de la mañana, debido a su

---

<sup>13</sup> De Herde, A. Manual de Arquitectura Bioclimática. Pág. 68.

inclinación, no proporciona tanto calor como el sol de mediodía, y que el sol poniente puede causar problemas de deslumbramiento y sobrecalentamiento

Es importante considerar que un área de ganancia solar directa será una superficie vidriada en la fachada sur que puede sufrir pérdidas de calor por la noche, por lo que debe estar suficientemente aislada.

Este tipo de estrategias depende de la cantidad de radiación solar directa que llegue a los pisos o muros de un material rocoso. En caso de que existan muchos días soleados, existe el riesgo de sobrecalentamiento, y por el contrario, si hay nubosidad permanente, no se podrá capturar la cantidad de calor necesaria para calentar en forma pasiva los espacios. Es por esto que es necesario combinar esta estrategia con la de ventilación natural, y con algún tipo de sistema de calefacción para ayudar a mantener una temperatura confortable.

El sobrecalentamiento puede ser un problema grave en un edificio público, por lo que se deben considerar protecciones que eviten que los recintos reciban una radiación solar directa y desmedida. Estas obstrucciones al ingreso de la radiación solar pueden estar constituidas por aleros, celosías, arboles, etc.

Al comenzar el proceso de diseño, se recomienda minimizar las pérdidas de calor que se originarán por superficies vidriadas no orientadas al sur, controlando por ejemplo, el tamaño de las superficies vidriadas en orientación norte. También es importante aislar el edificio y controlar las pérdidas por infiltraciones, porque no tiene sentido proponer estrategias de captación solar si el edificio perderá calor por toda su envolvente.

Algunas medidas necesarias para tener en cuenta relativas a pérdidas y ganancias:

1. Estimar el tamaño de las superficies vidriadas. Utilizar los siguientes rangos: en un clima frío a templado considerar entre 0.02 y 0.04 m<sup>2</sup> de superficie de área a calentar; en un clima moderado a templado considerar entre 0.1 y 0.2 m<sup>2</sup> por cada m<sup>2</sup> de área a calentar.
2. Estimar la cantidad de masa térmica necesaria para almacenar el calor captado: como regla general se puede considerar una masa térmica de

hormigón de 100 a 150 mm de espesor, tres veces el tamaño de captación.<sup>14</sup>

#### **4.6.3.2. Ganancias Solares Indirectas**

Se consideran ganancias indirectas los sistemas en que la radiación solar es absorbida por un sistema que regula el ingreso al interior de los recintos habitados, según las necesidades de este.

El muro trombe es un muro orientado hacia el sur compuesto por un revestimiento de vidrio y un muro de material con inercia térmica. Entre estas dos capas se encuentra una cámara de aire.

Generalmente el muro es de colores oscuros con el fin de aumentar la absorción del mismo. El grosor del muro provee un retardamiento térmico que permite que el calor absorbido demore una cierta cantidad de tiempo en ser entregado al interior del recinto. Este retiramiento se puede calcular para optimizar el uso de calor. El vidrio permite que la radiación penetre y caliente el muro, pero es semi opaco a la radiación infrarroja, por lo que no lo deja escapar. El calor, capturado y acumulado, se moviliza a través del aire desde la cámara del muro trombe hacia el recinto habitado. El aire caliente tiende a subir y sale por las rejillas de ventilación superior del muro hacia el ambiente y es remplazado por aire a menor temperatura proveniente del espacio interior.

Este tipo de muros se recomienda orientarlos directamente al sur, o bien con un ángulo aproximado de 5°, ya que una desviación mayor disminuye la efectividad del sistema.

Si la capacidad de almacenamiento de calor de la masa térmica no es adecuada, éste se puede sobrecalentar. Se debe considerar que la cantidad de masa térmica sea adecuada y congruente con el área del colector.

Si la masa térmica es excesiva el calor captado se entregara al ambiente cuando ya no es necesario, lo que hará ineficiente al sistema. Es

---

<sup>14</sup> Kwok, A. y Grondzik, W. El Manual de Estudio Verde. Pág. 50.

necesario un estudio minucioso para conjugar el volumen de masa térmica con las necesidades del espacio a calentar. Este factor está relacionado con la materialidad de la construcción, el clima y lo que se quiere lograr con el sistema.

Se debe considerar que el sistema pueda ser aseado en forma periódica. Los vidrios y superficies y absorción deben ser accesibles.

El muro trombe incluye mecanismos que se activan de forma mecánica. Se recomienda que la activación sea automática, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento del mismo.

Para su proceso de diseño en general, se recomienda tener las mismas consideraciones establecidas en la captación de ganancias solares directas.

#### ***4.6.3.3. Ganancias Solares Aisladas***

La captación de ganancias aisladas es una estrategia solar pasiva que capta, acumula y distribuye el calor a través de un espacio que está térmicamente separado de los espacios habitados del edificio. El ejemplo más común de esto es el espacio solar o invernadero adyacente al edificio.

El espacio solar se trata de un espacio especialmente diseñado para captar y almacenar el calor. El método utilizado es el efecto invernadero. Se utilizan muros de vidrio, acrílico u otro material translúcido para captar la radiación solar que es recibida por muros y pisos, los que la transforman en energía de onda larga que no puede salir tan fácilmente por los vidrios (aunque se producen pérdidas considerables por conducción a través de éstos).

Esta estrategia es difícil de controlar, por lo que no se recomienda que los invernaderos sean espacios habitables, más bien espacios intermedios, que puedan habituarse en aquellas situaciones en que el clima lo permita. Una buena orientación es indispensable para el buen funcionamiento de esta estrategia.

Es necesario considerar estrategias de ventilación para extraer el calor excesivo antes de que ingrese a los recintos habitables, así como una

adecuada protección solar del espacio que permite prevenir el sobrecalentamiento del edificio.

La distribución del calor hacia los recintos que lo requieren debe ser considerada desde el inicio del proceso de diseño. Esta puede ser directa o indirecta, activa o pasiva.

Se debe cuidar la aislación de los espacios solares, ya que se puede perder gran parte del calor generado a través de las superficies vidriadas poco aisladas y a través de las infiltraciones.

Al comenzar el proceso de diseño, se recomienda tener las mismas consideraciones establecidas en la captación de ganancias directas.

#### ***4.6.3.4. Masa Térmica***

La masa térmica es una estrategia de calentamiento y de enfriamiento pasivo, recomendable para edificaciones públicas localizados en todas las zonas climáticas de México.

La utilización de masa térmica es una estrategia de calentamiento pasivo en invierno que complementa la estrategia de captación solar, pero también es una estrategia para evitar sobrecalentamiento en verano, por lo que es siempre recomendable considerar elementos constructivos con masa térmica en edificaciones públicas.

Una vez que hemos captado la radiación solar en el edificio, es necesario mantener el calor generado en el interior. Éste se almacena en el seno de los materiales, para luego aportarlo al ambiente cuando sea necesario.

Los materiales con mayor masa e inercia térmica son los materiales pétreos. Esta es una propiedad de los materiales que depende del calor específico y la conductividad térmica. Da relación con la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que lo cede o absorbe del entorno. Esta propiedad se utiliza para hacer más estable la temperatura dentro de los edificios.

La capacidad de acumulación de calor de los materiales permite la atenuación de las fluctuaciones de temperatura en el interior y el desfase térmico entre la temperatura exterior y la interior. La siguiente tabla muestra

los materiales usados más comúnmente con su respectiva cantidad de masa térmica.

Material	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Calor específico (KJ/Kg.K)	Capacidad térmica volumétrica Masa térmica (KJ/m <sup>3</sup> .K)
Agua	1000	4.186	4186
Concreto	2240	0.920	2060
Ladrillo	1700	0.920	1360
Piedra	2000	0.900	1800
Adobe	1550	0.837	1300
Tierra apisonada	2000	0.837	1673

Tabla 4.1. Materiales con Masa Térmica (Gonzalo G., Manual de Arquitectura Bioclimática. Pág. 70)

#### 4.6.4. Estrategias de Enfriamiento Pasivo

La mejor manera de limitar los consumos de energía por enfriamiento es a través de un buen diseño arquitectónico que considere las condiciones climáticas del lugar en que se emplaza el proyecto. Para utilizar de forma correcta las estrategias de enfriamiento es necesario considerar tres aspectos clave: clima, materialidad y uso del edificio.

Los edificios se pueden clasificar como edificios de baja o alta carga térmica interior. La edificación pública es normalmente de alta carga interna por la gran cantidad de equipos presentes en los recintos y por la cantidad de personas que los ocupan. En este tipo de edificios es necesario considerar las cargas internas como un factor determinante a la hora de seleccionar y calcular una estrategia de enfriamiento.

Otro aspecto importante al momento de definir las estrategias de enfriamiento pasivo de la edificación pública es conocer los patrones de uso del edificio. Por ejemplo, los edificios de oficina se ocupan todo el año, incluyendo el verano, por lo que es más probable que tengan necesidades enfriamiento, principalmente en climas cálidos

Las estrategias de ventilación natural, además de propender al confort térmico en verano, proporcionan una renovación de aire para controlar los niveles de dióxido de carbono, humedad y contaminantes en

suspensión presentes en los espacios interiores. Estas pueden ser: ventilación cruzada, convectiva y nocturna de masa térmica.

#### *4.6.4.1. Ventilación cruzada*

Es la forma más simple de ventilar, ya que esta estrategia utiliza dos ventanas en fachadas opuestas, las que al abrirse simultáneamente generan movimientos de aire. El flujo arrastra el aire a mayor temperatura y lo reemplaza por uno a menor procedente del exterior. El enfriamiento se produce tanto por la diferencia de temperatura, como por la sensación de refrescamiento que produce el aire en movimiento. Para que se produzca esta sensación, la temperatura exterior debe ser al menos 2°C menor.

Esta estrategia funciona por la diferencia de presión que se produce entre una ventana y otra por efecto del viento. Dependiendo de la procedencia de los vientos predominantes, una fachada tendrá presión positiva y la otra negativa.

Para que esto funcione la distancia de una ventana a otra debe ser como máximo 5 veces la altura del piso a cielo, sin exceder los 15 metros.

Cuando se quiere ventilar un edificio a través de la ventilación cruzada, hay que tener cuidado en la resolución de las divisiones de los espacios interiores, ya que las divisiones de piso a techo pueden modificar o estancar el aire en algunas partes del edificio.

En caso de ser posible, se recomienda utilizar muros divisorios bajos para diseñar los espacios interiores.

Se recomienda asegurar una diferencia de temperatura entre el aire exterior y el interior. En el caso que la diferencia no sea favorable, es posible crear la sensación de una menor temperatura al aumentar la velocidad del aire dentro de los espacios. Estas estrategias ayudaran al ocupante, siempre y cuando el movimiento de aire se produzca a nivel en que permanezca el usuario.

Si el propósito de la ventilación cruzada es enfriar la masa térmica de los elementos constructivos por la noche, se recomienda maximizar el

contacto del aire con los elementos constructivos para que estos le transfieran calor.

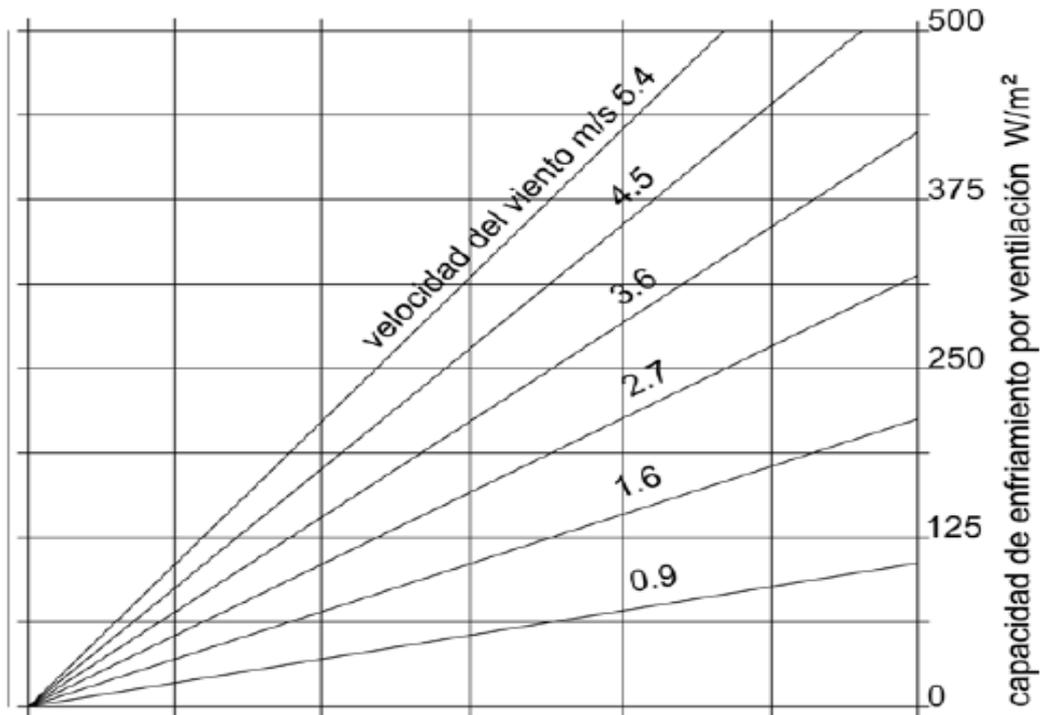
Se debe considerar que al abrir ventanas pueden ingresar al edificio ruidos y elementos de suspensión, tales como smog y olores.

Su diseño de proceso consta de los pasos siguientes:

- 1.- Medir la distancia entre ventanas en muros opuestos para comprobar si es posible la aplicación de esta estrategia. Considerar que la distancia no debe superar los 15 metros.
- 2.- Constatar que la velocidad media mensual del viento es suficiente para los meses en que se quiere aplicar la estrategia, es decir, sobre 2.5 m/s
- 3.- Estimar la necesidad de enfriamiento para el edificio en  $W/m^2$ .
- 4.- Establecer el área de ingresos de aire: considerar solo ventanas practicables y ajustar la capacidad de ventilación según el tipo de apertura.
- 5.- Determinar el porcentaje de área de ingreso de aire en función de los metros cuadrados de planta.
- 6.- Utilizando la siguiente gráfica se debe encontrar la interacción entre el porcentaje de área de ingreso y la velocidad del viento de diseño. Esto nos dará por resultado la capacidad de ventilación.
- 7.- Comparar el resultado del punto 6 y 3 y balancearlos, según sea necesario.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Ídem. Pág. 55.



Gráfica 6.1. Capacidad de enfriamiento por ventilación cruzada (Kwok y Grondzik, pág. 55)

#### 4.6.4.2. Ventilación por Efecto Convectivo

La ventilación por efecto convectivo o efecto “stack” utiliza la estratificación que se produce por la temperatura del aire. A medida que el aire se calienta es menos denso y sube; el aire que sube es reemplazado por aire que ingresa a menor temperatura del exterior. Solo funcionará si el aire exterior está a menor temperatura que el aire interior del edificio (mínima diferencia de 1.7 °C).

Esta estrategia requiere considerar aperturas en la parte inferior y superior del edificio, de manera que la altura del “stack”, establecida por la distancia entre éstas y por la superficie libre de las aberturas, define la efectividad del sistema.

Usualmente se utiliza en chimeneas de ventilación para la salida del aire, las que pueden ser integradas o sobrepuestas a la geometría del edificio.

Esta estrategia no depende de la velocidad del viento, por lo que se puede implementar en lugares donde la velocidad sea inferior a los 2.5 m/s, como por ejemplo, en la región metropolitana.

Para aumentar la efectividad de este sistema se pueden usar dos estrategias:

1. Aumentar diferencia de temperatura entre el aire que ingresa y el que sale, utilizando la energía solar para calentar el aire en la chimenea. Esto se denomina chimenea solar.
2. Aumentar la altura de la chimenea. Mientras más alto, mayor estratificación de temperaturas. Normalmente el efecto convectivo logrará remover el aire de la mitad inferior de la altura total.

Cuando la temperatura exterior es menor que la interior, el aire fluye hacia el interior a través de las aberturas bajo el nivel neutro de presión (NPL) y hacia afuera sobre él. El tamaño y ubicación de las ventanas modifica la ubicación del NPL. Es importante considerar que los espacios deben estar conectados en forma directa. Se recomienda utilizar tabiques bajos y otras estrategias de diseño que no interrumpen el flujo de aire.

Cuando se quiere lograr un efecto convectivo eficiente, se debe diseñar pensando que el “stack” debe ser suficientemente alto para que el NPL quede sobre el edificio, y de esta manera sacar todo el aire caliente.

El aire que ingresa al edificio puede contener contaminantes por lo que es necesario evaluar la ubicación de las tomas de aire. También pueden ingresar ruidos molestos.

Los “stacks” pueden ser expuestos o integrados, lo que depende fundamentalmente de la expresión que se quiera dar al edificio. Pueden ser de tres diferentes tipos:

- Atrio: es un espacio de múltiples alturas que unen los distintos niveles del edificio y que permite una mejor ventilación del edificio que si se hiciera por pisos.
- Chimenea: pueden ser objetos arquitectónicos. Es necesario considerar que los caudales de ventilación natural son distintos a los de ventilación mecánica ya que no existe una impulsión de aire.

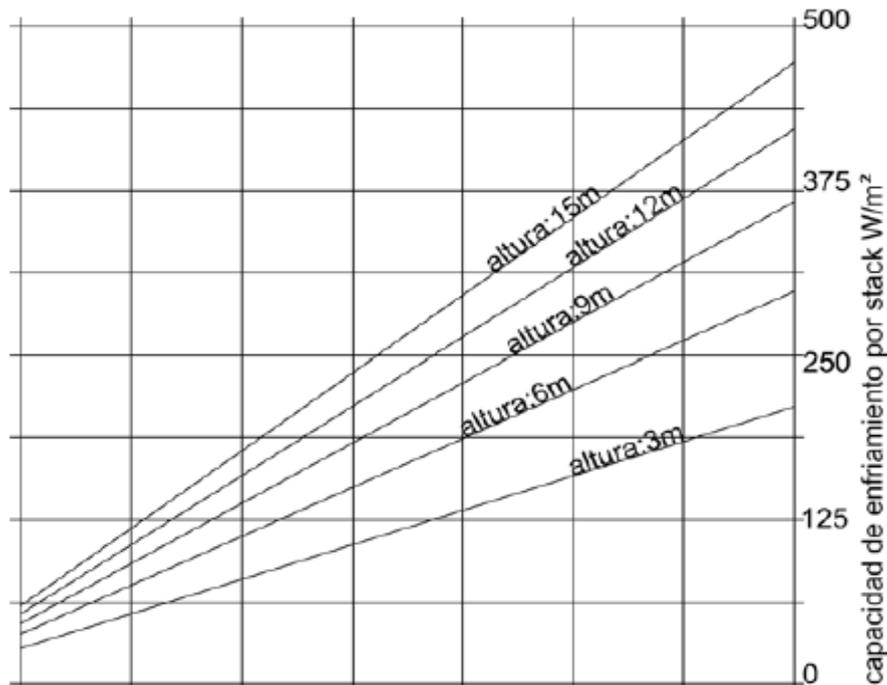
- Chimenea solar: son sistemas compuestos por tres partes fundamentales; un área de recolección de energía solar en la parte superior de la chimenea, un eje principal de ventilación, y ductos de entrada y salida de aire. Calentar el aire con energía solar en la parte superior de la chimenea aumenta la diferencia de temperatura entre el aire que entra y el aire que sale, lo que a su vez aumenta la velocidad con que se mueve dentro de la chimenea.

El proceso de esta estrategia se basa en un desarrollo de prueba y error, donde las dimensiones propuestas se contrastan en sus potencialidades de ventilación.

1. Establecer la altura del “stack”; un stack efectivo debería tener el doble de altura que el espacio que se quiere ventilar. Según esto, es más efectivo considerar “stacks” para los recintos ubicados en los pisos inferiores del edificio.
2. Proponer dimensiones para las aberturas de entrada, salida y sección del stack. La menor dimensión de área efectiva de apertura entre estas tres será la que define el comportamiento del sistema.
3. Utilizando la gráfica 6.2, estimar la capacidad de enfriamiento del sistema de ventilación, sobre la base de altura del stack y la relación entre la sección del stack y el área del recinto que se quiere ventilar.
4. Proceso iterativo de ajuste de las dimensiones de las aberturas y de la altura de stack hasta lograr la capacidad de enfriamiento requerida.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Ídem. Pág. 57.



Gráfica 6.2. Capacidad de enfriamiento del sistema convectivo (Kwok y Grondzik, pág. 57).

#### 4.6.4.3. Ventilación Nocturna de Masa Térmica

Esta estrategia busca enfriar el interior de los edificios a través de la ventilación natural durante la noche, y así evitar el sobrecalentamiento en el día. Esto se logra adicionando masa térmica al edificio a través de materiales macizos que generan el efecto moderador de la temperatura del aire, reduciendo los extremos.

La masa térmica puede darse a través de lozas o muros de materiales pétreos. Sin embargo, es importante considerar que la masa debe estar expuesta al paso del aire, por lo que no debe recurrirse con materiales aislantes como alfombras, cielos falsos, o revestimientos de madera, ya que generan que la masa no esté disponible para este efecto.

La organización de los espacios es de vital importancia, especialmente si la ventilación natural va a generar el movimiento de aire. Es recomendable que la ventilación sea por efecto convectivo para no depender del viento, que generalmente tiene menor velocidad durante la

noche. Usualmente se utiliza cualquier material con masa térmica porque puede actuar como acumulador térmico.

Con el objetivo de que ésta funcione como estrategia de enfriamiento, es necesario minimizar la exposición de los elementos con masa térmica a las ganancias solares, por lo que resulta clave proponer un adecuado diseño de las protecciones solares.

Dado que generalmente las horas de ganancia térmica durante el día exceden las de ventilación nocturna, se deben considerar grandes aperturas que aseguren el enfriamiento efectivo de la masa térmica. La cantidad de masa expuesta debe ser uno a tres veces el área a acondiciona.

Esta estrategia supone que el edificio se podrá aislar del exterior durante el día y abrir durante la noche, ya que la apertura de ventanas puede ser un problema. Una opción es implementar pequeñas ventanas que se pueden abrir durante la noche, o bien, apoyarse con ventilación forzada.

#### ***4.6.4.4. Enfriamiento Pasivo Evaporativo de Flujo Descendiente PDEC***

La estrategia de aprovechar el potencial de enfriamiento que tiene el agua evaporada ha sido utilizada en países de climas cálidos y secos durante siglos. A nivel general, se puede lograr una reducción de la temperatura de entre 40°C a 12°C cuando el aire es relativamente seco, con una menor efectividad cuando el aire es más húmedo.<sup>17</sup>

Existen varias estrategias para el enfriamiento evaporativo, una de ellas es el de flujo descendente (conocido por sus siglas en inglés PDEC), que aprovecha el efecto de gravedad sobre el cuerpo de aire frío, para crear un flujo descendente.

La fuente de aire frío puede ser tanto “pasiva” (a través de la evaporación de agua) como “activa”. El sistema PDEC genera una corriente

---

<sup>17</sup> Yanke, E. Ventilación Natural en Edificios. Pág. 29.

de aire frío a través de la evaporación de agua dentro de un flujo de aire. Esto se puede generar de varias maneras:

- Aspersión de lluvia de agua.
- Aspersión de bruma de agua.
- Superficies porosas húmedas.

El aire caliente del exterior ingresa a una torre donde es expuesta al agua, y a medida que se evapora en el interior, la temperatura del aire desciende y su contenido de humedad aumenta. El aire húmedo y denso baja por la torre y sale por aberturas en la base de esta. Este movimiento descendente genera una presión negativa en la parte superior de la torre y una presión positiva en la base. El aire más frío ingresa a los recintos que requieren enfriamiento.

Esta estrategia funciona mejor con plantas libres, porque se requiere movilizar grandes volúmenes de aire a través del interior del edificio, sin obstruir el movimiento con muros interiores. No se requiere de la presión del viento para que el aire se mueva y sólo demanda un mínimo de energía, usualmente para que funcione una bomba de agua.

La generación de humedad requiere de bastante control frente a los riesgos de aparición de hongos, por lo que se debe considerar una adecuada mantención y facilidad para inspeccionar la torre.

Se puede combinar esta estrategia de manera de usar las torres para ventilación PDEC durante el día y para ventilación convectiva durante la noche.

#### ***4.6.4.5. Intercambiadores de Calor Geotérmicos***

Esta estrategia consiste en tubos enterrados que enfrían o precalientan el aire utilizando la diferencia de temperatura existente entre la tierra y el ambiente. El sistema se basa en la estabilidad térmica de la tierra a cierta profundidad, donde a sólo 2 metros, la temperatura será más alta que el ambiente en temporada de invierno y más baja en verano. El enfriamiento o calentamiento depende de esta diferencia, ya que los tubos

intercambiadores capturan o disipan el calor hacia la tierra, utilizando la masa térmica de la tierra como un almacenador de calor.

Es un sistema mucho más simple porque no requiere de bomba de calor ni de sistemas sofisticados, más allá del apoyo de ventiladores para impulsar el aire a través de los tubos hacia el interior del edificio.

La capacidad de enfriamiento o calentamiento de este sistema es reducido, por lo que normalmente se utiliza como una estrategia de apoyo a sistemas tradicionales de climatización o calefacción.

Los tubos deben ser construidos con materiales durables y resistentes, ya que se encuentran bajo tierra. Usualmente, los tubos son de materiales plásticos y de diámetros que varían entre 15 y 30 cm dependiendo del largo de los mismos. Sin embargo, también es posible utilizar tubos de concreto de mayor diámetro, que incluso permitan el acceso de una persona para su limpieza y mantención.

El dimensionamiento de los tubos depende de los siguientes factores: características del suelo, humedad y profundidad a la que se colocarán los tubos.

El sistema no proporcionará un enfriamiento de aire a menos que la diferencia entre la temperatura ambiente y el suelo sea considerable.

Otro factor importante es el riesgo de condensación al interior de los tubos, que podría generar hongos y moho. Este riesgo es relevante cuando el aire se enfría y aumenta su humedad relativa, por lo que es preferible que se aplique en climas con baja humedad. También es posible inclinar los tubos para favorecer la aspiración de la condensación. Se presentan además riesgos de infiltración de agua del subsuelo, por lo que es importante que los tubos sean accesibles para su revisión y limpieza.

Es necesario considerar el uso de pantallas que protejan los tubos de ingreso hasta su interior de roedores o insectos.

#### ***4.6.5. Estrategias de Iluminación Natural***

Este apartado tiene como objetivo entregar una serie de consideraciones y métodos que permitan reducir el consumo de energía eléctrica en

iluminación. Comprende temas de la iluminación y su integración con la luz artificial para lograr un buen proyecto de iluminación y así conseguir las condiciones de confort de los ocupantes de un recinto.

Existen factores que son determinantes para un mejor aprovechamiento de la luz natural; los que dependen de la geografía y el clima, y los que dependen del diseño arquitectónico y de la geometría del edificio.

A su vez existen factores que influyen directamente en el ahorro energético en materia de iluminación. Estos son los dispositivos de control del sistema de iluminación que permiten la falta parcial o total de la luz eléctrica.

La luz del día no solo permite iluminar un espacio interior, sino que, a través de la abertura permite la conexión con el exterior y a su vez permite la ventilación pasiva. Entonces, la cuestión es cómo manejarla y utilizarla para aumentar el confort de los ocupantes, el bienestar, y en última instancia, la productividad dentro de un edificio.

El desafío es diseñar el espacio con múltiples aberturas. Se trata de encontrar el mejor equilibrio entre el suministro de luz, pérdidas de calor, las ventanas con vista al exterior, el riesgo de sobrecalentamiento debido a un exceso de las ganancias solares, la necesidad de privacidad, el potencial de ventilación, así como la composición de la fachada y de los espacios.

#### ***4.6.5.1. Estrategias de Captación de la Luz Natural***

Para utilizar de manera efectiva los diferentes elementos de captación de la luz natural es necesario conocer cuáles son los factores que influyen en los elementos de captación, y además, conocer su comportamiento. La mayoría de las veces los elementos producen efectos positivos en términos de iluminación pero producen consecuencias negativas en aspectos térmicos, por lo tanto es importante conocer los efectos relevantes en cada uno de ellos.

Para un edificio en una ubicación determinada, la cantidad de luz natural disponible está en función de los siguientes factores:

- \* Tipos de cielos

La intensidad luminosa del cielo depende de factores climáticos, que se traducen en el caso de la iluminación en las variaciones del cielo, si un día está despejado, nublado o parcial. Estas variaciones son determinante en la distribución de luminancia.

Para comprender mejor los distintos tipos de cielo, es importante entender que la iluminación mundial recibida de la bóveda celeste está conformada por dos componentes: la luz solar directa propia de un día despejado y la luz solar difusa propia de un día cubierto.

La luz directa proveniente del sol proporciona un flujo luminoso que es fácil de capturar y dirigir al espacio que deseamos iluminar. Es una luz dinámica, sin embargo, a menudo es una fuente de deslumbramiento y puede ocasionar sobrecalentamiento en el interior del edificio durante el periodo veraniego. Por el contrario, el sol en invierno es una fuente de calor que trae beneficios. Su disponibilidad es esporádica y depende de la orientación de las aberturas. Por lo general un día despejado con sol se tiene una iluminancia al exterior de 100.000 lux.

La luz solar difusa transmitida a través de la capa de nubes está disponible en todas las direcciones y provoca un bajo riesgo de sobrecalentamiento y deslumbramiento. Su intensidad, en ocasiones, puede considerarse insuficiente ya que crea pocas sombras y contrastes muy bajos. Los niveles de iluminación resultantes son menos elevados que aquellos procedentes del sol, de 5.000 a 20.000 lux en promedio al exterior.

Para estimar la cantidad de luz natural para cierta localidad, y así escoger las estrategias de iluminación natural, conocer los tipos de cielos es un factor importante. Dada la multitud de condiciones meteorológicas existentes y la variabilidad de los cielos la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) define cuatro modelos de cielo estándar: el cielo cubierto, el intermedio, el claro o despejado y el claro o despejado para atmósfera contaminada con factor de turbidez alto. Estos cielos varían en la distribución de iluminancia en la bóveda celeste. La distribución está representada por

una banda clara para un cielo cubierto y cielo claro con sol: a mayor espesor de la banda, mayor es la iluminancia de la bóveda celeste.<sup>18</sup>

A partir de métodos avanzados en datos meteorológicos podemos saber las probabilidades de conocer estos cielos a lo largo del año, y así entender qué estrategias son más adecuadas para cada localidad y apropiadas para un buen diseño de iluminación natural.

La luz natural recibida en el interior no solo depende de las variaciones del cielo. La luz que recibimos a través de nuestras ventanas consta de tres componentes luminosas:

- Componente de luz directa: es el haz de luz directo procedente del cielo.
- Componente de luz de las reflexiones exteriores: es la luz procedente de las reflexiones en el suelo y/o elementos de entorno exterior al recinto.
- Componente de luz de reflexiones interiores: es la luz procedente de las reflexiones producidas por el tipo de superficies interiores.

Las estrategias para captar de manera mejor la luz natural y aumentar la luminosidad dentro de un edificio se deben considerar las diferencias entre estas tres componentes de la luz.

\* Momentos del día

La distribución de la luz varía en los diferentes momentos del día o de un punto a otro de la habitación. En el caso de un día despejado la luz del sol disponible aumenta hasta el mediodía y luego disminuye progresivamente.

Cuando diseñamos un espacio tendremos diferentes tareas visuales en él y por ello la iluminancia requerida será diferente, por ejemplo, para una oficina podemos requerir 300 lux, en una aula 500 lux o en una sala de dibujo 1000 lux, etc.

Si consideramos las variaciones propias de la luz natural para una iluminancia dada obtendremos que no es posible mantener éstas durante el transcurso de la jornada. Dado esta variabilidad han nacido varias métricas dinámicas que consideran rangos de iluminancia para luz natural. A partir de estos rangos de iluminación, es posible conocer cómo se mantiene en el

---

• <sup>18</sup> De Herde, A. Arquitectura y Clima, pág. 94.

tiempo y como se distribuyen en el espacio. En la distribución de las luminancias se debe considerar la uniformidad de la iluminación.

\* Latitud y época del año

La ubicación geográfica, la latitud y la época del año influyen en las estrategias de captación de la luz, ya que la tierra varía su posición con respecto al sol durante el año. Para un análisis simplificado se recomienda dividir en tres épocas del año: solsticio de invierno (21 de diciembre), equinoccio (21 de marzo/septiembre) y solsticio de verano (21 de junio).

Los ángulos de inclinación del sol son diferentes para cada época del año, en invierno los rayos penetran con mayor profundidad en los espacios, aunque, el nivel de iluminación disminuye progresivamente hacia el interior del espacio a iluminar. Y en verano, el sol se encuentra en su posición más alta proporcionando una iluminación importante, sin embargo, en un área reducida de espacio, porque su penetración no es profunda.

Para el diseño de los elementos de captación, se recomienda apoyar las decisiones de diseño con un estudio de la implantación del edificio, con una carta solar y un estudio de proyecciones de sombra. Así será posible entender cuáles son las fachadas del edificio que recibirán mayor luz solar, y así será posible visualizar cómo el edificio afecta a los espacios periféricos.

\* Entorno físico del edificio

La luz disponible depende del entorno donde se encuentra localizado el edificio. Se toman en cuenta un conjunto de factores relevantes: el relieve del terreno, la forma y altura de las construcciones contiguas, el coeficiente de reflexión de los suelos circundantes y la presencia de vegetación en el entorno. Éstos pueden tener un impacto tanto en la cantidad de luz que llega a las aberturas como en la distribución de la luz en el espacio interior.

La evaluación de las obstrucciones exteriores se ejecuta por un estudio de sombras de las volumetrías utilizando programas de computadora o a través de métodos más sencillos por medio de cortes de la edificación y el espacio circundante. A partir de un punto de referencia se obtiene el ángulo de cielo visible en el espacio interior.

Un método sencillo es realizar un análisis a través de la línea sin cielo, que se define como la línea a partir de la cual no se recibe luz directa del cielo. Al hacer un estudio de la línea sin cielo, para una obstrucción paralela a la ventana, se traza una línea a la parte superior de las esquinas de la ventana.

La posición de la línea sin cielo puede ser alterada aumentando la altura de la parte superior de la ventana o ajustando la parte posterior de la fachada del edificio. Si un área significativa del plano de trabajo se encuentra afectada por la línea, la distribución de la luz natural en la sala será insuficiente y se requerirá iluminación artificial complementaria.

Para maximizar la luz natural podemos aprovechar el factor de reflexión de las superficies exteriores en el entorno del edificio. Las superficies claras y reflejantes aumentan la cantidad de luz que penetra en el edificio.

\* Orientación de las Aberturas y Disposición de los Elementos de Captación

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

Para captar al máximo la radiación solar directa, los elementos captadores deben estar dispuestos lo más perpendiculares posible a los rayos solares.

En el caso de la captación de la luz solar difusa, una abertura horizontal alta cubre una gran porción del cielo lo que proporciona una mejor captación de luz en el espacio. Del mismo modo, una ventana inclinada hacia el cielo proporciona un flujo mayor que la ventana lateral de la fachada.

La iluminación cenital es una excelente estrategia para lograr una mejor penetración de la luz en edificios de plantas profundas, mediante la introducción de más luz por medio de claraboyas, lucernarios, cúpulas u otro tipo de elementos. Los estudios demuestran que la iluminación cenital proporciona un excelente rendimiento de la luz del día, ya que, por lo general evita la luz directa del sol y los posibles focos asociados al

deslumbramiento de las ventanas laterales, más aun si se combina con algún tipo de protección solar.

Las aberturas de fachada lateral y las cenitales tienen un comportamiento radicalmente opuesto en cuanto a la penetración de la luz en los distintos momentos del año.

Una vez que se tiene una clara descripción de las necesidades de luz interior en el edificio, se sugiere ajustar los requerimientos espaciales del programa con los patrones específicos de la luz directa y luz difusa considerando los criterios de diseño establecidos.

#### **4.7. Política Energética de la Administración Pública**

Los edificios públicos, con el propósito de liderar la eficiencia energética y el confort ambiental en las edificaciones, deben dar lugar a una estructura técnico-administrativa encargada de satisfacer las necesidades colectivas de manera regular y continua, inexistente a la fecha como política energética nacional. Si bien es cierto que los mayores consumos energéticos del país no provienen del sector público, a él le corresponde liderar a lo referente al uso de la energía y el confort ambiental, de modo que las intervenciones que se realicen en este ámbito constituyan tanto un ahorro en los consumos efectivos, como un ejemplo a seguir en el sector privado.

La visión del presente apuesta a la generación de iniciativas de orden nacional, regional, provincial y comunal, dirigidas a intervenir y mejorar la forma en que se regula y administra la energía en los edificios públicos del país, de modo que se constituya una política energética tal que de sustento institucional a los lineamientos que se proponen.

##### ***4.7.1. Experiencia Internacional***

En el mundo la disminución del alto nivel de consumo energético en edificios públicos e industriales se ha transformado en un gran desafío, especialmente por el nivel de desarrollo alcanzado y el aumento en la

rigurosidad del clima, como también debido a la elevada contaminación y costos asociados a este consumo.

A partir de la crisis del petróleo de 1973, en países como España, Bélgica, Bulgaria, Chile y Colombia se implementaron distintos manuales y planes de acción y gestión, para que los administradores de los edificios y los usuarios pudiesen gestionar la energía con iguales o mayores niveles de producción y confort, dentro de un marco de estrategias desarrolladas para disminuir el consumo energético. Al implementar las actividades que a continuación se presentan, México estará a la altura de los avances logrados por dichos países.

## **5.- Plan de Gestión Energética**

Ante todo es importante considerar la realización periódica de diagnósticos energéticos. En su realización se releva el concepto de gestión de la energía en los lugares de trabajo, de manera que se pueda desarrollar la capacidad de hacer un uso eficiente de la energía en la empresa y a la vez, contribuir a mitigar el daño al medio ambiente y el cambio climático. La gestión energética es, entonces, el diagnóstico, planificación y toma de decisiones con el fin de obtener el mayor rendimiento posible de la energía que se necesita. Esta es una labor a largo plazo, que debe configurar, implantar y controlar la forma en que se usan o planifican los recursos energéticos.

Un programa de gestión energética debe incluir al menos las siguientes áreas de acción:

- 1) Sensibilización; 2) Formación, y 3) Ejecución a corto, mediano y largo plazo.

Las actividades necesarias para llevar a cabo la gestión energética, comprenden los siguientes aspectos: i) análisis de consumos de energía; ii) análisis de las instalaciones existentes y su uso; iii) acciones para incrementar la eficiencia energética; y iv) monitoreo de procesos.

Este plan se basa en el compromiso de asumir una decisión estratégica por parte de la institución, definiéndose el enfoque energético y ambiental como un elemento más dentro de la estructura organizacional. En consecuencia, se establece el equipo gestor y las políticas energéticas de la institución.

Comienza con una fase preliminar, que permite al equipo gestor realizar un autodiagnóstico, con el que se propone adoptar un comportamiento de uso responsable y racional de la energía, modificando comportamiento y hábitos que deterioren su calidad de vida y permitan mejorar mediante un uso optimizado de recursos la situación en la que se encuentran.

La fase 1 se inicia una vez que la administración se ha comprometido con las políticas energéticas del plan PGE y se ha integrado al equipo gestor un asesor en eficiencia energética. Esta fase corresponde al diagnóstico energético del edificio, donde se caracteriza el diseño y

construcción, determinando su desempeño en operación y definiendo la línea base o nivel de eficiencia energética actual de éste.

La fase 2 corresponde al diseño e implementación del plan PGE, en la que se ejecutan las tareas de preparación del plan. Dependiendo de las características del edificio se plantean las distintas mejoras del plan PGE con su respectiva evaluación técnica y económica. Además se define el plan de acción a seguir para la instalación de estas mejoras, para su posterior revisión.

Finalmente durante la fase 3 se desarrolla la auditoria del plan PGE, donde se monitorean y miden las mejoras establecidas en la fase 2 y se evalúan en relación a la política energética establecida por la institución.

En conjunto a las 4 fases especificadas anteriormente, se debe establecer un mejoramiento continuo del plan PGE, de forma que, a medida que transcurra el tiempo de su puesta en marcha, se apliquen acciones y mejoras continuas que conviertan dicho plan en un recurso eficiente en los edificios públicos.

Para el financiamiento del plan PGE se recurre a los organismos públicos, debiendo considerar la función y el tipo de institución. Dependiendo de las características del edificio, se contacta con el organismo correspondiente (ministerios, intendencias, gobernaciones y secretarías regionales ministeriales), quienes tendrán la obligación de intervenir en la implementación de este plan como una mejora en la eficiencia energética en las distintas edificaciones del país.

El presupuesto entregado por el organismo público definirá los límites y alcances del plan PGE, por lo que en la fase 2 se deberá realizar una jerarquización de oportunidades de mejoras.

### **5.1. Fase Preliminar: Revisión de Hábitos Energéticos**

Esta etapa permite a cualquier individuo, sin importar el área en que se desarrolle, comenzar con la implementación de un plan PGE. Esto es posible mediante la revisión de hábitos energéticos de los ocupantes y la forma en que se administran los equipos consumidores de energía.

A continuación, se dicta una serie de recomendaciones de conductas y hábitos que reflejan un uso racional de la energía, que podrán ser chequeados con administrativos para ahorrar energía y mejorar el confort ambiental interior.

- Se apaga o desenchufa todos los artefactos que consuman electricidad cuando no se estén en uso.
- Se realizan mantenimientos constantes a los equipos eléctricos.
- Se revisa que la factura esté de acuerdo al consumo que figura en el medidor.
- Se revisa que el medidor eléctrico no siga marcando cuando no exista consumo eléctrico.
- Se verifica que no exista una multa por un aumento en el factor de potencia en la factura.
- Se ocupan instrumentos con certificación de eficiencia energética.
- Se utiliza algún tipo de energía renovable.
- Se apagan las luces cuando no se están usando.
- Se aprovecha la luz natural, reubicado los puestos de trabajo para recibir luz directa de ventanas el mayor tiempo posible.
- Se minimiza el uso de luminaria en horas de aseo.
- Se disminuye la iluminación de pasillos en horas de poco uso.
- Se realiza mantenimiento constante a las luminarias y ventanas.
- Se ocupan luminarias con certificación de eficiencia energética.
- Se ocupa, en lugares poco transitados, sistema con sensores de movimiento.
- Se utilizan pinturas de colores claros en los recintos de la institución.
- Se realizan mantenimiento y limpieza constante de los artefactos de climatización.

- Se evita el uso de calefactores individuales.
- Se renueva el aire abriendo las ventanas por 10 minutos (por lo menos una vez al día).
- Se apaga el sistema de climatización cuando no se ocupa.
- Se mantienen cerradas las puertas y ventanas cuando se está climatizando el espacio.
- Se ajusta el termostato en oficinas a no menos de 24°C en invierno y no más 20°C en verano.
- Se mantienen despejadas las áreas próximas a los sistemas de distribución de climatización.
- Se aprovecha el calor del sol en época de verano.
- Se prioriza el uso de ventiladores en lugar del sistema de aire acondicionado.
- Se bloquean filtraciones de aire a través de sellos en puertas y ventanas.
- Debe existir una correcta aislación térmica en muros y techos.
- Se utilizan protecciones solares en ventanas sur y poniente, en lo posible, por el exterior.
- Se utilizan ventanas con vidrio doble y marco con rotura de puente térmico.
- Se ocupan equipos de climatización con certificación de eficiencia energética.<sup>19</sup>

## **5.2. Fase 1: Diagnóstico del Edificio**

(Ver Anexo II).

Esta fase inicia cuando se desea implementar un plan PGE en un edificio existente y se cuenta con un equipo gestor, dándose inicio a la caracterización constructiva y energética. La información necesaria para el diagnóstico debe ser recopilada a partir de reglamentos de revisión. Para

---

<sup>19</sup> ISO 50001:2011 Requirements with guidance for use. 2011

aclarar los puntos que se especificarán en el diagnóstico, tomar como referencia las siguientes descripciones:

- 1.- Características del edificio: clima, ubicación, el emplazamiento, el destino, el régimen de funcionamiento y la caracterización de sus ocupantes.
- 2.- Características constructivas y de diseño: la orientación, superficies, alturas y niveles, tipos de recintos, parámetros de diseño, especificaciones técnicas y materialidad.
- 3.- Suministros energéticos: evaluación de consumos en instalaciones eléctricas, de iluminación y de climatización.
- 4.- Parámetros de confort ambiental: descripción del requerimiento de confort térmico y lumínico de sus ocupantes.

### *5.2.1. Cuadro de planificación*

- I.- Justificación: se realiza el diagnóstico del edificio para analizar el nivel de eficiencia energética actual del edificio.
- II.- Objetivo general: recopilar los antecedentes necesarios para detectar los factores que inciden en el consumo energético del edificio. Analizar las instalaciones energéticas, caracterizando y midiendo cómo y cuánta energía utiliza cada artefacto del edificio.
- III.- Objetivos específicos: evaluar los elementos que suministren y generen consumo de energía. Determinar el nivel de confort mínimo de cada recinto.

Es necesario definir el alcance de la fase 1 para cumplir con el objetivo. Subdividimos cada objetivo específico en actividades, y a su vez, cada actividad en una serie de tareas hasta que cada tarea tenga 1 semana o 1 quincena de duración.

Las actividades mínimas a realizar son:

- Diagnóstico del edificio y línea base.
- Recopilación de consumo histórico del edificio.
- Toma de encuestas de satisfacción de los usuarios y registro de resultados.

- Informar a los involucrados las actividades realizadas y resultados.

Se deberán definir variables acordes a los objetivos, tamaño, funciones y complejidad de la institución como la duración estimada de cada tarea, el equipo y recursos necesarios para cada actividad, así como los costos estimados para cubrir los gastos de elementos, equipos de medición, horas hombre, materiales, etc.

### *5.2.2. Puesta en Marcha*

Para poner en marcha el plan es necesario controlar el progreso y estados de avance del diagnóstico a intervalos definidos. Posteriormente se realiza un informe que permita al asesor realizar el diagnóstico del edificio y fijar línea base. Como mínimo debe incluir:

- Caracterización general del edificio.
- Inventario de artefactos y equipos que consuman energía. Se deberán recopilar manuales de los equipos instalados y datos de contacto del fabricante para programar mantenciones.
- Caracterizar materialidad y diseño.
- Caracterizar parámetros de confort según actividades laborales llevadas a cabo en el edificio y horarios de uso.

Esto dará como resultado establecer la línea base (kWh/m<sup>2</sup>). Deberá pasar por una revisión y aprobación de la documentación con la administración del edificio y definir el nivel de eficiencia energética actual de éste.

Al término de esta fase se deberán entregar: un informe acerca de lo realizado, para así crear un plan de seguimiento determinando los índices y puntos de medición que serán controlados; los procedimientos para la recopilación y registro de documentos o antecedentes de consumo para utilizarlos posteriormente durante la fase 2 y 3.

### **5.3. Fase 2: Diseño e Implementación**

Una vez realizado el seguimiento y análisis a la línea base del plan PGE, se procede a establecer las distintas mejoras según la necesidad de la institución, productos de los objetivos indicados por la administración de ésta. Para lo anterior se realizará un estudio técnico y económico de las posibles soluciones, además de la posibilidad de instalar o mejorar sistemas de energías renovables.

En forma objetiva, se realizará la identificación y valoración técnica, económica, ambiental y financiera de mejoras a implementarse a corto, mediano y a largo plazo. Además, se diseñarán y utilizarán mecanismos de estimulación para generar ideas y proyectos de innovación.

Se debe valorar la incorporación de equipos y artefactos de mejor desempeño energético, así como cambios en la materialidad de elementos constructivos y dispositivos arquitectónicos para protección o captación solar, entre otros.

Algunas herramientas que se deben tener en consideración para la implementación de las mejoras son: la elaboración de una matriz o cuadro de selección de mejoras (ver anexo I), análisis costo/beneficio económico simple, métodos de evaluación de impacto ambiental y modelos de costo de la empresa y estimación financiera.

Tras evaluar las distintas mejoras que se establecen, éstas deben clasificarse según el nivel de necesidad y presupuesto existente en la institución, de tal forma de dar preferencia a las mejoras que supongan una optimización del beneficio para el edificio.

Una vez determinadas las mejoras del plan PGE, se definen las acciones a seguir para la correcta implementación de éstas. Con esto, es necesario establecer los plazos, los recursos humanos y financieros para las distintas aplicaciones de las mejoras.

Un aspecto importante de las acciones a seguir consiste en definir los indicadores del plan PGE, los cuales permiten comparar las distintas fases y periodos de la ejecución del plan, permitiendo verificar si las mejoras implementadas han sido realmente eficientes.

Estos parámetros pueden llegar a ser simples razones matemáticas, como también modelos complejos de análisis; esto depende de la funcionalidad de la institución (producción, cantidad de usuarios y nivel de consumo energético, entre otras). Algunos ejemplos de indicadores son: el consumo por cada unidad de producción o usuario, identificación de línea base, gráficos de correlaciones y de tendencias de la energía, determinación de la producción crítica.

Cuando se identifican las acciones del plan PGE, se procede a la capacitación de los usuarios de la edificación sobre las acciones que se llevarán a cabo, que permitirán el correcto funcionamiento del plan PGE. La finalidad de esta capacitación es eliminar las conductas erróneas desde el punto de vista energético. Además, se realizarán recomendaciones para disminuir el consumo de la energía sin deteriorar la calidad o confort de los usuarios, siendo estas estrategias dependientes tanto de las actividades y hábitos de cada grupo de usuarios como de los equipos.

Es recomendable optar por una práctica mensual de reuniones internas en las que se informe acerca de las nuevas normativas y procedimientos operacionales. Asimismo, se deberá especificar a los usuarios las estrategias y sistemas de monitoreo que se establecen en el plan PGE, capacitándolos sobre el correcto manejo de los distintos equipos existentes en la edificación que tengan un consumo energético.

Algunas herramientas a utilizar en las auditorías son: entrenamiento del personal en prácticas de operación, autodiagnósticos y mantenimiento de los equipos energéticos, capacitaciones inductivas, instructivos de trabajo, preparación del personal para la comprensión y administración del plan PGE, entre otros.

Ya establecidas las mejoras del plan PGE, se procederá a su puesta en marcha. En este punto se debe verificar que estas mejoras sean instaladas correctamente y que a los usuarios no les afecte su implementación. Así una vez instaladas, será importante realizar un chequeo de todas las mejoras del plan PGE.

Dentro de las oportunidades de mejora que se deberán evaluar están las siguientes alternativas:

- Capacitar al comité de gestión energética y educación de los usuarios. Implementar acciones de aprendizaje orientadas a los usuarios y personal de mantenimiento y administración sobre estrategias para mejorar el desempeño energético del edificio, con el fin de eliminar las conductas erróneas y disminuir el consumo de energía sin deteriorar la calidad de vida o comodidad de estos, siendo estas tareas o estrategias dependientes tanto de las actividades y hábitos de cada grupo de usuarios como de los equipos y artefactos.
- Realizar una renovación de los equipos y artefactos eléctricos según, el avance tecnológico que se ha alcanzado. Además, es posible realizar intervenciones a la infraestructura con el objetivo de mejorar la eficiencia y optimizar procesos y/o actividades.
- Implementar el uso de energías renovables no convencionales (la evaluación y análisis de factibilidad durante esta etapa es obligatoria).

La planificación de las actividades que se deberán realizar consta de:

- Definir el alcance y tipo de oportunidades de mejora que se evaluarán.
- Definir presupuesto disponible de las mejoras.
- Definir el nivel de eficiencia de los equipos y artefactos que se renovarán.
- Realizar un análisis costo-beneficio y de factibilidad técnico-económico para cada renovación e intervención. Incluir la opción de implementar el uso de ERNC.
- Jerarquizar en función de lo anterior, las renovaciones e intervenciones evaluadas, según la realidad de cada edificio y organización.
- Definición de acciones a implementar según presupuesto. Determinar tareas corto plazo.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Zabalza, I. Metodologías de Análisis para la Calificación Energética de Edificios. Pág. 34.

### *5.3.1. Evaluación final de la fase 2.*

Se realizarán ajustes y conclusiones con una verificación conforme de las mejoras realizadas (evaluación del impacto económico y reducción del consumo de energía que se ha generado en función a lo esperado).

Se revisará la evaluación con los involucrados. Para esto es recomendable recibir comentarios y sugerencias de los usuarios en relación a los cambios en el confort y calidad de vida.

Se redactará un resumen de las actividades realizadas; así como un plan de gestión de los equipos y manejo del edificio para poder actualizar el plan de mantenimiento y programación de la renovación de los artefactos según especificado por el fabricante.

## **5.4. Fase 3: Auditoría del Plan PGE**

Se debe realizar un seguimiento de los consumos de energía y relacionarlo con la superficie de los recintos, actividades y usuarios existentes en el edificio, de tal manera de llevar un registro histórico de todos los elementos que generan consumos en la edificación, a través de indicadores.

Se deben estipular actividades que se realizarán de forma permanente y actividades que se llevarán a cabo con alguna frecuencia determinada como, por ejemplo, una auditoria anual.

Los indicadores se analizarán cada vez que se implemente un plan PGE, con la finalidad de evaluar permanentemente la aplicación de las mejoras establecidas en la edificación y así verificar si los resultados fueron los esperados o no, según las políticas estratégicas planteadas en la fase preliminar.

En este punto, las facturas entregadas a la institución por la compañía energética del país representan una fuente primordial de información sobre los costos de los consumos energéticos, las cuales deben ser archivadas y registradas adecuadamente.

Por otra parte, para lograr mejores resultados en el plan PGE, se debe obtener una descripción de todos los consumos de energía, por

separado. Esto es posible con la realización de cálculos básicos en materia donde se identifica la demanda energética.

Por ejemplo: para una evaluación del consumo eléctrico que se obtiene como producto de la iluminación artificial, se cuenta el número de focos y se multiplica por las horas de uso y su potencia.

Y en lo que se refiere al consumo producto de la calefacción y refrigeración, se multiplica el número de elementos existentes por la potencia que consume y las horas de funcionamiento respectivas.

Una vez reunidos y registrados los datos, se deberán realizar distintos análisis sobre éstos. Se elaborará un cuadro comparativo sobre el consumo de energía que se tiene durante un periodo representativo, para luego realizar gráficos de análisis, comparando este consumo con el que exhibe la línea base durante todos los años.

Es importante que la difusión de información sea lo más sencilla posible para que todos los usuarios la puedan entender, de forma que se deje en evidencia el nivel de consumos que se irán logrando en la institución y cómo va mejorando la eficiencia energética del edificio.

El análisis de los consumos energéticos debe ser sencillo, y debe realizarse todos los meses desde la implementación del plan PGE. Lo importante es identificar el tipo de recinto con su consumo respectivo, para así obtener un perfil de consumo energético y cuantificar el nivel de eficiencia energética que existe en ellos y en dónde se necesita mayor cantidad de mejoras.

Adicionalmente, se procederá a realizar un diagrama de flujo energético, representando gráficamente todas las exigencias energéticas sobresalientes. Éste debe ser representado en la auditoria energética. Y deberá desglosar la totalidad del consumo energético en los distintos sistemas o procesos consumidores, de tal manera de evidenciar cuál de éstos es el que significa un mayor valor y costo para la institución.

## **5.5. Evaluación de resultados del plan PGE**

Es una revisión del diseño e implementación del plan, en otras palabras, se busca verificar su correcto desarrollo y cumplimiento de acuerdo a la política energética definida en un principio.

Para esto se realiza un programa que establece una estructura y secuencia de revisión para cada uno de las áreas del plan PGE. Estas tareas se enfocan en: el seguimiento de la implementación del plan, registro de mejoras establecidas evaluando los resultados que éstas implican, análisis y revisión de indicadores, registros y estudio de capacitaciones y la recopilación de datos que permitan verificar los cumplimientos de los objetivos de los periodos anteriores.

Finalmente se debe determinar el grado de cumplimiento del plan PGE y establecer nuevas metas para el siguiente proceso. Esta evaluación se realiza cada tres meses y los resultados de ésta se informan en la auditoria energética.

### ***5.5.1. Presentación del informe final***

Al finalizar el plan PGE, se realizará una presentación, la cual debe cerrar un ciclo del plan al informar tanto a los usuarios como al organismo público concerniente los consumos específicos de energía en un determinado tiempo, las mejoras implementadas y sus resultados, contrastados con la línea base. Luego, comparar estos resultados con la política o implementar nuevas mejoras al plan, para así obtener una gestión energética más eficiente.

Esta auditoría deberá responder a preguntas tales como:

¿Qué áreas del edificio necesitan más análisis con el plan PGE?

¿Qué equipos, procesos y recintos son responsables de la mayor parte del consumo energético y que deben ser analizados con detalles?

¿Cómo ser más eficiente con el plan PGE en relación a los meses anteriores?

Al término de ésta se deberá planificar la próxima auditoria energética.

## Conclusiones

- Con la metodología propuesta se logró conocer el desempeño respecto a la calidad ambiental para certificación en eficiencia energética, al implementar sistemas de monitorización y control en los edificios no residenciales.
- La experiencia internacional respalda que al conocer la repuesta de varias interrogantes en torno a la capacidad y a los parámetros físico-constructivos se pueden implementar iniciativas en los diversos sectores para seguir protocolos y así llegar a la escala de certificación propuesta en cualquier edificación pública. Estas estrategias dan como resultado informes dirigidos a los responsables de la gestión energética, con la finalidad de que el gobierno lo tome como iniciativa de orden nacional.
- Adicionalmente a las estrategias físico-constructivas del edificio al elaborar un plan de gestión energética se lograría optimizar el uso de instalaciones, minimizar el consumo energético y disminuir los gases de efecto invernadero. Se busca que los organismos gubernamentales tengan la obligación de implementar este plan.
- Las auditorías energéticas realizadas con normas conocidas y establecidas, sirvieron para detectar las operaciones dentro de los procesos que pueden contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida, así como para optimizar la demanda energética de la instalación.
- Las propuestas de mejoras derivadas de una auditoría energética dieron lugar a recomendaciones y buenas prácticas pero también a proyectos de servicios energéticos que requieren un estudio pormenorizado de las posibilidades de financiación y su seguimiento.
- Se hace la premisa de completar el marco normativo existente con referencias para la justificación de la viabilidad económico-financiera de tales proyectos de servicios energéticos.
- Al implementar los productos resultados del proyecto, los encargados de la toma de decisiones pueden tener una visión más amplia para analizar las soluciones de mejora continua.

- El mayor beneficio asociado en seguir las recomendaciones aquí descritas, es que se empieza a difundir una cultura y educación respecto a la eficiencia energética.
- El verdadero reto es educar a la gente en torno a la certificación y la eficiencia energética. Cuando la población esté bien informada y sea consiente de los beneficios que pueden traer, es hasta entonces cuando la humanidad estará lista para dar un gran paso evolutivo. Es por eso que se invita a futuras generaciones a contribuir a la difusión de nuevas tecnologías con respecto a la eficiencia y al desarrollo sustentable.

## Bibliografía

- Portal de las Naciones Unidas. <http://www.un.org/es>
- Kwok, A., y Grondzik, W. Manual del Estudio Verde. (primera edición Ed.). Oxford, Inglaterra. Architectural press. (2009).
- Olgyay, V. Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona, ed. G. Gili. (1998).
- Sassi, P. Estrategias para la arquitectura sostenible. Taylos & Francis. (2006).
- Thomas, R. Enviromental design: an introduction for architects and engineers. London, Taylos & Francis. (2005).
- Energy Information Administration. [http:// www.eia.gov](http://www.eia.gov)
- International Energy Agency. <http://www.iea.org>
- Ministerio de Vivienda de España. Código Técnico de la Edificación. Madrid, (2011).
- Szokolay, S. Introduction to Architectural Sciences. The basis of sustainable design. Elsevier. (2004).
- Bustamante, W. Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. Santiago de Chile: MINVU. (2009).
- Asociación Española de Normalización y Certificación. Elementos y componentes de edificación. Resistencia y transmitancia térmica. UNE 92051. (1994).
- Chaparro, C. Guía de Apoyo Docente: La Eficiencia Energética en el Curriculum Escolar de Educación Técnica Profesional. (2010).
- De Herde, A. y González, A. Arquitectura y Clima. Colegio de Arquitectos de Galicia. (1997).
- Manual de Eficiencia Energética. Siemens. (2010)
- Intelligent Energy. Guía práctica sobre ahorro y eficiencia energética en edificios (ENFORCE). (2010).
- Liddament, W. Guía de Ventilación Eficiente. Warwick. (1996)
- Baño, A. Guía de Construcción Sostenible. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. <http://www.ecohabitar.org>

- Marchais, J. Generando ahorros permanentes con soluciones de eficiencia energética activa. Schneider Electric. (2011).
- UNAM. Eficiencia Energética. Editorial Terracota. (2012).
- Diario Oficial de la Federación. NOM-007-ENER-2014. <http://www.dof.gob.mx>
- Ídem. NOM-008-2001.
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- <http://www.catalogoverde.cl/certificacionleed>
- Zabalza, I. Metodologías de Análisis para la Certificación Energética en Edificios. Universitarias Zaragoza. (2011).
- Intelligent Energy. Manual de Gestión Energética. (2006).
- International Organization for Standardization. ISO 50001:2011. [http://www.iso.org/iso/iso\\_50001](http://www.iso.org/iso/iso_50001)
- Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. España. (2007)
- Guía Técnica de Iluminación Eficiente en el Sector Retail. Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2012).
- Yanke, E. Ventilación Natural en Edificios. Nobuko. (2005).
- <http://www.iconstruccion.cl>
- Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales. Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2012).
- <http://www.conuee.gob.mx>

## Anexo I. Matriz de Calificación de Desempeño

ANÁLISIS	DESEMPEÑO	INDICADORES
Físico Constructivo	Eficiencia Energética	Demanda de energía para calefacción Dec, KWh/ m2 año.
		Demanda de energía para refrigeración Der, KWh/ m2 año.
	Aislación Térmica Envolvente	Aislación térmica de fachadas $U_m$ , W/m2K
		Aislación térmica de cubierta $U_c$ , W/m2K
		Aislación térmica de piso $U_p$ , W/m2K
		Aislación térmica de puente térmico $U_{pt}$ , W/m2K
		Porcentaje de área puente térmico $A_{pt}$ , %
		Aislación térmica ponderada $U_{pv}$ , W/m2K
		Factor solar de vanos caloportadores, $F_{svc}$ , s/d
	Infiltración de aire a través de la envolvente a 50Pa CAH, Vol./h	
Contribución Luz Natural	Factor luz día FLD, %	
Ambiente Interior Edificio	Confort Higrotérmico	Porcentaje del tiempo en zona de confort Pzo, %
	Confort Lumínico	Porcentaje de tiempo con iluminancia aceptable $C_i$ , %
		Porcentaje de tiempo con distribución de iluminancia aceptable $U_A$ , %
Percepción de Usuarios	Percepción de usuarios	Porcentaje de satisfacción $P_s$ , %
Instalaciones Consumidoras	Eficiencia energética	Rendimiento instalación térmica $R$ , %
		Consumo energía para iluminación $C_{ie}$ , W/ m2

## ANEXO II. FICHAS DE DIAGNÓSTICO PROFESIONAL

<b>I DATOS GENERALES DEL CATASTRO</b>	
N° de Catastro:	
Fecha:	
Auditor / Empresa:	

Empresa / Institución	
Número total de edificios sujetos de estudio:	
	<b>Número y denominación de cada edificio que conforma la institución</b>
	N°
	1
	2
3	

<b>II DATOS GENERALES DEL EDIFICIO N°__ (por edificio)</b>		
<b>II.1 Identificación y Ubicación</b>		
Denominación del edificio:		
<b>Ubicación</b>		
Calle	Número:	
Colonia	Ciudad:	Región:
Teléfono:		
Zona térmica	Latitud:	
Destino y/o uso general		
<b>II. 2 Personal de Contacto</b>		
<b>Personas de contacto</b>		
Cargo:	Fax:	
Teléfono:	E-mail:	

<b>III COMPLETAR REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO</b>			
Capacidad máxima del edificio:			
Usos y/o tareas principales en el edificio			
Funciones habituales en el edificio		Descripción	
Horarios, periodos, ocupación y tareas comprometidas en las principales tareas			
Tarea	Ocupación, nº personas	Áreas, m <sup>2</sup>	Periodos (inicio y términos)

<b>IV CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>IV.1 Naturaleza, Ubicación y Antigüedad del Edificio</b>					
Tipo de edificación					
Ubicación:		Aislada		Entre medianeras	
Entorno:		Urbano		Rural	
Orientación fachada principal:					
Año de construcción					
Empresa constructora					
<b>IV.2 Superficies y Alturas</b>					
Número de plantas:					
Superficie total: construida/útil:					
Volumen total: construido/útil:					
<b>IV.3 Características de Elementos de la Envolvente</b>					
Características de muros de contacto con el entorno exterior:					

Ubicación	Superficie (m <sup>2</sup> )	Estado	Descripción

**Características de suelos de contacto con el entorno exterior:**

Ubicación	Superficie (m <sup>2</sup> )	Estado	Descripción

**Características de cubiertas de contacto con el entorno exterior:**

Ubicación	Superficie (m <sup>2</sup> )	Estado	Descripción

**Características de vanos de contacto con el entorno exterior:**

Ubicación	Superficie (m <sup>2</sup> )	Estado	Descripción

**Características de elementos relevantes (protecciones solares, aleros, etc.)**

Ubicación	Superficie (m <sup>2</sup> )	Estado	Descripción


<b>IV.4 Cuestionario Sobre Aspectos Constructivos</b>			
Consulta acerca de la eficiencia energética y condiciones medio ambientales en relación a los aspectos constructivos	SI		NO
¿Ha observado la aparición de humedad en paredes, techos u otros?			
¿Se cierran las puertas y ventanas cuando está encendido el sistema de calefacción o de aire acondicionado?			
En verano, ¿Se bajan los toldos o se corren las cortinas de las ventanas situadas en las fachadas orientadas al sur u oeste?			
¿Está planificada la revisión periódica de puertas y ventanas?			
¿Existen corrientes de aire provenientes de chimeneas, conductos de aire o huecos de ventilación?			
¿Se encuentran aislados todos los desvanes y espacios bajo cubierta no calificados?			
¿Están selladas las puertas y ventanas?			
¿Funcionan correctamente los cierres de las puertas?			
¿Están correctamente separados los espacios calefaccionados de los no calefaccionados?			
Si existen fachadas con cámaras de aire, ¿estas se encuentran totalmente aisladas?			
¿Se aprecian aberturas en la fachada?			
¿Están aisladas las cubiertas y azoteas?			
¿Se ha planteado la posibilidad de colocar muros con orientación sur que permitan acumular calor?			
¿Existe la posibilidad de montar cielos falsos?			
¿Disponen las ventanas de doble cristal, o de doble ventana?			
En los locales que están climatizados, ¿las ventanas situadas en fachadas soleadas disponen de vidrios reflectantes de láminas solares?			
¿Es perceptible el ruido generado por cañerías o equipos como bombas y ascensores?			
¿Se escucha el ruido generado por el caminar en los pisos superiores?			
¿Se escucha la actividad de las salas contiguas?			
¿El nivel de ruido generado al interior de las salas interfiere con las actividades desarrolladas?			

<b>V COMPLETAR Y MARCAR SUMINISTROS ENERGÉTICOS</b>							
Suministro energético que dispone el edificio							
	Electricidad		Petróleo		Gas natural		Solar térmica
	Carbón		GLP		Biomasa		Otro
<b>V.1 Características Generales del Sistema Eléctrico</b>							
Numero de Transformadores							
El edificio dispone de alimentación monofásica				Si		No	Potencia Contratada:
El edificio dispone de alimentación trifásica				Si		No	Potencia Contratada:
El edificio dispone de Generación Fotovoltaica				Si		No	Potencia disponible
El edificio dispone de Generación Eólica				Si		No	Potencia disponible
El edificio dispone de sistema de respaldo				Si		No	Potencia disponible
El edificio dispone de motores sobre 3kW				Si		No	Numero de motores:
Tarifa Contratada:							
El sistema de iluminación es:							
Incandescentes			Tipo:				
Fluorescente			Tipo:				
Led			Tipo:				
Otros			Tipo:				
Circuitos eléctricos independientes disponibles							
Fuerza					Alumbrado		
Calefacción					Otro:		
Computación					Otro:		
El edificio posee ascensores					si		no
		Procedimientos 1.- Revisar planos eléctricos disponibles. 2.- Chequear que planos correspondan a circuitos instalados. 3.- Realizar diagrama unifilar principal y secundario relevante. 4.- Chequear datos en placa de componentes principales. 5.- Registrar observaciones 6.- Establecer puntos de medición de energía eléctrica					

<b>V.2 Distribución de consumos</b>						
Potencia instalada por consumos						
Uso	Alumbrado	Calefacción	Fuerza	Computación	Aux	otro
Potencia (kW)						
<b>V.3 Cuestionario acerca del sistema eléctrico</b>						
1 ¿Se ha nombrado un responsable para que compruebe las facturas correspondientes al suministro en energía eléctrica?						
	si		no			
2 ¿Se efectúan lecturas mensuales de los contadores de energía eléctrica?						
	si		no			
3 ¿Se comprueba que los montos facturados de energía son correctos?						
	si		no			
4 ¿Se revisa anualmente el contrato de suministro de energía eléctrica?						
	si		no			

<b>VI COMPLETAR Y MARCAR ILUMINACIÓN</b>						
<b>VI.1 Inventario de Iluminación</b>						
Tipo de iluminación	Incandescente Halógena	Fluorescente convencional	Fluorescente Compacta			
Tipo de luminaria						
Nº luminaria						
Tipo de lámpara						
Nº lámparas/ilumin						
Pot. Luminaria (lámpara+equipo) (W)						
Pot. Total (W)						
	Potencia Total		Potencia Total		Potencia Total	
<b>VI.2 Sistemas de control y regulación</b>						
	Cada zona dispone al menos de un sistema de encendido y apagado manual					
	El encendido y apagado se realiza desde el cuadro eléctrico					
	Existen potenciómetros (reguladores manuales)					
	Algunos circuitos disponen de temporizadores					
	Existen detectores de movimiento en zonas de uso esporádico					
	Existen detectores de movimiento en otras zonas					

<b>VI.3 Sistema de control y regulación existentes</b>			
	Se aprovecha la luz natural		
	Hay aporte de luz natural por cerramientos acristalados		
	Hay aporte de luz natural por lucernarios		
	Existe un sistema de aprovechamiento de la luz natural		
	Las regulación es todo / nada		
	La regulación es progresiva		
	Existe un sistema de gestión de todas las instalaciones que incluye el alumbrado		
	Gestiona el encendido y apagado		
	Gestiona el nivel de iluminación		
<b>VI.4 Plan de mantenimiento</b>			
	Sólo se realiza mantenimiento colectivo		
	Existe plan de mantenimiento del sistema de iluminación		
	Contempla la limpieza de luminarias con la metodología prevista en la periodicidad determinada		
	Contempla la limpieza de lámparas con la metodología prevista en la periodicidad determinada		
	Contempla el reemplazo de lámparas con su frecuencia		
	Contempla el mantenimiento de los sistemas de regulación y control existentes		
Limpieza de lámparas y luminarias			
	No se limpia nunca		Se limpia cada        meses
Sustitución de lámparas y luminarias			
	No se sustituye hasta la rotura		Se sustituyen cada        año
<b>VI.5 Otras operaciones de mantenimiento</b>			
El nivel de iluminación o iluminancia es en general			
	Adecuado		Excesivo
			Escaso
Posibles deficiencias en la iluminación			
	El alumbrado está mal distribuido, se producen sombras		
	Se producen deslumbramientos		
	Se aparecen parpadeos o efectos estroboscópicos		
	No se aprovecha la luz natural		
	El alumbrado no está bien particionado en circuitos		
Características cromáticas de la iluminación en general			
	Son las adecuadas		
	El color de la luz no es adecuado		
	Hay una mala reproducción cromática		
La apariencia de color correspondiente es a una			
	Luz cálida		Luz neutra
			Luz fría

<b>VI.6 Cuestionario acerca de la iluminación</b>			
¿Se ha revisado el nivel de iluminación en cada espacio?		si	no
¿Se aprovecha la luz natural?		si	no
¿El personal apaga las luces cuando sale de un local?		si	no
¿Todo el personal puede identificar qué interruptor controla cada lámpara?		si	no
¿Cuándo se compran los recambios de los tubos fluorescentes se eligen los de diámetro estrecho (26 mm)?		si	no
¿Se limpian las lámparas y pantallas todos los años?		si	no
¿Se emplean lámparas incandescentes?		si	no
El equipo de encendido ¿Es electrónico?		si	no
¿Ha observado si las pantallas y difusores se encuentran descolocados?		si	no
¿Los difusores de las luminarias de dos tubos son de espejo?		si	no
¿Existe un número suficiente de interruptores por área iluminada?		si	no
Los locales de uso intermitente ¿Disponen de detectores de presencia?		si	no
¿El alumbrado exterior permanece apagado cuando no es necesario?		si	no
¿Están pintados de colores claros las paredes, suelos y techos?		si	no
Los locales con techos altos (más de 6 m) ¿Tiene tubos fluorescentes?		si	no
¿Las lámparas fluorescentes son de vapor de mercurio?		si	no
¿Se han sustituido los protectores de lámparas alógenas por lámparas de descarga?		si	no
¿Las lámparas halógenas de 12v de alta eficiencia y su transformador electrónico?		si	no
¿El edificio dispone de algún tipo de energía renovable?		si	no

<b>VII COMPLETAR Y MARCAR SISTEMA DE CALEFACCIÓN</b>				
<b>VII.1 Características Generales del Sistema de Calefacción</b>				
El edificio dispone de algún sistema de calefacción			si	no
El sistema de calefacción es:				
Exclusivo para el edificio				
Centralizado para los siguientes edificios				
Superficie calefaccionada del edificio en evaluación		% del total o m2		
El sistema de calefacción del edificio				
Caldera (s) a combustible		Radiadores o convectores eléctricos		
Calderas eléctricas		Acumuladores eléctricos		
Bombas de calor		Otros:		
Sistemas de distribución de calor desde la generación hasta el consumo				
Por aire		Por agua o vapor		Otros:
Sistema de ductos y difusores		Radiadores de agua		Radiadores o convectores
Acondicionadores autónomos		Fancoils		Acumuladores eléctricos
Generadores de aire caliente		Piso o cielo radiante		Piso o cielo radiante eléctrico
				Estufas (gas, kerosene, etc.)
				Sistema multi-split o VRV
				Otros:
<b>VII.2 Equipos Generadores de Calor</b>				
Características técnicas de los principales generadores de calor				
Potencia útil (kW)				
Potencia combustible (kW)				
Rendimiento nominal %				
Períodos de mantención				
Períodos control de operación				

Estado de la instalación				
--------------------------	--	--	--	--

<b>VII.3 Equipos suministradores de calor</b>				
Características técnicas de los principales equipos que suministran calor				
Nº equipos similares				
Tipo de equipo				
Tipo de construcción				
Potencia nominal total (kW)				
Potencia útil total (kW)				
<b>VII.4 Mantenimiento del sistema</b>				
Operaciones de mantenimiento que se realiza periódicamente en la instalación de calefacción				
	No existe ningún tipo de mantenimiento			
	Sólo se realizan las revisiones básicas			
	Existe un contacto de mantenimiento completo			
Otros:				
<b>VII.5 Regulación de calefacción</b>				
Sistemas de regulación existente en las instalaciones de calefacción				
	Control totalmente manual		Reloj programable para todo el sistema	
	Termostato para todo el sistema		Cronotermostato para todo el sistema	
	Termostato local o zonal		Termostato en cada unidad terminal	
	Centralita programable sonda exterior		Gestión centralizada por computador	
	Telegestión			
<b>VII.6 Calidad de la calefacción</b>				
La temperatura es, en general:				
	Adecuada		Alta	Baja
Posibles deficiencias en la distribución y calidad de la calefacción				
	La energía está mal distribuida		El ambiente está demasiado seco	
	El sistema es lento, tiene mucha inercia		El sistema es	

			poco fiable (muchas fallas)
	Existen problemas sanitarios		Otros.

<b>VII.7 cuestionario sobre condiciones actuales de operación del sistema.</b>			
Responda el siguiente cuestionario de diagnóstico del sistema de calefacción			
1.- ¿Se revisa semanalmente el funcionamiento de la caldera?		10.- Cuando no hay demanda de calor ¿Funciona las calderas de forma continua?	
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No
2.- ¿Se encuentra la sala de caldera ventilada adecuadamente?		11.- ¿Están los radiadores y difusores libres de obstáculos?	
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No
3.- ¿Existe en marcha un sistema de detección de fugas?		12.- ¿Utiliza el personal calefactores eléctricos portátiles sin autorización?	
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No
4.- ¿Existen programas de limpieza de radiadores y cambio de filtros de fancolis?		13.- ¿El suministro de calor a los radiadores proviene de diferentes calderas?	
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No
5.- ¿Se realiza revisión anual de la caldera por parte de un servicio autorizado?		14.- ¿La caldera está muy sobredimensionada?	
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No
6.- ¿Están aisladas todas las tuberías, conexiones y válvulas?		15.- ¿Se conoce el rendimiento real de las calderas?	
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No
7.- En instalaciones con varias calderas, ¿Se apagan algunas de ellas en períodos con condiciones meteorológicas más favorables?		16.- ¿Se recupera el calor del aire expulsado al exterior?	
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No
8.- ¿Está secuenciado el funcionamiento de varias calderas de forma continua?		17.- ¿Se ha considerado el uso de caldera de condensación?	
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No
9.- ¿El encendido de las calderas es electrónico?		18.- ¿Se revisa regularmente el correcto funcionamiento de las bombas de calor?	
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No

<b>VIII. COMPLETAR Y MARCAR SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN</b>				
<b>VIII.1 Características Generales del Sistema de Refrigeración</b>				
El edificio dispone de algún sistema de refrigeración de los locales			si	no
El sistema de refrigeración es:				
Exclusivo para el edificio				
Centralizado para los siguientes edificios				
Superficie refrigerada del edificio en evaluación		%del total o m2		
Sistema principal de refrigeración de edificio				
Enfriadora (s) eléctrica (s)		Bomba(s) de calor eléctrica(s)		
Otros				
Sistemas de distribución y emisiones de frío, unidades terminales				
Por Aire		Por Agua		
Climatizadores y difusores		Fancoils		
Acondicionadores autónomos		Otros		
<b>VIII.2 Equipos Generadores de Frío</b>				
Características técnicas de los principales generadores de frío				
Potencia útil (kW)				
Potencia absorbida (kW)				
Potencia térmica total instalada en equipos generadores de frío				KW
<b>VIII.3 Equipos Suministradores de Frío</b>				
Características técnicas de los principales equipos generadores de frío				
Potencia nominal total (kW)				
Potencia útil total (kW)				
<b>VIII. 4 Mantenimiento del sistema</b>				
Operaciones del mantenimiento que se realizan periódicamente en la instalación de refrigeración				
No existe ningún tipo de mantenimiento				
Sólo se realizan las revisiones básicas				
Existe un contrato de mantenimiento completo				
Periodicidad:				
<b>VIII. 5 Regulación de la Refrigeración</b>				
<b>Sistemas de regulación existente en las instalaciones de refrigeración</b>				
Control totalmente manual		Reloj programable para todo el sistema		
Termostato para todo el sistema		Cronotermostato para todo el sistema		
Termostato local y zonal		Termostato en cada unidad terminal		
Centralita programable sonda exterior		Gestión centralizada por computador		
Telegestión o telecontrol		Otros:		

<b>VIII. 6 Calidad de la refrigeración</b>		
La temperatura en, en general:		
<input type="checkbox"/>	Adecuada	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Alta	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Baja	
Posibles deficiencias en la distribución y calidad de la refrigeración		
<input type="checkbox"/>	La energía está mal distribuida	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	El ambiente está demasiado seco	
<input type="checkbox"/>	El sistema es lento, tiene mucha inercia	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	El sistema es poco fiable (muchas averías)	
<input type="checkbox"/>	Existen problemas sanitarios	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Otros.	
<b>VIII. 7 Cuestionario sobre condiciones actuales de operación del sistema</b>		
1.- ¿Se revisa regularmente el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	
2.- ¿Existe en marcha un sistema de detección de fugas?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	
3.- ¿Está secuenciado el funcionamiento de varias unidades en paralelo?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	
4.- ¿Los sistemas de protección por presión y/o temperatura operan correctamente?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	
5.- ¿El sistema de descongelado de los evaporadores operan de manera eficiente?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	
6.- ¿El sistema de condensación se mantiene limpio y libre de incrustaciones o suciedades?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	
7.- ¿Se conoce la eficiencia del sistema de refrigeración?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	
8.- ¿Estima que la planta de frío está sobredimensionada?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	
9.- ¿El sistema de control existente garantiza una operación eficiente de la planta?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	
10.- ¿La aislación térmica existente está en buen estado y bien dimensionada?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	No	
11.- ¿La planta de frío es revisada anualmente por parte del servicio autorizado?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	
12.- ¿Existe un plan de mantenimiento programado?		
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	no	



Abertura		Limpieza		
Filtros		Revisión del estado de funcionalidad		
		Limpieza o sustitución		
Sistemas de control		Revisión del estado de sus automatismos		

### IX.3 Cuestionario Sobre Ventilación

Responda las siguientes cuestiones acerca de la eficiencia energética en la ventilación	SI		NO
¿Se apagan los ventiladores que no son necesarios?			
¿Se utilizan ventiladores individuales de forma no autorizada?			
¿Se aprovechan los sistemas de ventilación natural?			
¿Está controlado el tiempo de funcionamiento de los extractores de locales tales como aseos y cocina?			
¿Está controlado el tiempo de funcionamiento de los extractores de garajes?			
¿Están dotados los extremos de obturadores automáticos?			
¿Se ha comprobado el estado de limpieza del interior de los conductos de ventilación?			
¿Se ha comprobado que los caudales de ventilación no son excesivos?			
¿Está prevista la regulación del aire?			

<b>X COMPLETAR Y MARCAR OTRO EQUIPAMIENTO ENERGÉTICO</b>							
<b>X.1 Equipos eléctricos</b>							
<b>Electrodomésticos</b>							
Tipo de máquina	Nº	Clasificación energética	Horario	Horas / días operación	Días por Semana	Consumo normal (W)	
Secador de manos							
Extractor de baño							
Máquina agua (calor /frío)							
Ventilador							
Procesadora alimentos							
Cafetera 850W							
Microondas							
Refrigerador							
Ascensores							
Otros							
<b>Equipos computacionales</b>							
Tipo de equipo	Nº	Clasificación energética	Horario	Horas / días operación	Días por Semana	Consumo normal (W)	Consumo Esperado (W)
Computador de escritorio							
Pantalla LCD							
Computador personal							
Fax inyección tinta							
Fax transferencia térmica							
Fax láser							
Fotocopiadora grande							
Fotocopiadora chica							
Impresora inyección de tinta							
Impresora láser b/n							
Impresora láser b/n grupo							
Plotter							
Proyector							
Scanner							

<b>X. 2 Cuestionario sobre otros equipos eléctricos</b>	
1.- ¿Corresponde el diseño de los ascensores a las necesidades del servicio: carga, frecuencia de uso, cantidad de usuario, etc.?	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.- ¿Están establecidos los horarios de operación de ascensores de acuerdo a los requerimientos de servicio?	
<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> No
3.- ¿Se tiene en cuenta en la compra de los equipos de oficina el consumo energético?	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.- ¿Se apagan todas las computadoras, impresoras y demás equipos de oficina cuando no se van a utilizar a corto plazo?	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
5.- ¿Disponen las fotocopiadoras de modo stand-bye?	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
6.- La sala donde se encuentran las computadoras ¿Está a una temperatura adecuada??	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> no
7.- ¿Se compran electrodomésticos con una clasificación energética?	
<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> No
8.- ¿Se revisa con periodicidad el estado de las juntas de calidad de frigoríficos o congeladores?	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
9.- ¿Se apagan todos aquellos electrodomésticos que no están realizando tarea alguna?	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> no

<b>XI. INTEGRACIÓN SEÑALIZACIÓN Y CONTROL</b>	
Instrumentación de medida y control existente para los suministros eléctricos	
<input type="checkbox"/>	Controlador(es) de la compañía suministradora del tipo electromagnético
<input type="checkbox"/>	Controlador(es) de la compañía suministradora del tipo electrónico con lectura local
<input type="checkbox"/>	Controlador(es) de la compañía suministradora del tipo electrónico con lectura remota
Instrumentación de medida y control existente para los principales consumos eléctricos	
<input type="checkbox"/>	Voltímetros y amperímetros locales en los consumos principales
<input type="checkbox"/>	Contadores locales en los consumos principales
<input type="checkbox"/>	Contadores con lectura remota y centralizada de consumos principales
<input type="checkbox"/>	Desconexión automática y manual, remota y centralizada de consumo

<b>XI.1 Control sobre los dispositivos</b>			
En invierno ¿La temperatura ambiente se sitúa por encima de 19-20°C?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no
En verano ¿La temperatura ambiente se sitúa por debajo de los 24°C?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	No
¿Todos los locales de edificio poseen la misma temperatura?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no
Cuando se siente demasiado calor ¿Se apaga la calefacción o se abren ventanas?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no
¿Permanecen las ventanas abiertas en verano cuando el aire acondicionado está funcionando?			
<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	no
¿Los termostatos y sensores de temperatura están situados en lugares adecuados?, ¿Están funcionando?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no
Cuando en el mismo local hay equipos de calefacción y aire acondicionado ¿Se han ajustado para evitar que funcionen simultáneamente?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no
¿Se programa el sistema de calefacción y aire acondicionado para evitar su funcionamiento en días festivos?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no
Los termostatos instalados, ¿Son electromecánicos o electrónicos?			
<input type="checkbox"/>	Electromecánicos	<input type="checkbox"/>	Electrónicos
¿Se puede programar con exactitud el horario de funcionamiento del sistema de calefacción y aire acondicionado?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	No
Las áreas que se ocupan intermitentemente ¿están controladas con detectores de presencia?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no
En los locales de gran altura ¿Existe una gran diferencia de temperatura entre el suelo y el techo?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no
¿Existen locales en el edificio con una temperatura elevada mientras que otros apenas llegan al mínimo?			
<input type="checkbox"/>	si	<input type="checkbox"/>	no