



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

El uso de la energía en las escuelas primarias públicas del Distrito Federal: hacia una cultura del ahorro energético

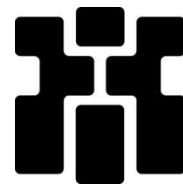
Cristina Toral Villanueva
Enero de 2012



Facultad de Arquitectura



FES Aragón



Instituto de Investigaciones Históricas



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**El uso de la energía en las escuelas
primarias públicas del Distrito Federal:
hacia una cultura del ahorro energético**

Tesis que para obtener el grado de

Maestro en Arquitectura

presenta

Cristina Toral Villanueva

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

2012

Director de tesis

Dr. David Morillón Gálvez

Sinodales

Dr. Hermilo Salas Espíndola

Dr. José Diego Morales Ramírez

Mtra. Florian Martínez Perdomo

Mtro. Jaime Irigoyen Castillo

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme el privilegio de la educación plural y crítica.

A Conacyt, por otorgarme los medios para cursar la maestría y culminar este trabajo.

A la Profesora Ma. Esther García Trejo, quien desinteresadamente abrió las puertas de la administración SEP para la obtención de información fundamental para la investigación.

A mi tutor, sinodales y maestros, por el tiempo y conocimiento que aportaron para la realización de esta tesis.

A mi campo de conocimiento, por mostrarme una perspectiva multidisciplinaria y crítica de la Arquitectura.

A Abraham, a mi familia, a mis compañeros y amigos.

Y a todas las personas que directa e indirectamente colaboraron en comentarios, recomendaciones, ánimos y acompañamiento.

Índice

Resumen / Abstract	1
Introducción	3
1. Antecedentes	13
1.1. Estudios sobre el uso de la energía en edificios escolares	14
1.2. Programas para el diseño de escuelas sustentables	21
1.3. Sistemas de certificación ambiental para edificios escolares.....	24
2. El ahorro y el uso de la energía en los edificios escolares	27
2.1. La educación ambiental y el contexto mundial	28
2.2. El ahorro como hábito de desarrollo	30
2.3. El uso eficiente de la energía en edificios escolares	35
2.3.1. Configuración urbano-arquitectónica	35
2.3.2. Eficiencia en iluminación	41
2.3.3. Energías renovables	46
3. Diagnóstico del uso final de la energía en las escuelas primarias públicas del Distrito Federal	51
3.1. Conciencia de la comunidad escolar en el uso de la energía	53
3.1.1. Abasto de luz	53
3.1.2. Conciencia sobre el uso de la energía	54
3.1.3. Percepción del confort térmico y lumínico	59
3.2. Consumo eléctrico de los inmuebles	63
3.2.1. Índices de Consumo de Energía Eléctrica en las escuelas públicas del Distrito Federal	63

3.2.2. Comparativa con Indicadores energéticos existentes para edificios escolares	68
3.2.3. Resumen y análisis de los indicadores	75
3.3. Programas gubernamentales para el ahorro de energía en escuelas	79
3.3.1. Programa de Eficiencia energética en Escuelas	79
3.3.2. Programa Red de Escuelas Solares	80
3.3.3. Jornadas de Ahorro de Energía Eléctrica	80
3.3.4. Programa de Ahorro de Energía Eléctrica, Agua Potable y Sustentabilidad	81
4. Recomendaciones para el uso eficiente de la energía en las escuelas públicas del Distrito Federal	83
4.1.1. Estructura del programa	86
4.1.2. Consideraciones	87
4.1.3. Beneficios del programa	88
Conclusiones	89
Bibliografía	94

Resumen

El objetivo del presente trabajo es evaluar el uso final de la energía en las escuelas primarias públicas del Distrito Federal, a través del análisis de la conciencia de alumnos y maestros, el consumo eléctrico de los inmuebles y los programas gubernamentales relacionados, enfatizando el rol protagónico que debe tener la comunidad escolar en la planeación y adopción de medidas para contribuir al ahorro de energía.

Para el análisis del consumo eléctrico se obtienen indicadores por superficie de construcción mediante la información de los recibos de facturación, y se realiza una comparación con indicadores existentes para edificios escolares. Para la evaluación de la conciencia ambiental se utiliza como método la encuesta.

Finalmente se plantean algunas recomendaciones para mejorar el uso eficiente de la energía a partir de un programa de ahorro encabezado por alumnos y maestros, lo que resulta en beneficios no sólo ambientales y económicos, sino también sociales.

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the end use of energy in public primary schools in Mexico City by analyzing the awareness of students and teachers in the use of energy, the electric consumption of buildings, and related government programs, emphasizing the leading role that the school community must play in planning and taking actions to save energy.

The electric consumption analysis is conducted using indicators related with building constructed area and information contained in electric bills, and by a comparison with existent indicators for schools buildings. Polling methods are used to evaluate school community awareness.

Finally, recommendations are developed to improve the efficient use of energy, beginning with an energy saving program led by students and teachers that would result in significant benefits, environmental, economic, as well as social.

[El uso de la energía en las escuelas primarias
públicas del Distrito Federal: hacia una cultura
del ahorro energético]

Maestría en Arquitectura
Universidad Nacional Autónoma de México
Cristina Toral Villanueva

[El uso de la energía en las escuelas primarias
públicas del Distrito Federal: hacia una cultura
del ahorro energético]

Maestría en Arquitectura
Universidad Nacional Autónoma de México
Cristina Toral Villanueva

Introducción

Introducción

La Arquitectura se está convirtiendo en una plataforma determinante para la materialización de nuevos enfoques, como el desarrollo sustentable. En la mayoría de los despachos de arquitectura y diseño, incluso en las instituciones de educación superior se utilizan metodologías inspiradas en los valores clásicos del quehacer arquitectónico, fundamentalmente la estética y la función. Estos métodos respondieron en su momento a necesidades específicas como la optimización de espacios, pero en la actualidad han quedado rebasados por nuevas exigencias, principalmente ambientales, que por tratarse de recursos no renovables es imposible que queden fuera de los requerimientos por resolver en cualquier edificación.

El tema de la energía, junto con el agua y los residuos sólidos se ha convertido en la principal premisa por enfrentar en el diseño de los edificios que buscan tender a la sustentabilidad. El consumo de combustibles fósiles de las edificaciones durante su funcionamiento, equivale aproximadamente a la mitad de toda la energía consumida en el mundo, comparándose en importancia incluso con el transporte.¹

Los edificios educativos constituyen un área de oportunidad fundamental para la materialización del desarrollo sustentable por varias razones. En primer lugar, pueden ser un detonante para la actividad comunitaria, pues son capaces de integrar la actividad de la comunidad escolar con la acción social. Al integrar estrategias de ahorro energético en sus instalaciones se convierten en aparadores que participan activamente en la difusión de esta nueva visión y ayudan a verla como una realidad palpable. Por último, como instituciones educativas, tienen la responsabilidad de impulsar una nueva conciencia ambiental, y su propia infraestructura es una vía de implementación.

¹ *Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios.*

En el ámbito internacional han comenzado a surgir proyectos y metodologías encaminados a alcanzar la sustentabilidad de los espacios escolares en el nivel básico, apostando por el potencial pedagógico de estos espacios, y además por tratarse de una parte de la infraestructura básica del Estado.

En el Distrito Federal existen alrededor de 4,200 planteles destinados a la educación pública en el nivel básico,² los cuales fueron construidos, en su mayoría, en la década de los cincuentas y sesentas, es decir, antes de que el interés por la conservación del medio ambiente en México se comenzara a manifestar en el diseño arquitectónico.

A nivel institucional el INIFED,³ como ente normativo, ha explorado alternativas y criterios sustentables, con resultados dirigidos principalmente a la optimización del agua, pero no existen aún lineamientos obligatorios para edificios escolares.

Es necesario, por tanto, adentrarse en el tema energético de estos espacios, con el fin de incorporarlo a los programas y normatividad que se desarrollan actualmente bajo la directriz sustentable. Pero para poder establecer el nivel de eficiencia energética en cualquier inmueble, es necesario contar de antemano con algún parámetro contra el cual hacer la medición del consumo, es decir, un **índice de consumo de energía eléctrica**. A partir de dicho indicador, es posible hacer una valoración objetiva del rendimiento energético del inmueble, de otra manera, las estrategias se enfocan a la reducción de energía sin contar con herramientas que permitan calificar la instrumentación y los resultados finales.

Ante esta perspectiva se plantean las siguientes preguntas:

¿El consumo de energía en las escuelas primarias públicas es alto o bajo en comparación con otros inmuebles de su tipo?

² Sistema Nacional de Información Educativa de la Secretaría de Educación Pública. Disponible en: http://www.sniesep.gob.mx/catalogo_nacional.html

³ El Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) es el organismo que a nivel federal define la normatividad para los espacios públicos educativos, que a partir de 2007 sustituyó al Comité Administrador del Programa Federal para la Construcción de Escuelas (CAPFCE).

¿Existe conciencia y cultura del ahorro de energía dentro de la comunidad escolar, o la comunidad escolar es un factor que incrementa el consumo de energía?

¿Existen medidas o programas gubernamentales dirigidos al ahorro de energía de las escuelas primarias?

¿Qué estrategias para la optimización de la energía pueden aplicarse en estos espacios educativos?

A partir de dichas preguntas, el presente trabajo de investigación plantea que el consumo de energía eléctrica en las escuelas primarias públicas del DF es alto en comparación con otros edificios de su tipo, pues son construcciones antiguas y no existe una cultura de ahorro energético por parte de la comunidad escolar ni de las autoridades relacionadas con estos edificios, por lo que es necesario implementar medidas que coadyuven a la disminución del consumo y al fomento del ahorro de energía.

El objetivo general del trabajo es realizar una evaluación del consumo de energía en las escuelas primarias públicas a través de tres áreas de análisis: en primer lugar, analizando la cultura del ahorro de energía de alumnos y maestros de estos planteles. En segundo lugar, mediante la determinación de indicadores de consumo eléctrico en los planteles educativos y su comparación con la normatividad y otros indicadores nacionales e internacionales. Finalmente se pretende revisar los programas e iniciativas gubernamentales que a la fecha se han generado en dirección al ahorro energético, así como los resultados de su aplicación.

Como objetivo particular, se plantea definir algunos lineamientos para la creación de un programa de ahorro de energía que contribuya a reducir los niveles de consumo energético en las escuelas primarias públicas, incorporando estrategias no sólo dirigidas al mantenimiento del inmueble, sino dirigidas también a la acción de la comunidad escolar.

Otro de los objetivos de la investigación es la determinación de valores medios de consumo de energía eléctrica en edificios educativos sin intervenciones en la optimización del uso de la energía, así como valores medios de consumo en edificios educativos que han sido intervenidos con criterios de ahorro energético, con el fin de establecer un parámetro de evaluación para futuros proyectos y diagnósticos energéticos.

Cabe mencionar que los términos relacionados con ‘energía’, para efectos de este trabajo se refieren a la ‘energía eléctrica’, ya que los edificios escolares presentan el mayor porcentaje de consumo de energía en el rubro de iluminación (78%), el cual es abastecido mediante este tipo de energía. (García Kerdán, 2011)

Para la obtención de los indicadores, la investigación recurre al método cuantitativo y la estadística descriptiva, utilizando la información proporcionada por la Administración de Edificios Escolares de la SEP relacionada con los datos edilicios de cada plantel y los recibos de facturación de CFE. Para la obtención de los niveles de confort en las aulas se realizó una encuesta aplicada a los alumnos de 4°, 5° y 6°, complementada con mediciones de iluminación en sitio, haciendo el análisis estadístico de la información con el programa SPSS.

Relevancia del uso y ahorro de energía

La energía es un factor primordial para el desarrollo económico y social del país y, por lo tanto, es indispensable aprovechar los recursos energéticos disponibles de manera eficiente y sustentable.

El acceso a las diversas fuentes de energía es una de las herramientas primordiales para combatir la pobreza, además de ser una de las actividades económicas más importantes en México y la principal fuente del ingreso público. Se calcula que para el año 2050 el consumo de energía mundial se habrá duplicado, y que gran parte de dicha energía provendrá de la explotación de combustibles fósiles, pero un porcentaje cada vez mayor se producirá a partir de fuentes renovables.

La Comisión Nacional del Uso Eficiente de la Energía estima un potencial de ahorro de energía en México superior al 20%, y en el caso de las edificaciones la proyección se encuentra entre 15 y 16%. (CONUEE, 2010)

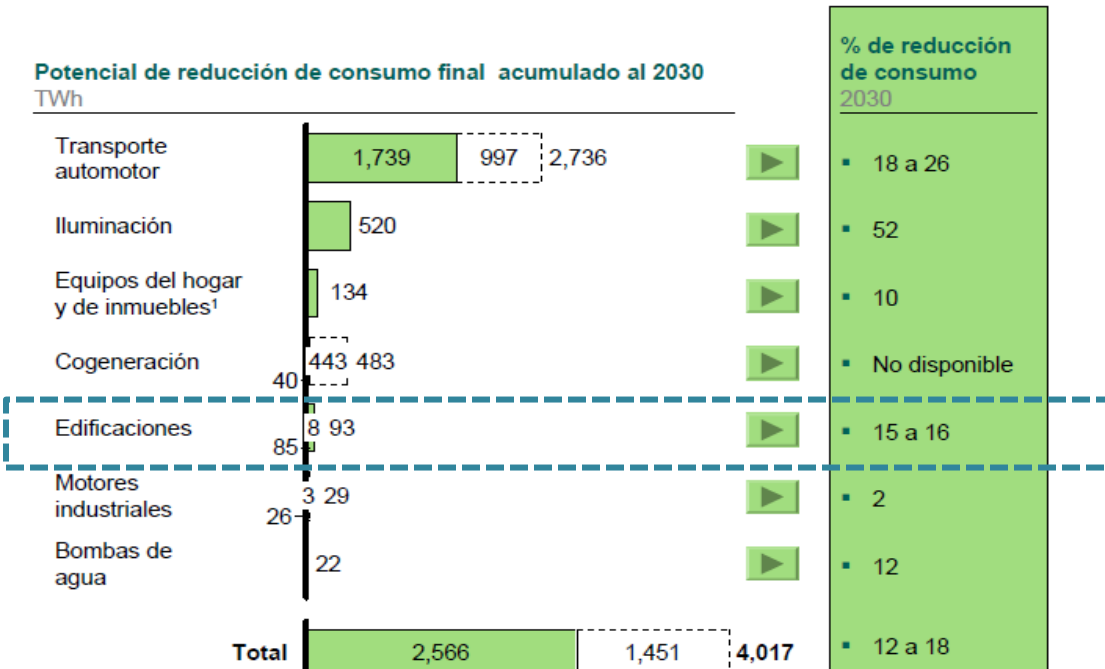


Figura 1. Potencial de reducción de consumo final acumulado al 2030. (CONUEE, 2010).

Como se observa en la Figura 1, después del transporte, el potencial se concentra en el rubro de iluminación y edificaciones, lo que indica que las construcciones, tanto en su etapa de edificación como de operación, tienen una gran responsabilidad en el ahorro de energía, y al mismo tiempo, son un área significativa de oportunidad.

El abasto de electricidad sigue siendo ineficiente, incluso inexistente para millones de personas en el mundo. Tal es el caso de muchas escuelas oficiales del país, incluso dentro de la ciudad de México. Pero según investigaciones del Instituto de Ingeniería de la UNAM, el abatimiento de dicho rezago a nivel mundial, implicaría solamente un incremento del 0.8% de las emisiones de gases de efecto invernadero. (CONUEE, 2010).

Relevancia de los espacios escolares

El espacio escolar, después del hogar, es el núcleo fundamental de la formación humana, por lo que tiene un impacto muy profundo en la forma de ser y pensar de los individuos.

La realidad dentro de los espacios educativos está empezando a ser cuestionada, ya sea porque los principios operativos en que se fundamentaba la actividad educativa han sido

ampliamente rebasados, o bien porque se percibe incluso en la infraestructura educativa, distintos niveles de ineficacia al dar respuesta a los nuevos retos ambientales.

La UNESCO, a través de organismos encargados del proyecto y construcción de espacios educativos, ha convocado en forma periódica a distintos foros donde se ha discutido la necesidad de implementar nuevas alternativas en la concepción de los espacios educativos. De aquí surgió la recomendación hecha a todos aquellos que tienen que ver con el proyecto y construcción de espacios educativos de comprometerse a crear espacios cuyo diseño y uso muevan a construir una historia progresivamente más humana, con el objetivo de llegar a edificar o transformar el entorno en comunidades educadoras. Estos enunciados vinieron a reforzar conclusiones e ideas manifestadas previamente, como por ejemplo, la *Declaración de Santiago*, producto de la reunión celebrada en Santiago de Chile en el año 2000, donde se había comentado y propuesto que:

Los espacios educativos tienen efectos privilegiados para la educación y por lo tanto, su programación, diseño, construcción, uso y mantenimiento trascienden la mera competencia administrativa, ya que son en sí mismos ocasión de aprendizaje de trabajo conjunto entre los agentes educativos, arquitectos y comunidad cuyo resultante produce desarrollo educativo y desata nuevas respuestas a las aspiraciones sociales y culturales de la localidad [...] El diseño arquitectónico es capaz de hacer compatible la participación de la comunidad con el disfrute de los espacios, mejora la calidad de la educación, se convierte en símbolo de la comunidad y repercute en la identidad personal y colectiva.

Todos los esfuerzos que se realicen en el sentido de mejorar la calidad de la educación, incluidos los correspondientes a la construcción y mejoramiento de espacios educativos, conllevan un desarrollo que favorece a toda la población de manera continua y permanente, abriendo los espacios educativos a la comunidad. (Remess Pérez, 2008).

Sin embargo en México la inversión en infraestructura educativa pública es definitivamente insuficiente. En 2009 la Unidad de Evaluación y Control de la Cámara de Diputados estableció que México es uno de los países que más recursos destina a la formación educativa en el mundo (Garduño, 2010). La Tabla 1 muestra que en 2005 México invirtió 6.5% del PIB en educación, incluso por encima de Canadá y España.

País	Total	Gasto público	Gasto privado
Canadá ¹	6.2	4.7	1.5
Chile	6.4	3.3	3.1
Corea	7.2	4.3	2.9
España	4.6	4.1	0.5
Estados Unidos	7.1	4.8	2.3
México	6.5	5.3	1.2

1 Año 2004

Tabla 1. Gasto público y privado en educación como porcentaje del PIB en los países seleccionados, 2005. (OCDE, 2008)

No obstante, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos señala que, a pesar de que el monto destinado a educación en México se ha ido incrementando considerablemente, sólo el 2.5% de estos recursos se destinan a la infraestructura educativa, y el 97.5% corresponden a pagos de nómina (OCDE, 2008).

Por este motivo, es necesario abordar el tema de la energía en las escuelas públicas, ya que las estrategias para el ahorro energético en los edificios suelen ir relacionados al mejoramiento de los niveles de confort interior, lo que conlleva otros beneficios de tipo social, como la contribución al mejoramiento de los procesos educativos.

En el primer capítulo del trabajo se analizan algunos estudios y programas que se han realizado en referencia al manejo de la energía en edificios escolares, los cuales se abordan desde perspectivas como el diseño bioclimático, los diagnósticos energéticos, metodologías, calidad del ambiente interior, recomendaciones para la reducción del consumo, hasta la evaluación de resultados, y proyecciones económicas y ambientales.

El segundo capítulo aborda algunos conceptos en relación a la cultura ambiental, estableciendo algunos antecedentes en el contexto global mundial y la evolución del significado de la llamada '*educación ambiental*'. Se rescata el concepto de *ahorro* como forma de desarrollo no solamente económico, sino como forma de aprendizaje y desarrollo social, destacando algunos proyectos exitosos en el fomento de la cultura del ahorro de energía. Se describen también algunas estrategias para el uso eficiente de la energía en las escuelas, enfocadas principalmente a la intervención de los inmuebles.

En el tercer capítulo se describe la evaluación realizada a las escuelas SEP acerca del uso de la energía en el espacio escolar, desde tres ámbitos de análisis: en primer lugar, se analizan los inmuebles de las escuelas primarias, mediante indicadores de consumo eléctrico, con el fin de evaluar si estos inmuebles consumen más energía que otros edificios de su tipo. En segundo lugar, se estudia el grado de conciencia de los alumnos en el uso de la energía, con el fin de determinar el grado de participación de los alumnos en el consumo energético de la escuela. Finalmente se hace una revisión de algunos programas gubernamentales para el ahorro de energía en las escuelas SEP, indagando el interés por parte de las autoridades educativas de llevar a cabo acciones efectivas.

En el cuarto capítulo se establecen algunas recomendaciones para alcanzar el uso eficiente de la energía en las escuelas SEP, las cuales parten de la educación ambiental y el trabajo de alumnos y maestros, proponiendo como actor central del ahorro de energía a la comunidad escolar.

En resumen, la presente investigación realiza una evaluación del uso de la energía en las escuelas primarias pública, mediante el estudio de la conciencia ambiental en la comunidad y el análisis del consumo de los edificios, que finalmente se traduce en una propuesta de ahorro de energía integral mediante la intervención técnica a los inmuebles escolares, a partir del trabajo y concientización de la comunidad escolar.

[El uso de la energía en las escuelas primarias
públicas del Distrito Federal: hacia una cultura
del ahorro energético]

Maestría en Arquitectura
Universidad Nacional Autónoma de México
Cristina Toral Villanueva

Capítulo 1

Antecedentes

Capítulo 1

Antecedentes

El desempeño energético de los espacios escolares se ha abordado en la investigación desde distintas perspectivas, como el diseño bioclimático, los diagnósticos energéticos, calidad del ambiente interior, recomendaciones para la reducción del consumo, hasta la evaluación de resultados, y proyecciones económicas y ambientales.

En este capítulo se describen algunos trabajos realizados bajo alguno de estos criterios, así como los programas que existen actualmente, encaminados al manejo de la energía en edificios escolares.

- a) En 1993 **Akira Hoyano** analizó la orientación tradicional de las escuelas públicas en Japón (las aulas hacia el sur y el pasillo hacia el norte), identificando problemas como el sobrecalentamiento y el deslumbramiento, y la necesidad de utilizar cortinas, desaprovechando los beneficios de la iluminación natural (ISES, 1994).

La investigación planteaba invertir la orientación (aulas hacia el norte y pasillos hacia el sur). A través de la fachada sur se concentra el calor en el pasillo, el cual es conducido hacia el interior de las aulas. En la fachada norte se colocó una doble ventana con ventiladores hacia el exterior para impedir que las corrientes frías penetren a las aulas, logrando mantener una temperatura confortable en el interior de ambos locales. La propuesta se analizó mediante simulaciones numéricas de comportamiento de temperatura.

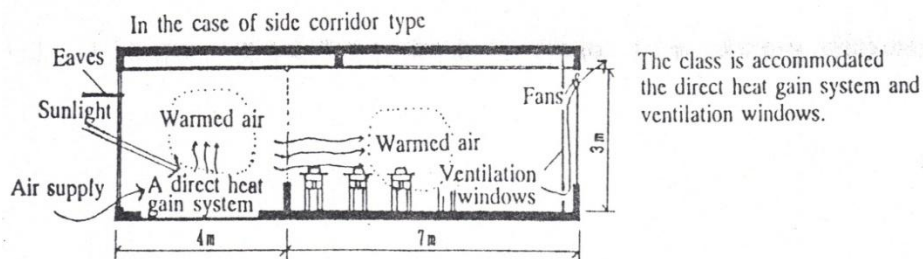


Figura 1.1. Propuesta para iluminación y ventilación natural en escuelas públicas de Japón.

Este estudio logró minimizar el consumo energético al prescindir de un sistema de calefacción pero debido a que la investigación partió del análisis del confort interior, no presentó un diagnóstico energético previo ni un estudio global de la reducción en el consumo.

- b) A través del **Programa Universitario de Energía** de la UNAM, se llevó a cabo en 1994 un diagnóstico energético para la Escuela Nacional de Estudios Profesionales de Acatlán como proyecto piloto para implementarlo después en todas las instalaciones de la UNAM. Se logró un apoyo económico del FIDE (Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica) para implementar algunas medidas, fundamentalmente encaminadas a la sustitución de luminarias, obteniendo una reducción del 37% en el consumo. (ATPAE, 1994).

Se realizó un diagnóstico muy detallado mediante el análisis de las instalaciones, operación, mantenimiento y facturación, así como de los niveles de iluminación.

Fue uno de los primeros diagnósticos energéticos en México aplicados a instituciones educativas, y representa una referencia importante por la incidencia que tiene la UNAM no sólo en cuanto a investigación y desarrollo, sino en cuanto a formación y difusión en materia de ahorro energético. Con la implementación de este proyecto se evidenciaron los beneficios económicos y ambientales del ahorro energético, fortaleciendo la extensión del programa a otros edificios de la institución.

- c) En 1997 **Juan Luis García Abe** realizó una tesis acerca del ahorro y uso eficiente de la energía en planteles educativos de distintos niveles en el país. En él se describe una metodología para el ahorro de energía en inmuebles escolares, distinguiendo entre distintos niveles de diagnósticos energéticos dependiendo de la profundidad y tiempo de duración del análisis.

Se determinó la problemática en el consumo de energía así como las principales áreas de oportunidad. En escuelas primarias los principales problemas fueron: niveles de iluminación bajos, mantenimiento deficiente en luminarios, falta de conciencia entre la comunidad escolar, equipos ineficientes, falta de apagadores por local. De acuerdo a este diagnóstico se hizo la propuesta, así como una evaluación económica y operativa de las medidas implementadas, la cual incluye una evaluación costo-beneficio que indicó una recuperación en periodo máximo de dos años. En las instituciones públicas resalta la falta

de recursos como un obstáculo para la implementación estas medidas, así como la falta de información acerca de los beneficios del ahorro de energía.

- d) En 2000, **María M. Pérez Sánchez y Francisco Pacheco Aguilar** elaboraron un diagnóstico de ahorro energético y eficiencia energética de la envolvente térmica aplicado a los edificios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. El análisis se enfocaba, primeramente, al levantamiento de las instalaciones, los edificios, y los principales equipos de consumidores de energía, posteriormente a la facturación de CFE, con el fin de comparar la demanda, los consumos y el factor de potencia. (ANES, 2000)

Se detectó que el mayor consumo proviene del aire acondicionado (55%). El rubro de iluminación representaba el 15% del consumo y todas las lámparas existentes eran ahorradoras, por lo que el estudio. Se analizó el factor de potencia como uno de los elementos determinantes en el consumo, pues en el caso de estudio, este factor era menor al 90%, lo que representaba también un sobre costo en el costo del servicio.⁴

El estudio presenta algunas propuestas para el ahorro del consumo, enfocadas principalmente al cambio de equipo de aire acondicionado, así como la concientización de la comunidad educativa en el ahorro de energía.

- e) **García Chávez** realizó en 2002 una investigación para la reducción de consumo de energía para escuelas primarias en Naucalpan, Edo. de México. El estudio se llevó a cabo mediante el análisis de la iluminación y la envolvente térmica (ANES, 2002).

En el caso de la iluminación, se demostró mediante mediciones de campo y modelos físicos tridimensionales en el Cielo Artificial del Laboratorio de Investigaciones en Arquitectura Bioclimática de la Universidad Autónoma Metropolitana, que la iluminación natural existente cumplía con los requerimientos del CAPFCE y del Reglamento de construcciones (200 luxes para aulas). Se modificó el color de muros, piso y plafón para mejorar las reflectancias de las superficies. En el caso de la envolvente térmica, se aplicó en la cubierta existente un firme de compresión de concreto con color para evitar ganancia térmica.

⁴ El factor de potencia indica la eficiencia en el uso de la energía eléctrica. Si es menor al 90% significa energía desperdiciada y una afectación al uso del sistema eléctrico. Es por esto que se ofrece una reducción en aquellas facturaciones con un factor de potencia mayor al 90% y, en caso contrario, aumenta el costo.

El trabajo considera aspectos socio-políticos relevantes como el subsidio de electricidad a las escuelas públicas, el cual impacta negativamente en el consumo, pues la falta de control provoca consumos excesivos, por lo que plantea que cada inmueble deba garantizar condiciones de confort lumínico, térmico y de integración con el entorno durante su tiempo de operación. Aborda las posibles soluciones desde criterios bioclimáticos, pero carece de un diagnóstico energético previo para focalizar las principales fuentes de consumo y evaluar resultados.

- f) En 2004 este mismo autor desarrolló en las instalaciones de la **Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco**, en el área de oficinas caracterizada por un elevado consumo de energía y condiciones graves de disconfort térmico y lumínico. Para realizar el diagnóstico energético del edificio se realizó un levantamiento de mobiliario, equipo, luminarias, computadoras y ventiladores, entre otros. Se consideró también el número de ocupantes y horarios de trabajo. Se realizó una encuesta entre los usuarios para conocer las condiciones de confort térmico y lumínico, y se hizo un monitoreo de la temperatura interior y la iluminancia del espacio (ANES, 2004).

De acuerdo a los resultados se propusieron estrategias de tipo bioclimático: aplicación de impermeabilizante en la cubierta, reducción del área de domos, sustitución de luminarios, y abertura de área de ventilación en ventanas, muros y domos para promover ventilación cruzada.

A pesar de que el caso de estudio es un edificio de oficinas, la metodología tiene aplicación para edificios escolares, pues presenta un análisis de la problemática a partir de un diagnóstico energético extendido a la proyección de resultados, lo cual contribuye a la materialización del proyecto.

- g) En 2002 **Francisco Heras, Irene Torres, Juan José Ambriz y Hernando Romero** realizaron en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa un proyecto de eficiencia energética, aplicada a la iluminación de los edificios, debido a que este rubro representaba el 85% de la carga instalada en los edificios. El proyecto consistió en reemplazar las luminarias T-12 de 39W con balastro ferromagnético por lámparas T-8 de 32W con balastro electrónico en los edificios de aulas (ANES, 2002).

A pesar de que el proyecto revelaba una disminución en el consumo del 70%, el requerimiento de iluminación interior no fue resuelto, pues en términos generales, en el interior de las aulas resultó por debajo de los valores requeridos, y en los pasillos llegó a rebasar la norma.⁵ Se concluyó que debe invertirse en la división de circuitos y debe redistribuirse el sembrado de luminarias de acuerdo a las nuevas necesidades del edificio.

El estudio refuerza la importancia de focalizar el ahorro de energía en el alumbrado, pero no consideró la necesidad del análisis de iluminación que proporcione confort lumínico al espacio.

- h) En 2006, **Ledesma, Cisterna, Márquez Vega, Quiñones y Gonzalo** desarrollaron una propuesta de ahorro energético para aulas de escuelas en Tucumán, Argentina. El análisis se centró la iluminación natural mediante la modificación del sistema de aventanamiento, para lo cual se desarrollaron cuatro prototipos de aulas que fueron evaluadas desde el punto de vista lumínico y de asoleamiento bajo diferentes situaciones de orientación y diseño de ventanas. Se realizaron modelos 1:10 en cielo artificial, registrando cuatro puntos de iluminación interior, arrojando resultados en el Coeficiente de Luz Diurna superiores a la norma en todos los prototipos. En base a este resultado se propusieron luminarias en tres circuitos para encender cada uno dependiendo del nivel de iluminación natural durante el día.




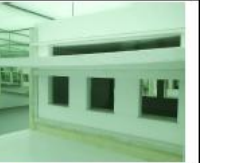




CASOS	PROTOTIPO 1	PROTOTIPO 2	PROTOTIPO 3	PROTOTIPO 4
Fotos frente norte de cada prototipo.				
Fotos frente sur de cada prototipo.				

Figura 1.2. Modelos 1:10 con diferentes tipos de aventanamiento.

⁵ Se consideró el requerimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-025 STPS-1999 para aulas y oficinas, correspondiente a 300 luxes, y 50 luxes para pasillos.

De esta manera se logra un ahorro eléctrico del 70% respecto a las condiciones existentes, pudiendo llegar hasta un 90% con la implementación de un sistema de control de encendido.

- i) **Melchiori, San Juan y Discoli** realizaron en 2008 un análisis de dos escuelas representativas de Brasil y Argentina, con la finalidad de evaluar su comportamiento ambiental al aplicar estrategias de eficiencia energética. El estudio presenta un análisis extendido a las emisiones de acuerdo al consumo eléctrico y de gas.

Para determinar el consumo existente en iluminación, se hizo un levantamiento de los luminarios en función de su potencia, rendimiento lumínico y factor de uso diario (FU), evaluando los resultados en kWh/año, considerando los días hábiles anuales de cada escuela. Se propusieron solamente dos medidas para el ahorro de energía: sustitución de luminarios por otros de mayor eficiencia y análisis de la sectorización de circuitos.

Se analizó también el rubro de la climatización, aplicando las siguientes medidas: parasoles en las ventanas y mayor aislamiento en la cubierta. Se determinó que el área aulas presenta las mayores posibilidades de ahorro en los dos casos, con una reducción de 60% a 70%, aunque el ahorro global (considerando patios y otros edificios) es solamente cercano al 25%.

Aunque la investigación puede tener un impacto considerable por tomar como caso de estudio prototipos de gran representatividad en cada país, el ahorro global es poco, además de que no se analizó la relación costo-beneficio. Tampoco se evaluaron las condiciones de confort.

- j) Desde 2008 **Casbianca** y **Snoj** trabajan en una recopilación de información para elaborar una guía de diseño con pautas de eficiencia energética para edificios escolares en distintas regiones de Argentina. Este documento pretende complementar la normativa vigente para la arquitectura escolar con base en criterios y programas internacionales.

Aunque el proyecto es reciente, está basado en el trabajo de varios grupos de investigación en edificios escolares de Argentina, por lo que tiene el sustento de muchos años de investigación, y por lo tanto puede ser un elemento que consolide criterios más adecuados al contexto latinoamericano, sin dejar de lado que las condiciones

climatológicas son particulares. Es relevante también porque incorpora lineamientos que pueden llegar a ser normativos, y puede representar una referencia importante en el aspecto energético de las edificaciones escolares.

- k) En 2009 **Azucena Escobedo** realizó una tesis doctoral para determinar el consumo de energía eléctrica en cinco edificios de Ciudad Universitaria.

El diagnóstico energético se realizó desde tres criterios, con el fin de validar la información obtenida: levantamiento de equipos eléctricos, identificación de circuitos por uso final (para relacionar la demanda y el consumo con las actividades del edificio) y monitoreo del consumo eléctrico. Se determinaron los indicadores por uso final de la energía (kWh/m² año). Adicionalmente se llevó a cabo una evaluación arquitectónica de cada edificio para analizar la ganancia de calor de la envolvente y determinar si cumple o no con la normatividad en eficiencia energética.

Este diagnóstico energético presenta resultados muy precisos debido al análisis detallado de cada edificio. Además incorpora el estudio del confort lumínico y térmico, lo que permite mejoras en la calidad del ambiente interior. Otra de las aportaciones de esta investigación es la definición de indicadores energéticos, los cuales representan una herramienta determinante para evaluar el ahorro de energía de un edificio, de acuerdo a su uso.

Otros diagnósticos energéticos para edificios de distintos usos han sido desarrollados por el **FIDE**, algunos destinados a edificios educativos de educación superior. La metodología utilizada es a través de levantamientos y mediciones de equipos eléctricos y acciones correctivas relacionadas con el reemplazo de luminarios y balastos, división de circuitos e instalación de controles de iluminación.

En algunos casos, las medidas de estos proyectos se limitan únicamente a la eficiencia energética, dejando de lado el análisis de la iluminación interior.

1.2. Programas para el diseño de escuelas sustentables

- a) En Reino Unido creó el programa ***Building Schools for the Future*** (BSF), encaminado a la inversión en edificios escolares. Bajo los lineamientos del programa todas las escuelas deben cumplir con las normas mínimas que establece el sistema BREEAM (BRE Environmental Assessment Method),⁶ y en el caso de las escuelas nuevas, están condicionadas a reducir las emisiones de carbono en un 60%. Además de la implementación de controles de energía y la reducción de los costos de construcción, el programa también tiene como objetivo mejorar el diseño curricular de la escuela y aumentar la sensibilización de los usuarios a través de pantallas de monitoreo del consumo de agua y energía.

El programa fue diseñado para las escuelas secundarias de Reino Unido, por lo que las escuelas primarias inicialmente no fueron incluidas, pero en marzo de 2006 se creó el *Programa de Capital Primario* (PCP) para las escuelas primarias y escuelas de educación especial. Para recibir el financiamiento, los gobiernos locales deben presentar un plan de acción para ser aprobado, describiendo las estrategias a implementar. El programa involucra actualmente a cerca de 100 gobiernos locales, con la expectativa de iniciar 675 proyectos de construcción de escuelas primarias en los próximos tres años.

Reino Unido ha desarrollado una gran cantidad de programas y guías de diseño para la eficiencia energética en escuelas, pero se trata de lineamientos dirigidos principalmente a la implementación de tecnologías de control y verificación, así como energías renovables, lo cual supone una inversión económica muy grande tanto en la ejecución como en el seguimiento y la operación.

- b) En España se creó en 2001 una **Red de Escuelas Solares**, impulsada por Greenpeace Solar. Los techos de las escuelas se utilizan para albergar paneles solares, produciendo energía que la compañía eléctrica está obligada a comprar. Se estima que con la energía que

⁶ BREEAM es un sistema de certificación, creado en Reino Unido, basado en el desarrollo tecnológico de grupo BRE, quien ha trabajado la investigación de materiales y sistemas constructivos desde 1917. Este método sienta las bases para el sistema de certificación LEED, por lo que ambos criterios de evaluación guardan muchas coincidencias.

produce el techo de una escuela, puede recuperarse la inversión en 12 a 16 años, con la posibilidad de reducirse a la mitad con el subsidio de algunas comunidades autónomas.

Un techo solar de 5 kW (50 m²) produce durante su vida útil (25-30 años) y evita la emisión de 2,500 a 4,00 Kg de CO₂ anuales.⁷ El programa busca que los alumnos aprendan el funcionamiento y las ventajas de la energía solar y la vean como una realidad, así como demostrar que existe una demanda de energía solar, exigiendo a las administraciones públicas que pongan los medios para satisfacer esa demanda, y a las compañías eléctricas que faciliten su conexión a la red eléctrica.

El programa conlleva un doble beneficio (ambiental y económico), aunque deja de lado la reducción del consumo y la concientización en el ahorro energético.

- c) También en nuestro país, en el estado de Coahuila, este año se implementó el programa **Red de Escuelas Solares**, el cual que contempla cerca de 20 escuelas privadas en esta entidad. Se puede acceder al programa mediante el crédito Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), que se otorga de acuerdo a las necesidades de cada plantel, contemplando las instalaciones y la cantidad de energía que se consume en la institución.

En el Colegio Inglés se instalaron 12 paneles fotovoltaicos de 174 watts, y de acuerdo al programa, además de la generación de electricidad para abastecer una parte de la iluminación del plantel, se permite recargar los medidores de la CFE cuando la energía no se utilice en las instalaciones de la escuela

- d) En el estado de Sonora se está comenzando a desarrollar un **Programa de Eficiencia Energética en Escuelas** con el fin de disminuir el costo de la energía eléctrica y ahorrar en el consumo de dicha energía haciendo un uso más eficiente de ella, mediante las siguientes acciones

⁷ El primer centro perteneciente a la Red de Escuelas Solares de Greenpeace que se ha conectado al sol está en el País Vasco. El centro Ugaro Herri Ikastetxea utiliza energía solar desde febrero de 2001, a través de 10 paneles solares fotovoltaicos instalados en la fachada sur del edificio principal. Por tratarse de una energía limpia y no contaminante, la compañía eléctrica tiene que pagar 0,40 EU por cada kilovatio/hora producido.

- Pruebas en escuelas para medir la variación en el consumo de energía eléctrica y temperaturas una vez aplicados aislantes térmicos de diferente naturaleza
 - Estudio en 10 escuelas en diferentes puntos del estado para regionalizar las temperaturas en esas zonas
 - Construcción de 82 subestaciones eléctricas
 - Diagnóstico Energético de 200 escuelas de mayor consumo de energía eléctrica.
 - Gestiones para lograr una tarifa eléctrica especial para planteles de nivel básico en estados con regiones calurosas
- e) En la **Universidad Iberoamericana** se creó el proyecto **Ibero Verde** con el que se ha logrado generar en promedio mil 80 watts al día a partir de un sistema de 18 paneles fotovoltaicos. El sistema se utiliza para generar aproximadamente el 30% de la energía para el edificio de la estación radiodifusora de la universidad.
- f) En el **Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey**, Campus Estado de México, se instaló un sistema alternativo para el calentamiento de la alberca, mediante celdas solares. El agua de la alberca logra permanecer a una temperatura promedio de 28 grados centígrados, de manera que la caldera convencional puede ser apagada durante 8 meses al año se utiliza solamente en invierno, generando un ahorro del 30 al 60% de acuerdo a la temporada del año, y de 2,500 litros de gas por cada día que no se prende la caldera.
- g) Otro ejemplo de calentamiento solar se desarrolló en la alberca semi-olímpica la **Universidad Marista**, campus Acoxta, mediante 100 celdas solares de 1.80x1.20m cada una. Esta institución cuenta también con un sistema automatizado para el control de iluminación, de manera que cuando la población de alumnos disminuye, el sistema de iluminación trabaje a un 30%.
- h) La **Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa** desarrolla actualmente el proyecto **Laboratorio de Energía Fotovoltaica**, considerado uno de los más grandes en el Distrito Federal para la generación de energía solar, con una capacidad de 79 mil 113 kilowatts-hora al año. La instalación tiene 286 módulos fotovoltaicos de 210 Watts (w) y está conectada a la red eléctrica de la universidad. Se calcula que aportará más del 75% de la demanda energética del edificio que alberga este laboratorio.

1.3. Sistemas de certificación ambiental para edificios escolares

Actualmente existen muchos sistemas de certificación para edificios sustentables, y aunque todos ellos son muy similares en los criterios de evaluación, el que ha tenido mayor difusión en el mundo es **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design), creado en Estados Unidos por el USGBC (United States Green Building Council). Se trata de una certificación de tipo voluntario, en la que se analiza del proceso de edificación desde el proyecto hasta la construcción, con base en criterios sustentables.

Dentro de la clasificación de edificios se creó un apartado específico para *Escuelas* que sugiere algunas estrategias y criterios de evaluación para el *uso de la energía*. Aunque se trata de un sistema creado en Estados Unidos, tiene posibilidades de implementación en nuestro país, lo que conlleva algunas dificultades y contradicciones, pues los criterios de evaluación no varían respecto a las condiciones locales de cada proyecto. Se está tratando de aplicar criterios de regionalización, todavía sin resultados.⁸

En México se creó en la Ciudad de México el **Programa de Certificación para Edificaciones Sustentables**, el cual funciona desde el año 2009 y actúa en la línea del Plan Verde de la ciudad, a través de la Secretaría del Medio Ambiente. Ha sido concebido, en una primera etapa, para ser implementado edificios habitacionales y de oficinas, aunque pretende ser extendido a todos los tipos de edificación. El Comité Promotor de Edificios Sustentables (COPES) es el organismo que integrador del programa, y otorga tres niveles de certificación: Cumplimiento, Eficiencia y Excelencia ambiental.

Dependiendo del grado de certificación, el COPES pretende ofrecer algunos beneficios económicos, tales como la reducción en el pago del impuesto predial, la simplificación administrativa, el financiamiento para programas de ahorro de energía, cuotas preferenciales en los derechos de agua, financiamientos a tasas preferenciales y reducciones en primas de seguros. Una cuarta parte de la puntuación se ubica en el rango del manejo de energía, privilegiando el ahorro en el consumo, la instalación de calentadores solares y la instalación de sistemas fotovoltaicos.

⁸ Guía *Green Associate*, elaborada por Patrick Flynn, LEED AP. Disponible en: <http://www.greenexamacademy.com/green-associate-exam-walkthrough/>

Este programa presenta poca definición en cuanto a los criterios de evaluación, y algunas contradicciones en la aplicación del puntaje. Es un método basado en los sistemas internacionales de certificación, pero aterrizado en una problemática diferente, lo que provoca algunas disociaciones con el concepto del desarrollo sustentable.

Conclusiones

El tema de la sustentabilidad en las escuelas está tomando cada vez más importancia, pues se reconoce el potencial que representan las escuelas, no sólo como edificaciones con potencial de ahorro energético, sino como instituciones educativas que pueden incidir directamente en una nueva concepción medioambiental.

Existen varios aspectos que se pueden analizar en el tema del ahorro energético: el confort térmico y lumínico, metodologías para determinar la demanda y consumo energéticos, estrategias para reducir el consumo, simulaciones, análisis del costo-beneficio, proyección de la reducción del impacto ambiental, etc.

La mayoría de las investigaciones en Latinoamérica se han dirigido al aspecto bioclimático de las edificaciones escolares, probablemente porque requieren de menos mantenimiento, a diferencia de los países desarrollados, cuyas soluciones suelen apearse al desarrollo tecnológico.

La consideración del confort interior es de suma importancia, ya que el ahorro de energía no debe restar calidad al ambiente. Sin embargo en muchos diagnósticos no es analizado, por lo que las soluciones planteadas dejan dudas respecto a la calidad de la iluminación.

Para el diagnóstico energético en todos los casos se realiza un levantamiento eléctrico, contrastado con la facturación de la compañía eléctrica. En el caso de las escuelas oficiales, esto representa una dificultad debido al subsidio del recurso por parte del Estado. Se deduce también que el rubro de iluminación es generalmente el de mayor impacto en el consumo eléctrico.

El estudio con mayor afinidad al caso de las escuelas públicas del Distrito Federal es el que desarrolló García Chávez para las escuelas de Naucalpan, con soluciones de tipo

bioclimático, pero como se mencionó anteriormente, no se realizó un diagnóstico energético ni evaluación de resultados.

Uno de las deficiencias en las investigaciones consultadas es la falta de indicadores energéticos para edificios escolares, lo cual impide una valoración objetiva de la reducción en el consumo. Por otro lado, la mayoría de los estudios se enfocan a la intervención del inmueble, dejando de lado la concientización de los usuarios.

Capítulo 2

El ahorro y el uso de la energía en las escuelas

Capítulo 2

El ahorro y el uso de la energía en las escuelas

2.1. La educación ambiental en el contexto mundial

La preocupación por relacionar la problemática del deterioro medioambiental con la conciencia a través de la educación, empezó a tener particular relevancia en la década de los setentas, periodo en el que el contexto mundial comienza a manifestar una preocupación por las graves condiciones ambientales en todo el planeta.

Con la *Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente Humano*, realizada en Estocolmo en 1972, se inicia una serie de foros internacionales que analizan y proponen líneas de acción para abordar la problemática medioambiental. En esta cumbre no se plantea todavía la necesidad de modificar el modelo de desarrollo, sino que se sugiere la corrección de los problemas ambientales que surgen de los estilos de desarrollo actuales.

Tres años después, derivada del Seminario Internacional de Educación Ambiental se crea la *Carta de Belgrado*, un acuerdo compartido sobre las metas y fines de la educación ambiental. Se reconoce la brecha existente entre países, así como el crecimiento del consumo a costo de otros y el aumento del deterioro ecológico. En este contexto la educación adquiere un papel determinante para afrontar la crisis ambiental, con objetivos como la toma de conciencia, adquisición de conocimientos y aptitudes, participación y actitud de ayuda.

Es en 1977, con la *Declaración de Tbilisi* que la educación ambiental comienza a adquirir una importancia crucial en el plano institucional, y se considera como la *esfera de actividad que simboliza la necesaria solidaridad de todos los pueblos y que puede considerarse como particularmente alentadora para promover la comprensión internacional y la causa de la paz*. Se proponen estrategias basadas en una pedagogía de la acción y para la acción, donde los principios rectores de la educación ambiental son la comprensión de las relaciones económicas políticas y ecológicas de la sociedad, así como la necesidad de considerar al medio ambiente en su totalidad.

La principal crítica a este documento es su enfoque instrumental y tecnocrático, que sitúa al medio ambiente como un recurso al servicio del crecimiento económico, e ignora la acción que ejerce en la sociedad un modelo de desarrollo productivista basado en el crecimiento ilimitado, el consumismo y la confianza ciega en la ciencia y la tecnología.

En 1987 la *Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo* publica el *Informe Brundtland*, un diagnóstico de la situación ambiental en el mundo, vinculando esta problemática con el desarrollo. Se utiliza por primera vez el término ‘desarrollo sostenible’ o ‘sustentable’.

En este documento, la educación ambiental –aunque no se menciona expresamente este término- ocupa un papel secundario, refiriéndose a un instrumento de formación de capital humano necesario para impulsar el crecimiento económico.

En Río de Janeiro, con la cumbre de la Tierra de 1992, se adoptan compromisos mediante cuatro documentos principales,⁹ entre ellos la Agenda 21, un extenso documento que establece líneas de acción para combatir la crisis ambiental, que trasciende como la aportación más significativa para la educación ambiental en la Cumbre de Río, pues las propuestas educativas adquieren mayor protagonismo.

El capítulo 36 contiene propuestas para el fomento de la educación, la capacitación y la toma de conciencia, con consideraciones detalladas incluso del costo financiero para ejecutar dichas acciones. Se reconoce que *hay poca conciencia de la interrelación existente entre todas las actividades humanas y el medio ambiente*, pero integra criterios nuevos como la participación de niños y adultos en campañas de divulgación, aprovechando el rol crucial de la familia (ONU, 1992).

Según algunos autores, en este capítulo se logra establecer *un difícil equilibrio entre, por un lado, la revalorización de los saberes tradicionales y las formas sostenibles de actuar de las poblaciones indígenas, y por otro, los conocimientos científicos disponibles, así como la forma racional –occidental- de afrontar los problemas.* (Caride, 2001, 75).

⁹ La Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Convenio marco sobre Cambio Climático, además de la Agenda 21.

Al mismo tiempo que la Cumbre de Río, se realizó el **Foro Global**, donde se postuló el *Tratado de Educación Ambiental hacia Sociedades Sustentables y de Responsabilidad Global* el cual parte de señalar a la educación ambiental como un acto para la transformación social, no neutro sino político. Contempla a la educación como un proceso de aprendizaje permanente basado en el respeto a todas las formas de vida. En este tratado se emiten 16 principios de educación hacia la formación de sociedades sustentables y de responsabilidad global. En ellos se establece la educación como un derecho de todos, basada en un pensamiento crítico e innovador, con una perspectiva holística y dirigida a tratar las causas de las cuestiones globales críticas y la promoción de cambios democráticos.

A pesar de que la Agenda 21 ha tenido grandes limitaciones, sobre todo en el aspecto normativo -pues los países que se adhirieron al acuerdo tenían un compromiso solamente de tipo moral- este documento sigue siendo actualmente una referencia decisiva en la mayoría de los programas enfocados al desarrollo sustentable.

La educación ambiental, por tanto, ha ido adquiriendo una función cada vez más importante en la resolución de los problemas medioambientales. Actualmente es fundamental incorporar el elemento educativo en los planes que pretenden ser sustentables, pues éste marca la diferencia entre considerar la sustentabilidad como una moda superficial, y comprender el origen y los procesos de deterioro ambiental para realizar cambios profundos en la conciencia a través de acciones en la vida cotidiana.

2.2. El ahorro como hábito de desarrollo

El concepto de *ahorro* frecuentemente se relaciona con recursos económicos, es decir, se refleja en bienes materiales para la adquisición de bienes y servicios, o como lo definen Samuelson, Nordhaus, Salazar y Rodríguez, el ahorro *es la parte del ingreso que no se consume; en otras palabras la diferencia entre el ingreso disponible y el consumo* (Samuelson, 2005).

Pero como hábito inherente a la cultura, el ahorro puede relacionarse con otro tipo de bienes menos tangibles como los recursos ambientales, que al igual que los ingresos económicos representan una ganancia o pérdida de acuerdo al uso que se les dé.

El hábito del ahorro en cualquiera de sus acepciones es considerado prioritario no sólo para el desarrollo económico que se enfoca a la acumulación de capital o bienes materiales; también es primordial para el desarrollo de habilidades de organización, control y evaluación dirigidos a alcanzar objetivos y metas, tanto de manera individual como colectiva, y la socialización de estos buenos hábitos dentro de una comunidad, contribuye al encuentro con otras formas de pensar y enfrentar los problemas (Antolín Larios, 2009).

Un ejemplo del potencial formativo y de conciencia en el ahorro que tienen los espacios escolares, se observó durante un proyecto que impulsó la Universidad de Guadalajara en 2007, en el marco de algunos programas colaborativos de la sociedad civil en la protección de los recursos urbanos, más allá de la simple conservación del medio ambiente natural.

Dirigido a fomentar la cultura del ahorro en estudiantes de nivel secundaria, el programa buscaba que los participantes desarrollaran competencias de organización social que pudieran poner en práctica en beneficio de la comunidad.

Se trabajó con mediante equipos de cinco personas que debían establecer sus propios objetivos, metas de ahorro, líneas de acción para alcanzarlas, así como definir en qué se destinarían los bienes acumulados. Los bienes podían ser tanto de naturaleza económica, como materiales, y los objetivos deberían ser fáciles de alcanzar y de medir en el lapso de un semestre. Los maestros jugarían un rol externo, únicamente asesorando u orientando al equipo, enfocando la labor al trabajo de los alumnos.

Además de que se lograron las metas establecidas, un 75% de los alumnos participantes señalaron que percibieron un cambio importante de actitud de los jóvenes ante el cuidado del medio ambiente; de este porcentaje indicó en un 63% que es notorio el menor volumen de residuos sólidos en áreas comunes (patios, escaleras y pasillos). De igual forma un 18% indica un cambio importante de actitud ante las labores colectivas.

Un estudio realizado por el Centro para la Energía Sostenible (CSE) comprueba que los programas de educación destinados a los niños y centrados en la concienciación energética pueden ejercer efectos significativos en sus hogares. Esta organización británica creó el programa 'La energía cuenta: la educación energética en el hogar' que se desarrolló en Londres y se difundió en el Reino Unido.

El programa se relacionaba con el contenido curricular educativo, en materias como Ciencias y geografía, e incluía materiales de educación, formación y apoyo, destinados a profesores.

Se constató que el 76% de las familias de alumnos de las clases donde se impartió el programa habían mejorado su comportamiento en cuanto al ahorro de energía. Las familias valoraron la influencia de sus hijos casi dos veces por encima de la influencia de otras fuentes de información, y como media, la familia adoptó 3.5 medidas de ahorro de energía recomendada por los niños (Europeas, P. O., 2006).

La conciencia en el ahorro de energía: el Caso de Cuba

A partir de la caída de la Unión Soviética en 1990, la economía cubana sufrió una grave crisis debido a su enorme dependencia del petróleo. Cuba ha sido el único país que ha enfrentado la reducción masiva de combustibles fósiles, pues la importación de crudo se redujo a menos de la mitad y ante este panorama, tanto el gobierno como la comunidad cubana tuvieron que implementar medidas contundentes en las principales áreas de desarrollo, entre ellas la energética.

Como parte de estas acciones, el Ministerio de Educación de Cuba implementó en 1997 el **Programa Docente-Educativo de Ahorro de Energía del Ministerio de Educación** conocido por **PAEME**, que concede a la escuela un papel protagónico para la formación de una nueva cultura energética sustentable.

El objetivo principal del PAEME es contribuir, mediante el Sistema Nacional de Educación, a la formación de valores y toma de conciencia de las actuales y futuras generaciones, sobre la importancia y necesidad del uso eficiente de la energía, fomentando una actitud cívica responsable que, partiendo del conocimiento de la situación energética actual del país, propicie una toma de conciencia de la necesidad del uso racional de la energía

eléctrica, su ahorro y la consecuente contribución a la protección del medio ambiente y al desarrollo sostenible.¹⁰

Una característica relevante de los objetivos de programa es que hace alude explícitamente a *contribuir a la generación de motivaciones e inquietudes científicas y tecnológicas en los profesionales de la educación, estudiantes y en la familia, dirigidas al conocimiento, aplicación e incremento de las fuentes renovables de energía* (Arrastía Ávila, 2007), especialmente de la energía solar. Se apuesta por la creación de círculos de interés y sociedades científicas en el ámbito de las energías renovables, en el marco de la comunidad educativa y la familia.

El PAEME ha cumplido, incluso rebasado los objetivos iniciales, aunque el mayor impacto y los mejores resultados se han concretado en las escuelas primarias, como lo demuestran la cantidad y calidad de los trabajos presentados por los niños en los diversos concursos organizados a través de los círculos de interés.



Fig. 2.1. Festivales para el ahorro de energía en Cuba. (UNE, 2009).

Según la Unión Eléctrica de Cuba, tan sólo durante el periodo 2006-2008 funcionaron 3,222 círculos de interés con 64,908 niños adscritos; se realizaron 564 festivales y concursos, tanto a nivel nacional como municipal; se presentaron 6,293 trabajos realizados por niños y maestros en los festivales y concursos.

¹⁰ Sistema Nacional de Información de la Energía, disponible en <http://www.energia.inf.cu>

Pero el elemento clave en el éxito del programa ha sido la convicción de que es necesario un *trabajo educativo integral*, que no se logra solamente mediante la labor de difusión si los actores involucrados no forman parte activa del proceso de aprendizaje. Además, cuando los niños comprenden que son actores esenciales en la gestión ambiental, se convierten en los mejores vigilantes y los participantes más activos del programa.

El modelo energético en el que se sustentan las líneas de acción del PAEME se resume en tres ejes fundamentales:

- el ahorro y uso racional y eficiente de los recursos energéticos disponibles
- el empleo progresivo de la energía solar
- la solidaridad energética

Otro componente determinante dentro del marco conceptual de la educación energética es el concepto de *sistema energético*, que permite la comprensión de cómo han ido cambiando los patrones energéticos de la humanidad de un periodo a otro y cómo se ha llegado al sistema energético actual (UNE, 2009).

El ahorro de energía puede representar un área de oportunidad no sólo para disminuir el consumo energético de un plantel escolar, sino de inculcar la conciencia ambiental en alumnos, maestros, e incluso en los padres de familia, de forma que un plan de ahorro de energía obtenga mejores resultados a través de la acción consciente de los usuarios.

2.3. El uso eficiente de la energía en edificios escolares

Además de la concientización de los usuarios, el uso eficiente de la energía en un edificio está determinado por una adecuada solución a las condiciones arquitectónicas y técnicas que obstaculizan el máximo aprovechamiento del recurso energético, así como por una operación y mantenimiento apropiados, los cuales se logran a través del conocimiento y conciencia del uso racional de la energía.

En este apartado se describen de manera general algunos elementos que tienen incidencia en el aprovechamiento de la energía de edificios escolares existentes, así como en las condiciones de confort lumínico, térmico y acústico en el interior del edificio, los cuales van desde los atributos propios del emplazamiento urbano, el diseño arquitectónico, la eficiencia energética de los equipos y el uso de energías renovables, y que son susceptibles de modificación con el fin de optimizar el recurso energético.

2.3.1. Configuración urbano-arquitectónica de los edificios escolares

En el contexto urbano existen elementos relacionados con el emplazamiento del edificio que inciden sobre las características microclimáticas de un plantel escolar.

Cuando se trata de construcciones nuevas, es relativamente sencillo considerar las relaciones del terreno con el entorno urbano, para que desde la fase de diseño se optimicen las condiciones energéticas del proyecto. Sin embargo, cuando se habla de construcciones existentes, es más difícil disminuir el impacto de las condiciones que rodean el edificio, y las intervenciones solamente resultan como *correcciones del entorno*.

Dependiendo de la **densidad y del tipo de forma urbana** en el que se ubique una escuela, pueden presentarse principalmente variaciones en las condiciones de iluminación natural o de niveles de ruido, aunque también se modifica la acción del viento, la humedad y el almacenamiento de calor.



Fig. 2.2. Emplazamiento urbano de la escuela primaria 'Agustín Yañez'.
Fuente: Google maps.

La Figura 2.2 muestra el emplazamiento urbano del plantel escolar 'Agustín Yañez', ubicado en la delegación Iztapalapa. Los edificios circundantes son de dos niveles, por lo que no hay obstrucción de la luz solar durante el día, lo que favorece la iluminación natural. Sin embargo, de las cuatro colindancias de la escuela, dos son calles y una es avenida principal, ocasionando que las aulas tengan contacto directo con el ruido de los vehículos.

Una manera de mejorar el confort acústico son las zonas arboladas, que fungen como *pantallas obstructoras* -las cuales pueden ser también muros, vallas o incluso otros edificios- que amortiguan el ruido proveniente del exterior.

Estas pantallas pueden tener igualmente repercusiones negativas, como la obstrucción de la luz solar. En el caso de la Figura 2.2 se trata de la fachada norte, por lo que no se prescindiría de la iluminación natural, aunque siempre es recomendable utilizar árboles que pierdan el follaje durante el invierno para ganar radiación solar (Serra & Coch, 1995).

La utilización de pantallas puede incidir también en la acción sobre el viento, lo cual es favorable en climas templados, pues contribuye a detener o desviar vientos fríos y crear un microclima protegido.

Otra forma de modificar las condiciones del entorno se logra mediante la adición o supresión de *superficies de agua* relativamente pequeñas como estanques o fuentes, las

cuales pueden provocar reflexión de luz y sonido, aunque la principal repercusión es que incrementan notablemente el grado de humedad del ambiente.

La **forma general del edificio** es otro componente determinante en el aprovechamiento de la energía natural. La conformación tradicional en las escuelas primarias parte de un patio central rodeado por los edificios de aulas de dos niveles, agrupados de forma lineal. La Figura 2.3 muestra una planta tipo de las escuelas primarias, con la orientación óptima para las aulas en climas templados, es decir, hacia el sur con las ventanas en el lado izquierdo del aula –para que el brazo no obstruya la visión mientras el alumno escribe- y ventilas en el muro opuesto (García Ramos, 1970).

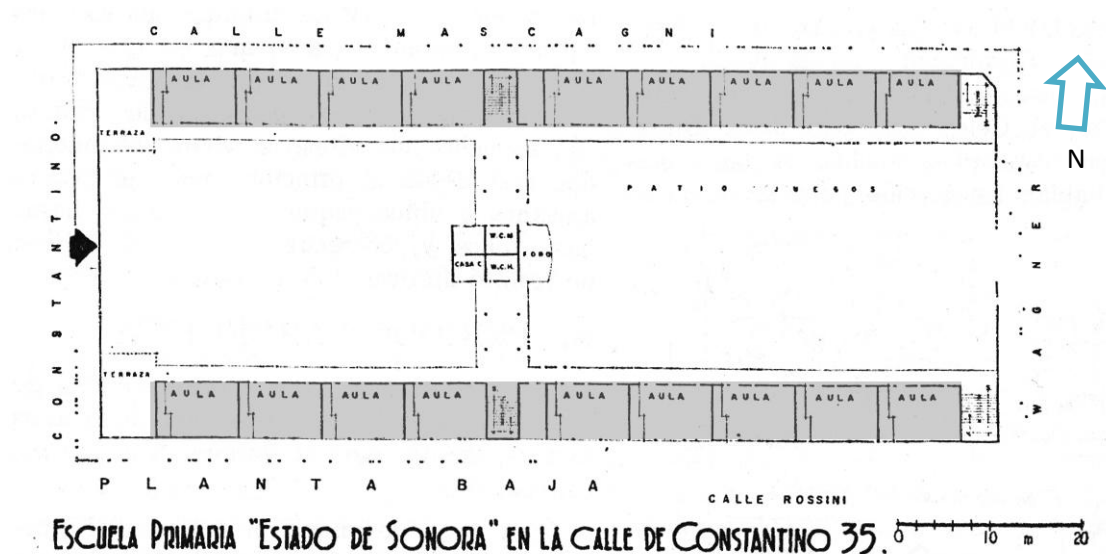


Figura 2.3. Planta arquitectónica del Centro Escolar 'Estado de Sonora' (García Ramos, 1970).

Esta disposición lineal de los edificios permite que todas las aulas tengan contacto con el exterior, lo que representa algunas ventajas como la mejora de las condiciones de iluminación natural, pero tiene también repercusiones negativas como la relación directa con los ruidos externos. Además, la falta de edificios contiguos aumenta la superficie de contacto con el exterior, provocando menor protección térmica.

Algunas escuelas primarias han sido construidas en terrenos pequeños o irregulares, incluso existen muchas escuelas que son adaptaciones de viviendas u oficinas, limitando considerablemente el aprovechamiento de las condiciones ambientales.

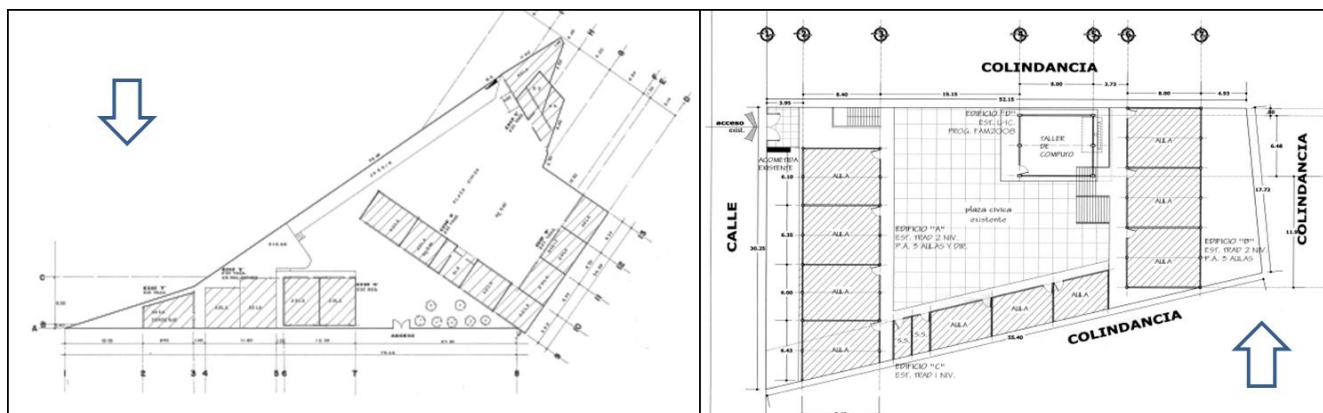


Figura 2.4. Plantas arquitectónicas de escuelas primarias en terrenos pequeños o irregulares. Fuente: Secretaría de Educación, Cultura y Bienestar Social, 2009.

Cuando las dimensiones del terreno son pequeñas y existen grandes limitaciones para aprovechar la luz solar a través de las ventanas, pueden utilizarse medios pasivos de iluminación, como los *conductos de luz*, que funcionan con un sistema de claraboyas en las cubiertas de los edificios y unos conductos altamente reflectantes que transportan la luz solar al interior del espacio. Permiten iluminar espacios con bajos niveles de iluminación, evitando la insolación excesiva que proporciona un domo tradicional de acrílico o de cristal.



Figura 2.4. Instalación de lucernarios en Aulas E.T.S.A.B, Universidad Politécnica de Cataluña, 2004.

Pueden utilizarse también los *patios de luz*, un sistema de reflectores que capta la luz del sol en la parte superior de los patios y la dirige hacia el interior, aumentando considerablemente la iluminación de estos espacios, dotando de iluminación natural a los espacios interiores. El nivel de iluminación del patio puede ser de hasta 7 veces el nivel original (ANES, 2009).



Figura 2.5. Dispositivo de iluminación en patio. Desarrollado por Alejandro Díaz B. y García Chávez (ANES, 2009).

La **envolvente** del edificio es otro de los factores determinantes en el confort térmico y acústico, aunque es difícil aislar correctamente un edificio con materiales que permitan el paso de la luz natural al interior.

Es necesario que la envolvente no sea demasiado transparente, pues puede provocar un exceso de luz o deslumbramiento que incomoda a los usuarios, además de que puede elevar demasiado la temperatura interior si el edificio no tiene una buena orientación. En el caso de las escuelas primarias, las ventanas deben ser de medio muro a lo largo del aula por lo que presentan poca transparencia, acentuada además por la obstrucción de las ventanas mediante carteles o protecciones de herrería.

El color de la piel exterior de los edificios incide en la absorción de la superficie y por lo tanto, al paso de la energía procedente de la radiación. En general los colores claros son muy reflectores, por lo que tienen poca captación de calor, contrariamente a los colores oscuros.

Una manera de contribuir a la conservación de la temperatura interior es la implementación de *azoteas verdes*, las cuales funcionan como aislante térmico, además de presentar múltiples ventajas ambientales como contribuir a mejorar la calidad del aire y reducir los niveles de CO₂, disminuir el ruido del ambiente, captar el agua de lluvia, capturar las partículas suspendidas en el aire, y mitigar el efecto de isla de calor en la ciudad.



Figura 2.5. Edificios con poca transparencia, por obstrucción de ventanas.

Fuente: <http://www.flickr.com/photos/diputadocarlosalvarez/4334249276/>

Una manera de contribuir a la conservación de la temperatura interior es la implementación de *azoteas verdes*, las cuales funcionan como aislante térmico, además de presentar múltiples ventajas ambientales como contribuir a mejorar la calidad del aire y reducir los niveles de CO₂, disminuir el ruido del ambiente, captar el agua de lluvia, capturar las partículas suspendidas en el aire, y mitigar el efecto de isla de calor en la ciudad.

En el caso de las escuelas, las azoteas verdes pueden funcionar como un medio pasivo de climatización, pero también como proyecto de concientización ambiental para los alumnos, implementando proyectos de ejecución y mantenimiento que involucre a los miembros de la comunidad escolar.



Figura 2.6. Azotea verde en escuela pública de Chile. Fuente: <http://www.veoverde.com/2011/09/lo-verde-se-toma-el-techo-de-escuela-municipal-de-el-bosque/>

Existen muchas estrategias arquitectónicas para optimizar el aprovechamiento de la energía en las escuelas, sin embargo, su aplicación dependerá de un análisis detallado de las condiciones particulares de cada edificio.

2.1.1. Eficiencia en iluminación

Uno de los factores más importantes del espacio escolar es la iluminación, pues un buen desempeño de las tareas no sólo requiere de claridad en las superficies de trabajo, sino de una atmósfera agradable en el que el alumno se sienta cómodo (Heras Montoya, 1997).

A pesar de que un espacio puede ser resuelto mediante iluminación artificial, es fundamental promover primeramente el uso de **iluminación natural** en los interiores, que ofrece ventajas como:

- Es dinámica, es decir, está cambiando continuamente a lo largo del día y de los meses del año. La visión humana está desarrollada para la luz natural y para estos cambios.
- Puede llegar a cumplir con los requerimientos de altos niveles de un local interior entre un 60-90% del total de horas de luz natural. Tiene, por tanto, un gran potencial de ahorro en energía eléctrica las escuelas, donde el uso preponderante es durante el día.¹¹

¹¹ Requerimientos según ASADES (Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente).

- Permite una conexión con el ambiente exterior, lo que promueve una satisfacción a las necesidades biológicas y psicológicas de ritmos naturales.

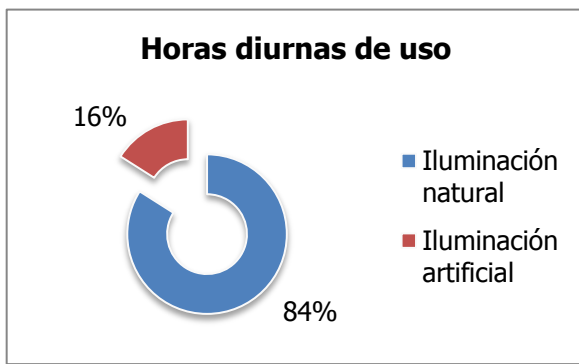


Figura 2.7. Recomendación promedio de tiempo de utilización de luz natural y artificial. Fuente: ASADES.

El uso de la iluminación, especialmente en espacios educativos, tiene efectos positivos en los usuarios. En estudios realizados sobre el rendimiento escolar, ha llegado a determinar que los estudiantes que concurren a escuelas con aulas bien iluminadas y con mayor iluminación natural tienen un rendimiento un 20% mayor.¹²

Es evidente que la luz natural tiene un gran potencial de ahorro energético, pues puede llegar a reducir considerablemente el uso de luminarias. De acuerdo a la recomendación de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, ilustrada en la Figura 2.7, un espacio bien resuelto mediante luz natural puede utilizar solamente un 16% de luz artificial durante las horas diurnas.

La mayoría de formas de aprovechamiento de la luz natural se encuentran en la fase del proyecto. La optimización de este recurso precisa un análisis más profundo de incidencia solar, temperatura interior y confort visual, que implicarían además intervenciones mayores en los inmuebles. Algunas formas de optimizar este recurso en edificaciones ya existentes son:

¹² Otro resultado significativo es que los estudiantes en aulas con ventanas que pueden ser abiertas, tienen un rendimiento del 7- 8% mayor que aquellos que estudian en aulas con ventanas de vidrios fijos. (Loisos G., 1999).

- Uso de colores claros las paredes y plafones interiores.
- Retirar elementos agregados a las ventanas que obstruyan el paso de luz natural, como carteles, murales y señalizaciones, así como un mantenimiento y limpieza adecuados.
- Uso de estrategias pasivas.



Fig. 2.8. Interior de un aula con *colores claros* en muros y plafones. Fuente: <http://www.vanguardia.com.mx/855millonesdepesoscostodemaestroscomisionadosenmexico-1084283.html>



Fig. 2.9. Interior de un aula con *colores oscuros* en muros y plafones. Fuente: <http://diarioportal.com/2010/03/30/reconoceran-maestros-por-avanzar-en-prueba-enlace/>

La **iluminación artificial** representa la principal demanda y el rubro con mayor potencial de ahorro energético en los edificios educativos con clima templado (García Kerdán, 2011).

Los principales conflictos están relacionados con la falta de análisis en la iluminación:

- Una correcta *distribución de las luminarias* y una adecuada *separación de circuitos* permite que solamente se enciendan las luminarias estrictamente necesarias. Es muy común encontrar salones que se utilizan en forma parcial con el 100% de las lámparas encendidas, pues los circuitos se dividen por pisos o por áreas muy grandes.
- En inmuebles que han sufrido modificaciones o subdivisiones es frecuente encontrar apagadores que funcionan para varios locales, lo cual debe solucionarse mediante la instalación de *apagadores individuales* para cada local.

- Los *sensores de presencia* son una estrategia muy eficiente para la estricta utilización de la iluminación.

Por otro lado, es necesario utilizar equipos de iluminación eficientes

Lámparas fluorescentes lineales

Los tubos fluorescentes son los más utilizados en los edificios escolares, ya que son más eficientes, su vida útil es mayor, aportan más luminosidad y menor consumo que las incandescentes, tienen poca pérdida de energía en forma de calor y pueden reproducir los colores con un 85% de fidelidad.

Las lámparas tipo T8 contienen un polvo fluorescente a base de fósforos activados con tierras raras, lo que les permite tener un mayor flujo luminoso y un mejor rendimiento de color. Además existen lámparas ecológicas que contienen el mercurio encapsulado y solamente liberan la cantidad necesaria para su operación, por lo que al romperse no liberan el componente tóxico al medio ambiente.

Las lámparas T5 reducen su diámetro a 16 mm y ofrecen su flujo luminoso nominal a una temperatura ambiental de 35°. También tienen un mejor rendimiento a temperaturas muy bajas o extremadamente altas, requieren un menor consumo para alcanzar niveles de flujo luminoso similares a otras lámparas del mercado.

Actualmente se recomienda la utilización de balastos electrónicos que emplean componentes en estado sólido y están diseñados para operar en alta frecuencia. Su peso es menor y sus componentes están cubiertos con una resina que los protege de la humedad y actúa como reductor de sonido, además de que prácticamente no presenta pérdidas de energía.

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

Según el tipo de lámpara los equipos pueden ser :

- Lámpara tubular fluorescente T8, (d=26)	Electromagnético / Electrónico
- Lámpara tubular fluorescente T5, (d=16)	Electrónico
- Lámpara fluorescente compacta	Electromagnético / Electrónico
- Lámpara vapor de mercurio	Electromagnético
- Lámpara de halogenuros metálicos	Electromagnético/ Electrónico
- Incandescencia halógenas :	Electromagnético / Electrónico
- Lámparas de inducción electromagnética	Electrónico

Rango de pérdidas	Tipo de Balasto		
	Magnético estándar	Magnético bajas pérdidas	Electrónico
Fluorescencia	20-25 %	14-16 %	8-11 %
Descarga	14-20%	8-12 %	6-8 %
Halógenas baja tensión	15-20 %	10-12 %	5-7 %

Tabla 2.6. Balastos recomendados por tipo de lámpara (IDEA, 2001)

En la tabla siguiente se pueden ver las características de las lámparas más recomendables para iluminación general, localizada y decorativa:

Tipo de Lámpara	Rango de potencias	Tono de luz	Ra	lm / W	Vida media, h	Aplicación
Incandescentes halógenas de baja tensión	5-100	Cálido	100	10-25	2000-3500	Localizada Decorativa
Fluorescencia lineal de 26 mm.	18-58	Cálido Neutro Frio	70-98	65-96	8000-16000	General
Fluorescencia lineal de 16 mm.	14-80	Cálido Neutro Frio	85	80-105	12000-16000	General
Fluorescencia compacta	5-55	Cálido Neutro Frio	85-98	60-85	8000-12000	General Localizada Decorativa
Vapor de Mercurio	50-1000	Cálido Neutro	50-60	30-60	12000-16000	General
Halogenuros metálicos	35-3500	Cálido Neutro Frio	65-85	70-91	6000-10000	General Localizada
Sodio Alta Presión	30-1000	Cálido	20-80	50-150	10000-25000	General

Tabla 2.7. Tipos de lámparas recomendadas para inmuebles escolares (IDEA, 2001).

LED (Light-Emitting Diode)

Los Diodos Emisores de Luz (LED) son dispositivos semiconductores emisores luz, que tienen la característica de consumir hasta un 92% menos que los focos incandescentes comunes y un 30% menos que la mayoría de las lámparas fluorescentes.

Aunque actualmente es la tecnología más eficiente en cuanto al consumo de energía, presenta desventajas en algunos dispositivos que no proporcionan los niveles de iluminación requeridos, y el flujo luminoso decae en poco tiempo. Sin embargo, se prevé el uso generalizado de esta tecnología dentro de pocos años (CONUEE, 2011).

2.1.2. Energías renovables

Una vez que se han implementado las medidas necesarias para reducir el consumo de energía del edificio mediante la eficiencia de los equipos, el mejoramiento de las condiciones del inmueble y la concientización de los usuarios, puede mejorarse aún más el gasto energético del edificio –incluso de manera total- mediante el uso de fuentes alternativas de energía.

En la actualidad se dispone de diversas tecnologías para aprovechar otras formas de energía en edificios escolares, principalmente la solar. Existen otras fuentes como la energía geotérmica, pero su implementación requiere de intervenciones mayores que elevan considerablemente el costo, o la energía eólica, que tiene poco potencial en la Ciudad de México.

La **energía solar** puede ser transformada directamente en energía eléctrica, aprovechada como calor para generación eléctrica indirecta, o utilizada para calentar agua para múltiples usos.

Sistemas solares térmicos

Son dispositivos que se calientan al ser expuestos a la radiación solar y que transmiten el calor a un fluido. Con el colector solar plano se pueden calentar fluidos a temperaturas de hasta 200°C (para el caso de sistemas de tubos evacuados) pero en general, se aprovecha para calentar hasta los 75° C.

Los colectores solares planos son una de las tecnologías solares más simples, más probadas y que tiene un gran potencial de aplicación en todo el mundo. Uno de los casos más relevantes es el de Israel, donde se usa la energía solar para calentamiento de agua

desde hace más de 50 años y donde, a partir de 1980, la legislación hizo obligatoria la instalación de sistemas solares para calentamiento de agua en todas las construcciones residenciales nuevas.

Los sistemas solares de concentración son aquellos que funcionan concentrando la radiación solar directa en un área focal, pudiéndose ubicar ésta alrededor de un punto o a lo largo de una línea. Este conjunto de dispositivos requiere de procedimientos o mecanismos de seguimiento, ya que la línea de incidencia varía durante el día y durante el año. Estos sistemas pueden lograr temperaturas de varios centenares de grados centígrados y en casos especiales hasta los miles de grados.¹³

En el caso de los edificios destinados a la educación, la tecnología solar térmica no representa la mejor solución, a no ser que dispongan de instalaciones deportivas, ya que el consumo a menudo no excede el consumo de unos litros por alumno al día; además, durante el período de los meses de verano, cuando los paneles solares alcanzan su mayor potencia, los centros educativos suelen estar cerrados.

Sistemas solares fotovoltaicos

Es la energía que se obtiene mediante la utilización de celdas de semiconductores, generalmente placas de silicio, que producen un impulso eléctrico al ser estimulados por la radiación solar.

Deben colocarse orientadas al sur para aprovechar la mayor radiación solar. El ángulo de inclinación no debe exceder la latitud del país donde se coloque, aproximadamente en 10 grados.

Hay dos formas de instalar estos sistemas: conectados a la red, o de uso doméstico como sistemas aislados. Hasta ahora, los paneles solares han sido mayormente usados como

¹³ La generación fototérmica de electricidad, a través de sistemas que concentran la energía solar en una línea, es actualmente una de las aplicaciones más extensas de la energía solar en el mundo, ya que se tienen 354 MW instalados en sistemas que utilizan más de 2.5 millones de m² de concentradores solares en 9 plantas del Solar Energy Generation System, SEGS, el cual es un producto de la compañía Luz de Israel.

sistemas aislados de energía, pero recientemente se han ido están extendiendo en el mundo industrializado y desarrollado a escala comercial.

Si bien esta tecnología tiene la ventaja de transformar directamente la energía del sol en energía eléctrica, su eficiencia en realidad es baja y los costos de fabricación son mayores a otras formas tradicionales de generación eléctrica. Constituyen una adecuada solución para el abastecimiento eléctrico en zonas aisladas de la red, que cuentan con un recurso solar abundante, pero en zonas urbanas el costo llega a ser una gran desventaja en relación a su eficiencia.

A pesar de ello, los sistemas solares representan un área de oportunidad muy importante en la autoproducción de energía de los inmuebles escolares. Existen en la actualidad numerosos casos de éxito en la aplicación de este sistema, sobre todo en escuelas rurales, donde no hay abasto de electricidad, pero también en medios urbanos como la *Red de escuelas solares*, que utiliza la cubierta de las escuelas para colocar paneles solares y se comparte la producción de energía entre las escuelas inscritas en el programa.

El obstáculo que representa en nuestro país este sistema de generación de energía, es el elevado costo de los paneles fotovoltaicos en relación con el precio de la electricidad, que al funcionar en esquema de subsidio, resulta mucho más económico utilizar la red de abastecimiento general, que afrontar la inversión en la tecnología solar.

Actualmente, con los contratos de interconexión que ofrece CFE, es posible eliminar el costo del almacenamiento de la energía, pues dichos contratos permiten canalizar el excedente de la producción de energía a la red general, eliminando la necesidad de utilizar y mantener las baterías del equipo.

Conclusiones

Existen distintas vías que permiten ahorrar y/u optimizar el uso de la energía en las escuelas, algunas relacionadas con las intervenciones arquitectónicas en el edificio y otras relacionadas con el uso cotidiano y operación de las instalaciones.

Los sistemas de energía renovable representan todavía una inversión demasiado alta, que para las escuelas públicas es difícil de absorber. Además, el uso de fuentes de energía

renovable no representa una disminución del consumo como tal, sino que se trata de un ingreso adicional del recurso energético que reduce el costo de la electricidad. Es necesario adoptar, antes de fuentes alternativas, aquellas medidas que permitan un uso eficiente de la energía.

Los medios pasivos son una excelente alternativa para los inmuebles existentes, aunque su aplicación depende del análisis detallado de cada edificación. La relación costo-beneficio suele ser más atractiva que la implementación de sistemas de autogeneración de energía.

La elección de equipos de iluminación eficiente influye considerablemente en el consumo del edificio. Actualmente las lámparas fluorescentes de mayor eficiencia son las T5, aunque es necesario analizar el costo-beneficio de sustituir las lámparas existentes.

Un elemento fundamental en la operación del edificio es la concientización de la comunidad escolar en el uso racional de la energía, pues se ha demostrado que las jornadas de educación ambiental tienen repercusiones muy positivas, no solamente en la reducción del consumo eléctrico, sino en el desarrollo personal de los alumnos y maestros. El involucramiento de la comunidad escolar fomenta en los alumnos el trabajo participativo y los ubica como actores esenciales para afrontar otras problemáticas.

No es suficiente modificar las condiciones del inmueble, si los usuarios utilizan la energía de manera irracional; como tampoco es suficiente implementar campañas de educación ambiental cuando el edificio presenta deficiencias técnicas o arquitectónicas que impiden el uso eficiente de la energía.

Por lo tanto, es necesario integrar, tanto estrategias relacionadas la intervención de los inmuebles, como el trabajo y la participación de la comunidad escolar, de manera que el resultado no sea solamente de índole técnica sino que conlleve además un beneficio social.

[El uso de la energía en las escuelas primarias
públicas del Distrito Federal: hacia una cultura
del ahorro energético]

Maestría en Arquitectura
Universidad Nacional Autónoma de México
Cristina Toral Villanueva

Capítulo 3

Diagnóstico del uso final de la energía en las escuelas públicas del Distrito Federal

Capítulo 3

Diagnóstico del uso final de la energía en las escuelas públicas del Distrito Federal

En este capítulo se presenta el análisis realizado en las escuelas públicas del DF (se utilizará también el término 'Escuelas SEP'), para conocer si el uso que se da a la energía es eficiente. El diagnóstico se aborda desde 3 perspectivas de estudio:

- 1) El nivel de conciencia de la comunidad escolar
- 2) El consumo eléctrico de los inmuebles
- 3) Las iniciativas gubernamentales para el ahorro de energía.

La primera parte utiliza el método de la encuesta para conocer el uso que los alumnos y maestros hacen de la energía, examinando también la percepción del confort interior para conocer si el uso de la energía se traduce en condiciones adecuadas para el trabajo en las aulas.

La segunda parte se analiza el consumo de los inmuebles a través de indicadores de consumo de energía eléctrica, con el fin de evaluar y comparar el consumo con otros inmuebles educativos.

Para el tercer análisis, se realizó una búsqueda de programas o iniciativas que existen actualmente desde el ámbito gubernamental, con el fin de conocer la importancia del tema energético en las escuelas SEP.

3.1. Conciencia de la comunidad escolar en el uso de la energía

En este apartado se pretende conocer el grado de conciencia de los alumnos en el uso de la energía, así como los niveles de confort al interior de las aulas, con el fin de determinar el grado de participación de los alumnos en el consumo eléctrico de la escuela.

Se utiliza como método la encuesta para conocer el uso de la energía eléctrica en dos escuelas de la delegación Cuauhtémoc: la escuela 'Fernando Montes de Oca' y la escuela 'Las tres Américas'. Ambos planteles son de 'jornada ampliada', es decir, con un horario de 8.00am a 2.30pm.

La encuesta se realizó a 114 alumnos de 4°, 5° y 6° de primaria, utilizando un cuestionario que se divide en dos partes:

- a) El abasto de luz y la conciencia sobre el uso de la energía
- b) Percepción del confort interior: nivel de iluminación, temperatura y calidad de las vistas interiores y exteriores.

El análisis estadístico de la información se realizó con el programa SPSS, con el fin de obtener las frecuencias y algunas tablas de contingencia para contrastar las variables con nuevas combinaciones.

3.1.1. Abasto de luz

Se preguntó a los alumnos con qué frecuencia se va la luz en la escuela, con la finalidad de saber si el abasto de electricidad es continuo y qué repercusiones tiene sobre el trabajo de enseñanza. Las siguientes tablas 4.8 y 4.9 muestran los resultados.

El 66.7% de los alumnos dijo que *a veces* se va la luz en la escuela, mientras que un 27.2% dijo que *nunca* se va la luz. Esto sugiere que el abasto de electricidad es continuo en las escuelas, o al menos no es un factor que perciban los alumnos como un problema persistente. Por otro lado, el 88.6% expresó que cuando esto sucede, la maestra *nunca* suspende la clase, pero en una pregunta abierta sobre las repercusiones en el salón

cuando se va la luz, algunos alumnos refirieron que no se puede usar medios audiovisuales, como la computadora o el sistema de enciclomedia, y que el ambiente en el grupo de vuelve más desordenado.

Cuando estoy en la escuela se va la luz

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Siempre	3	2.6
	A veces	76	66.7
	Nunca	31	27.2
	Total	110	96.5
Perdidos	Sistema	4	3.5
Total		114	100.0

Tabla 4.8. Frecuencia *Cuando estoy en la escuela se va la luz*. Fuente: Elaboración propia.

Cuando se va la luz, la maestra suspende la clase

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Siempre	5	4.4
	A veces	3	2.6
	Nunca	101	88.6
	Total	109	95.6
Perdidos	Sistema	5	4.4
Total		114	100.0

Tabla 4.9. Frecuencia *Cuando se va la luz, la maestra suspende la clase*. Fuente: Elaboración propia.

Es decir, a pesar de que el desabasto de luz no es persistente y, cuando se va la luz no se llegan a suspender clases, sí representa una limitante en el trabajo cotidiano del salón de clases.

3.1.2. Conciencia sobre el uso de la energía

Se preguntó a los alumnos si en la escuela se ha llevado algún plan de ahorro de energía, a lo que un 70.2% contestó que no (Tabla 4.10). Para indagar si estos porcentajes se relacionaban con planes de ahorro que se hubieran realizado sólo para algún plantel en particular, se revisaron las respuestas en cada escuela, con los resultados que se muestran en la tabla 4.11.

En la escuela se ha llevado a cabo alguna campaña o plan para ahorrar energía

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	30	26.3
	No	80	70.2
	Total	110	96.5
Perdidos	Sistema	4	3.5
Total		114	100.0

Tabla 4.10. Frecuencia *En la escuela se ha llevado a cabo alguna campaña o plan para ahorrar energía.*
 Fuente: Elaboración propia.

Tabla de contingencia por Escuela

		En la escuela se ha llevado a cabo alguna campaña o plan para ahorrar energía		Total
		Sí	No	Sí
Escuela	Francisco Montes de Oca	26	26	52
	Las Tres Américas	4	54	58
Total		30	80	110

Tabla 4.11. Tabla de contingencia por Escuela *En la escuela se ha llevado a cabo alguna campaña o plan para ahorrar energía.* Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.11 muestra que en la escuela ‘Las Tres Américas’ el 93% de los alumnos afirma no haber tenido ningún programa o campaña de ahorro de energía, mientras que en la escuela ‘Fernando Montes de Oca’ la respuesta está dividida a la mitad. En la Tabla 4.12 se muestra las respuestas sólo de este plantel:

Tabla de contingencia por Grado

	En la escuela se ha llevado a cabo alguna campaña o plan para ahorrar energía		Total
	Sí	No	
Grado 4	4	10	14
5	9	13	22
6	13	3	16
Total	26	26	52

Tabla 4.12. Tabla de contingencia por Grado en la escuela ‘**Fernando Montes de Oca**’ En la escuela se ha llevado a cabo alguna campaña o plan para ahorrar energía. Fuente: Elaboración propia.

Al revisar los resultados por grado en esta escuela, se observa que la mayoría de los alumnos de 4° y 5° grado refiere que no se ha llevado a cabo ningún programa de ahorro de energía, mientras que en 6° grado la mayoría afirma lo contrario.

Puede inferirse por tanto que sólo en un grupo de las 2 escuelas se ha llevado algún plan de ahorro de energía, o si bien se han realizado algunos otros programas, estos no han tenido impacto en la conciencia de la mayoría de los alumnos.

Se preguntó a también si la energía que utilizamos causa daños en el medio ambiente. La mayoría (59.6%) contestó que sí, pero es relevante que todavía un 37.7% piensa que la energía no tiene repercusiones dañinas en el ambiente (Tabla 4.13).

Por otro lado, la tabla 4.14 muestra que sólo poco más de la mitad de los alumnos (53.5%) apaga *siempre* las luces que no se utilizan.

La energía eléctrica que utilizamos causa daños en el medio ambiente

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	68	59.6
	No	43	37.7
	Total	111	97.4
Perdidos	Sistema	3	2.6
Total		114	100.0

Tabla 4.13. Frecuencia *La energía eléctrica que utilizamos causa daños en el medio ambiente*. Fuente: Elaboración propia.

Cuando veo que alguna luz no se está utilizando, la apago

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Siempre	61	53.5
	A veces	47	41.2
	Nunca	2	1.8
	Total	110	96.5
Perdidos	Sistema	4	3.5
Total		114	100.0

Tabla 4.14. Frecuencia *Cuando veo que alguna luz no se está utilizando, la apago*. Fuente: Elaboración propia.

Otras dos preguntas de la encuesta se refieren a la conciencia en el ahorro de energía que se inculca desde la casa, en comparación con la que se inculca desde la escuela. Se preguntó a los alumnos con qué frecuencia les recuerdan en su casa apagar las luces que no utilizan. La Tabla 4.12 muestra los resultados, donde se observa que el 72.8% contestó que *siempre* le recuerdan apagar las luces y sólo un 0.9% contestó que *nunca*.

En mi casa me recuerdan que debo apagar las luces que no utilizo

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Siempre	83	72.8
	A veces	26	22.8
	Nunca	1	.9
	Total	110	96.5
Perdidos	Sistema	4	3.5
Total		114	100.0

Tabla 4.15. Frecuencia *En mi casa me recuerdan que debo apagar las luces que no utilizo*. Fuente: Elaboración propia.

En la escuela me recuerdan que debo apagar las luces que no utilizo

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Siempre	45	39.5
	A veces	52	45.6
	Nunca	11	9.6
	Total	108	94.7
Perdidos	Sistema	6	5.3
Total		114	100.0

Tabla 4.16. Frecuencia *En la escuela me recuerdan que debo apagar las luces que no utilizo*. Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes en las respuestas son marcadamente diferentes cuando se les preguntó con qué frecuencia les recuerdan en la escuela apagar las luces (Tabla 4.16), pues la mayoría (45.5%) contestó que *a veces*, sólo un 39.5% contestó que *siempre* y un 9.6% contestó que *nunca*.

Las tablas 4.17 y 4.18 muestran esta relación entre la conciencia que se inculca desde la escuela y desde la casa con los alumnos que *siempre* apagan las luces que no se utilizan.

Tabla de contingencia: Cuando veo que alguna luz no se está utilizando, la apago

		En mi casa me recuerdan que debo apagar las luces que no utilizo			Total
		Siempre	A veces	Nunca	Siempre
Cuando veo que alguna luz no se está utilizando, la apago	Siempre	47	13	0	60
	A veces	36	10	1	47
	Nunca	0	2	0	2
Total		83	25	1	109

Tabla 4.17. Tabla de contingencia *En mi casa me recuerdan que debo apagar las luces que no utilizo*. Fuente: Elaboración propia.

Tabla de contingencia: Cuando veo que alguna luz no se está utilizando, la apago

		En la escuela se ha llevado a cabo alguna campaña o plan para ahorrar energía		Total
		Sí	No	
Cuando veo que alguna luz no se está utilizando, la apago	Siempre	18	42	60
	A veces	11	36	47
	Nunca	1	1	2
Total		30	79	109

Tabla 4.18. Tabla de contingencia *En la escuela se ha llevado a cabo alguna campaña o plan para ahorrar energía*. Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4.17 muestra que 47 alumnos (43%) que contestaron que en casa *siempre* les recuerdan apagar las luces, también refirieron que *siempre* apagan las luces que no utilizan. Solamente 18 alumnos (16%) que *siempre* apagan las luces que no utilizan, refirieron haber tenido en la escuela algún plan de ahorro de energía (Tabla 4.18).

De estos dos últimos análisis se infiere que es en casa y no en la escuela dónde se ha hecho mayor hincapié sobre la conciencia del ahorro de energía.

3.1.3. Percepción del confort térmico y lumínico

Como parte del análisis energético de las escuelas públicas, se evalúa también la calidad de la iluminación y la temperatura en el interior de las aulas. Sin embargo, por la dificultad que representa ingresar a estos inmuebles para hacer mediciones de niveles de iluminación y temperatura, se utilizó la encuesta para analizar el espacio interior desde la percepción que tienen los alumnos.

Por lo tanto, los resultados aquí presentados no provienen de mediciones en sitio, sino de la valoración subjetiva de los alumnos, que sin embargo proporciona elementos significativos para determinar si el uso de la energía en estas escuelas tiene como resultado un uso final adecuado para las actividades de los alumnos.

En relación a los **niveles de iluminación**, la mayoría de los encuestados considera que el nivel de iluminación en su salón de clases es adecuado para llevar a cabo sus actividades. Las tablas 4.19 y 4.20 muestran los resultados de los 114 encuestados.

Por otro lado, el 65.8% de los encuestados considera que fuera del salón de clase existen otros espacios que sí requieren mejor iluminación, principalmente los baños y los pasillos (Tabla 4.22).

La iluminación dentro del aula me permite ver con claridad lo que enseña la maestra

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Siempre	84	73.7
	A veces	23	20.2
	Nunca	3	2.6
	Total	110	96.5
Perdidos	Sistema	4	3.5
Total		114	100.0

Tabla 4.19. Frecuencia La iluminación dentro del aula me permite ver con claridad lo que enseña la maestra. Fuente: Elaboración propia

La iluminación dentro del aula me permite ver con claridad lo que escribo

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Siempre	92	80.7
	A veces	13	11.4
	Nunca	4	3.5
	Total	109	95.6
Perdidos	Sistema	5	4.4
Total		114	100.0

Tabla 4.20. Frecuencia La iluminación dentro del aula me permite ver con claridad lo que escribo. Fuente: Elaboración propia

Considero que mi salón necesita mejor iluminación

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	17	14.9
	No	93	81.6
	Total	110	96.5
Perdidos	Sistema	4	3.5
Total		114	100.0

Tabla 4.21. Frecuencia *Considero que mi salón necesita mejor iluminación*. Fuente: Elaboración propia.

Considero que algún lugar, además de mi salón, necesita mejor iluminación

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	36	31.6
	No	75	65.8
	Total	111	97.4
Perdidos	Sistema	3	2.6
Total		114	100.0

Tabla 4.22. Frecuencia *Considero que algún lugar, además de mi salón, necesita mejor iluminación*. Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que en el caso del 4° grado de la escuela Fernando Montes de Oca, se pudieron hacer mediciones de la iluminación en el aula, encontrando que los niveles eran inferiores a 250 luxes, es decir, por debajo de los valores permitidos en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. Como se muestra en la Tabla 4.23, a pesar de no cumplir con los requerimientos mínimos de iluminación, la mayoría de los alumnos de esta aula señalaron que la iluminación en el salón le permite realizar sus actividades correctamente, pero un 57.1% sí consideran que su salón necesita mejor iluminación.

		Frecuencia	Porcentaje
La iluminación dentro del aula me permite ver con claridad lo que enseña la maestra	Válidos		
	Siempre	8	57.1
	A veces	4	28.6
	Nunca	2	14.3
	Total	14	100.0
La iluminación dentro del aula me permite ver con claridad lo que escribo	Válidos		
	Siempre	9	64.3
	A veces	2	14.3
	Nunca	3	21.4
	Total	14	100.0
Considero que mi salón necesita mejor iluminación	Válidos		
	Sí	8	57.1
	No	6	42.9
	Total	14	100.0

Tabla 4.23. Frecuencias *Aula 4° grado, escuela Fernando Montes de Oca*. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la temperatura, la mayoría de los alumnos dijo que es *agradable* en invierno, pero en verano un 55.3% dijo que era *muy caliente*. Un elemento que hay que tener en cuenta es que la encuesta se realizó en el mes de mayo, un mes cálido, y es posible que los encuestados hayan sido influenciados por la temperatura existente el día de la encuesta. Aun así las respuestas marcan una clara diferencia del confort térmico en verano y en invierno.

En invierno la temperatura del salón es

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Muy fría	19	16.7
	Agradable	76	66.7
	Muy caliente	14	12.3
	Total	109	95.6
Perdidos	Sistema	5	4.4
Total		114	100.0

Tabla 4.24. Frecuencia *En invierno la temperatura del salón es*. Fuente: Elaboración propia

En verano la temperatura del salón es

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Muy fría	4	3.5
	Agradable	41	36.0
	Muy caliente	63	55.3
	Total	108	94.7
Perdidos	Sistema	6	5.3
Total		114	100.0

Tabla 4.25. Frecuencia *En verano la temperatura del salón es*. Fuente: Elaboración propia

Las siguientes dos tablas muestran las respuestas en cada escuela y con un desglose por cada grado. Se observa que en ambos planteles todos los grados muestran los mismos resultados que en los porcentajes totales, es decir, la mayoría percibe que en invierno la temperatura interior es *muy caliente*. Por lo tanto, no se trató de las características de un plantel en específico.

Escuela Fernando Montes de Oca											
		En invierno la temperatura del salón es						En verano la temperatura del salón es			
		Muy fría	Agradable	Muy caliente	Total			Muy fría	Agradable	Muy caliente	Total
Grado	4	3	9	1	13	Grado	4	2	5	7	14
	5	5	15	2	22		5	0	9	13	22
	6	3	11	1	15		6	1	8	7	16
Total		11	35	4	50	Total		3	22	27	52

Tabla 4.26. Tabla de contingencia por grado para temperatura de la escuela 'Fernando Montes de Oca'. Fuente: Elaboración propia

Escuela Las Tres Américas									
En invierno la temperatura del salón es					En verano la temperatura del salón es				
	Muy fría	Agradable	Muy caliente	Total		Muy fría	Agradable	Muy caliente	Total
Grado 4	2	15	1	18	Grado 4	0	0	17	17
5	6	14	2	22	5	1	14	5	20
6	0	12	7	19	6	0	5	14	19
Total	8	41	10	59	Total	1	19	36	56

Tabla 4.26. Tabla de contingencia por grado para temperatura de la escuela ‘Las Tres Américas’. Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Al examinar el grado de conciencia de la comunidad escolar, encontramos que son los padres de familia quienes hacen una mayor labor de concientización en los niños, en comparación con los maestros. El nivel de confort que perciben los alumnos de su salón es aceptable, a pesar de que en algunos casos no cumpla con la normatividad del D. F.

La mayoría de los alumnos ya tiene conciencia en el uso de la energía, pero sólo la mitad toma acciones para ahorrar energía, lo que probablemente se relacione con la laxitud de los maestros en concientizar a los alumnos. Puede inducirse también que las campañas de energía no son suficientes si no se les da seguimiento en la cotidianidad de las acciones concretas, pues según el estudio, casi la mitad de la población no lleva a cabo acciones constantes para el ahorro de energía, lo cual contribuye significativamente en el consumo total del inmueble.

3.2. Consumo eléctrico de los inmuebles

En este apartado se revisa el desempeño energético de los edificios escolares de la SEP, a través de los recibos de facturación, determinando indicadores de consumo que permitirán evaluar si el nivel de consumo eléctrico es alto o bajo en comparación con otros edificios de su tipo.

3.2.1. Índices de Consumo de Energía Eléctrica en las escuelas públicas del DF

Los indicadores, además de ser una herramienta necesaria para el diagnóstico energético de las edificaciones, son precisos para llevar a cabo acciones correctivas dirigidas a mejorar su desempeño energético, así como para realizar comparativas entre inmuebles con características comunes.

La eficiencia del consumo eléctrico en un edificio se conoce como **Índice de Consumo de Energía Eléctrica (ICEE)**, y se obtiene mediante la relación del consumo promedio de doce meses y la *superficie de construcción* del inmueble. Se expresa en kWh/m²-año.

Existen otros indicadores, como el Índice relacionado con el número de usuarios -en el caso de los centros escolares se refiere al *número de alumnos*- o puede relacionarse también con el número de aulas.

Estos tres indicadores son los que con más frecuencia se utilizan para los espacios educativos, y se desarrollan y actualizan constantemente alrededor de todo el mundo. Suelen obtenerse para una región o país, que en algunas ocasiones guardan diferencias respecto al clima o la conformación arquitectónica de cada inmueble, por lo que pueden existir discrepancias considerables entre ellos.

A través de la Administración Federal de Servicios Educativos del DF se obtuvo información del consumo eléctrico y características técnicas de 37 escuelas primarias en 10 delegaciones. Se analizó el consumo eléctrico de doce meses, mediante los recibos de facturación de CFE, y a través de la base de datos de la ASEDF se recabaron los siguientes datos de cada inmueble:

1. Turno
2. Delegación
3. Año de construcción
4. Superficie del terreno (m²)
5. Superficie total construida (m²)
6. Número de aulas
7. Número de alumnos
8. Locales adicionales
9. Número de equipos enciclomedia

El consumo promedio de energía eléctrica de cada inmueble se calculó mediante el historial kWh de un año registrado en los recibos de CFE.

El presente apartado tiene como objetivo los tres Índices de Consumo de Energía Eléctrica más mencionados, es decir, por número de aulas, por número de alumnos y por superficie de construcción que sirvan como indicadores o referentes para futuros trabajos de investigación. Sin embargo, el índice que se utilizará como parámetro de evaluación del consumo de las escuelas primarias será únicamente **el ICEE por superficie de construcción** (kWh/m²-año).

Para obtener cada uno de estos índices, se hizo una relación entre el consumo promedio mensual del inmueble y el número de aulas, número de alumnos y superficie de construcción, respectivamente, multiplicando el resultado por 12 meses, con el fin de obtener índices anuales.

Los Índices de consumo de energía eléctrica por **superficie de construcción**, número de **aula** y número de **alumnos** se muestran en la siguiente tabla:

Ref	Escuela	Promedio mensual (kWh-mes)	ICEE (kWh/m ² -año)	ICEE (kWh/aula-año)	ICEE (kWh/alumno-año)
302	24 de Febrero	1,426.43	20.07	684.69	21.89
603	Andrés Osuna	1,272.40	21.63	2,544.80	66.1
109	C. Emilio Carranza	2,365.18	21.98	1,576.79	129.6
201	Manuel Belgrano	2,132.31	22.5	1,505.16	68.78
206	Estado de Nuevo León	2,839.72	22.98	1,548.94	53.41

112	Víctor María Flores	1,553.62	23.19	981.23	64.29
602	Obras del Valle de México	1,610.69	23.23	878.56	63.37
1006	José María Chávez Andrade	3,331.54	24.1	3,331.54	47.42
901	Nabor Carrillo Flores	4,235.00	27.35	2,823.33	56.59
203	Presidentes de México	3,800.00	28.97	3,800.00	136.12
601	Diego Rivera Barrientos	3,800.38	29.96	2,533.59	78.49
402	Profr. Y Lic. Genaro V. Vázquez Quiroz	3,311.92	30.57	4,967.88	201.74
1001	Domingo Martínez Paredes	2,644.29	31.08	2,644.29	47.08
102	Estado de Coahuila	785.57	31.63	1,346.69	44.47
110	Benito Juárez	13,743.50	33.44	5,890.07	63.38
404	Plan de Once años	2,018.35	36.26	2,201.84	63.07
205	Atenedoro Monroy	3,298.15	37.98	2,473.62	95.6
115	República de Honduras	1,309.92	39.4	1,964.88	100.12
202	Martín Oyamburu	1,774.65	39.88	1,521.13	45.8
1003	Vicente Riva Palacio	4,370.77	43.71	2,913.85	48.65
604	Manuel Avila Camacho	3,025.81	44.44	3,025.81	109.7
301	Manuel M. Ponce	4,253.00	48.98	4,253.00	120.37
113	Francisco González Bocanegra	962.85	50.24	1,650.59	81.94
204	Angela Peralta	1,665.85	55.53	1,665.85	76.89
208	José Vasconcelos	6,816.54	56.88	5,842.75	140.07
207	José Arturo Pichardo	5,435.88	58.82	3,433.19	62.72
502	José María Mata	3,897.06	60.89	2,922.80	149.89
1005	Marceliano Trejo Santana	2,629.69	61.75	2,629.69	40.51
101	Las Tres Américas	1,591.43	67.24	3,182.86	134.49
303	Noruega	5,941.33	67.64	7,129.60	190.12
1004	Fuerzas Armadas de México	2,397.86	68.84	1,692.61	37.96
107	Alfonso Herrera	2,313.71	69.41	3,470.56	171.39
103	Francisco Montes de Oca	1,326.67	81.22	1,768.89	123.41
105	Ignacio L. Vallarta	1,075.78	99.3	1,434.37	75.05
701	Arbol de la noche triste	1,973.60	100.35	1,315.73	59.36
1002	Mariano Galván Rivera	5,908.46	101	3,938.97	101.72
304	Artemio del Valle Arizpe	6,773.15	225.77	3,870.37	89.22
	Máximo		225.77	7,129.60	201.74
	Mínimo		20.07	684.69	21.89
	ICEE promedio	3,232.79	51.57	2,739.47	88.13
			ICEE (kWh/m2-año)	ICEE (kWh/aula-año)	ICEE (kWh/alumno-año)

Tabla 4.1. Índices de Consumo de Energía Eléctrica por número de alumnos, número de aulas y superficie de construcción de 51 escuelas primarias oficiales del Distrito Federal. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.1 muestra el índice buscado, es decir, el **ICEE por superficie de construcción**, el cual equivale a **51.57 kWh/m2-año**. Además se obtuvo el **ICEE por aula**, equivalente a

2,739.37 kWh/aula-año, así como el **ICEE por alumno**, equivalente a **88.13 kWh/alumno-año**.

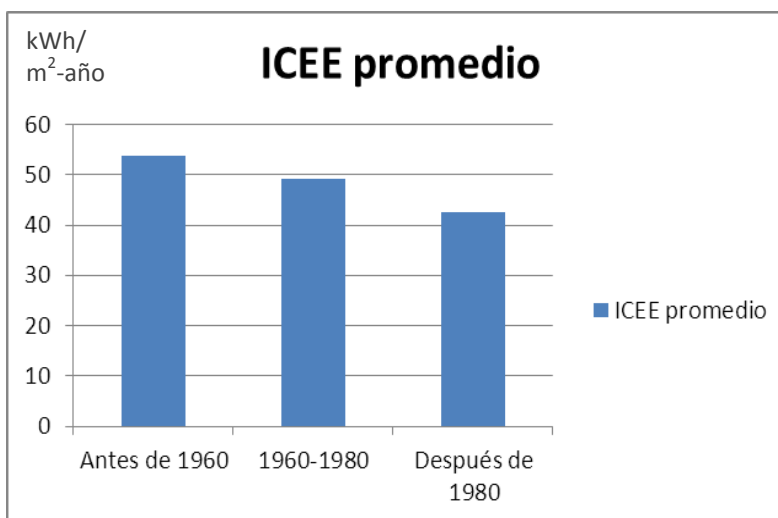
En la tabla 4.2 se analiza el ICEE por superficie de construcción de los inmuebles de acuerdo al *año de edificación*, encontrando que el consumo es considerablemente mayor en aquellos inmuebles construidos antes de 1960. El año promedio de construcción de las escuelas analizadas fue **1958**, es decir, la mayoría de las escuelas se ubican en este rango alto de consumo.

Un dato interesante es que la escuela más reciente se construyó en 1994, lo que refleja que la construcción de escuelas en el DF se estancó en la década de los noventa.

	Antes de 1960	1960-1980	Después de 1980
ICEE promedio	53.72 kWh/m ² -año	49.32 kWh/m ² -año	42.62 kWh/m ² -año

Tabla 4.2. Índice de Consumo de Energía Eléctrica por año de edificación. Fuente: Elaboración propia.

Existe por tanto una tendencia progresiva a la reducción del consumo energético en las escuelas de menor antigüedad, como se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 4.1. Tendencia del Índice de Consumo de Energía Eléctrica por décadas. Fuente: Elaboración propia

Esta tendencia a la baja puede derivarse del desarrollo tecnológico de las luminarias y equipos eléctricos, los cuales se van volviendo cada vez más eficientes hasta que la tecnología anterior va desapareciendo del mercado, por lo que el cambio tecnológico es inminente.

Al analizar las cuatro escuelas con mayor consumo y las cuatro escuelas con menor consumo de la Tabla 4.1. se encontró que aquellos planteles que consumen mayor energía se localizan en un terreno de superficie menor, y tienen menos metros cuadrados de construcción. Por el contrario, los planteles que consumen menos energía tienen terrenos más grandes y mayores metros cuadrados construidos. Los resultados se muestran en la tabla 4.2:

Cod	Escuela	kWh/m2-año	m2 Terreno	m2 Construcción
302	24 de Febrero	20	4,314	853
603	Andrés Osuna	22	1,967	706
109	C. Emilio Carranza	22	1,827	1,291
201	Manuel Belgrano	23	2,923	1,137
	Media	22	2,758	997
105	Ignacio L. Vallarta	99	487	130
701	Arbol de la noche triste	100	1,632	236
1002	Mariano Galván Rivera	101	2,047	702
304	Artemio del Valle Arizpe	226	4,821	360
	Media	132	2,247	357

Tabla 4.2. Comparativa de consumo eléctrico en escuelas grandes y pequeñas.

Puede deducirse, por tanto, que existe una relación entre el tamaño de la escuela y el consumo eléctrico del inmueble, especialmente en el tamaño de la superficie de construcción. Es decir, las escuelas con mayor área construida consumen **menos** energía, a diferencia de las escuelas con pocos metros construidos, que tienen un consumo **mayor**.

Una relación menos significativa se encuentra en el tamaño del terreno, donde aquellas escuelas con mayor área de terreno consumen menos energía que aquéllas localizadas en terrenos pequeños.

Esta relación entre el tamaño de las escuelas y su respectivo consumo puede explicarse por la importancia de los patios de iluminación que se proyectan con más facilidad en los terrenos grandes, y que sustituyen significativamente el uso de iluminación artificial.

3.2.2. Comparativa con Indicadores de consumo eléctrico existentes en edificios escolares

Con el fin de obtener un parámetro que permita evaluar si el consumo de las escuelas públicas primarias del DF es alto o bajo en comparación con otros indicadores nacionales e internacionales, en este capítulo se analizan algunos índices de consumo de energía eléctrica que se han desarrollado en distintos países para espacios escolares. En la parte final se calcula una media de los indicadores examinados, que servirá como referencia de comparación con el índice obtenido para las escuelas públicas analizadas en esta investigación.

Debido a la gran diversidad de criterios que se presentan en los indicadores de consumo eléctrico en inmuebles, la búsqueda para este análisis se realizó bajo cuatro consideraciones principales:

- a) Uso de los inmuebles como *espacios educativos*. Los indicadores analizados están enfocados concretamente a los edificios escolares, con algunas excepciones que fueron consideradas como inmuebles de administración pública.
- b) Unidades expresadas en $kWh/m^2\text{-año}$, ya que se trata de la unidad más común y con mayor representación en los análisis energéticos de las edificaciones.
- c) Se hizo una distinción entre inmuebles *con y sin acondicionamiento de aire*, independientemente del clima y/o región a la que pertenezca, ya que en el caso de los climas extremos, el rubro de calefacción y/o refrigeración representa más de la mitad del consumo total del edificio

- d) El análisis también hace distinción entre aquellos indicadores obtenidos sin llevar a cabo ninguna acción dirigida a la disminución del consumo, es decir, *sin acciones correctivas (ICEE inicial)*, y aquellos que se midieron después de implementar medidas de mitigación o aquellos indicadores que representan una meta de consumo y se utilizan como referencias de edificios con alto desempeño energético, es decir, *con acciones correctivas (ICEE final)*.

Como la Ciudad de México tiene clima templado, interesa para este trabajo principalmente el índice de consumo ***Sin acondicionamiento de aire***. De la misma manera, debido a que el análisis de las escuelas primarias públicas se realizó sin aplicar medidas para reducción del consumo, se requiere conocer el índice de consumo ***Sin acciones correctivas***.

Aunque los indicadores obtenidos *Con acciones correctivas* y *Con acondicionamiento de aire* no tendrán aplicación para la comparativa con las escuelas primarias públicas, se analizan y establecen como índices de referencia para futuras investigaciones relacionadas con los espacios escolares.

I. Estados Unidos: CBECS

Commercial Buildings Energy Consumption Survey es un censo que realiza el Gobierno de Estados Unidos a través de la *Energy Administration Information* sobre el consumo de energía de edificios no residenciales. El estudio se realiza cada cuatro años y tiene una clasificación amplia sobre los edificios y el uso de energía.

Para este caso, se utilizó el índice de consumo eléctrico correspondiente a edificios con actividad educativa, el cual es de 11 kWh/ft²-yr, equivalente a **118 kWh/m²-año**.

	per Building (thousand kWh)	per Square Foot (kWh)	per Worker (thousand kWh)	Distribution of Building-Level Intensities (kWh/square foot)			Electricity Expenditures		
				25th Per-centile	Median	75th Per-centile	per Building (thousand dollars)	per Square Foot (dollars)	per kWh
All Buildings*	202	14.1	12.2	3.6	8.2	17.1	15.7	1.09	0.07
Building Floorspace (Square Feet)									
1,001 to 5,000	47	17.8	11.4	3.8	8.9	20.3	4.3	1.63	0.09
5,001 to 10,000	92	12.4	10.3	3.8	7.4	14.5	8.7	1.18	0.09
10,001 to 25,000	164	10.5	11.1	2.9	6.3	13.4	13.8	0.88	0.08
25,001 to 50,000	439	12.2	11.6	3.8	8.8	16.2	33.6	0.94	0.07
50,001 to 100,000	927	13.1	14.1	4.5	9.9	17.0	68.0	0.97	0.07
100,001 to 200,000	2,181	15.7	12.2	5.3	13.0	23.4	146.4	1.05	0.06
200,001 to 500,000	4,347	15.0	15.4	5.8	12.1	20.7	301.0	1.04	0.06
Over 500,000	17,034	19.0	12.8	10.0	16.6	25.2	1209.8	1.35	0.07
Principal Building Activity									
Education	283	11.0	8.7	4.9	8.9	13.6	21.1	0.82	0.07
Food Sales	276	49.4	43.0	33.4	48.0	77.0	20.9	3.74	0.07
Food Service	213	38.4	20.3	18.8	37.4	70.3	17.4	3.13	0.08
Health Care	564	22.9	11.5	6.1	12.0	18.4	37.9	1.54	0.06

Tabla 4.3. Consumo e intensidades eléctricas para edificios no comerciales. Fuente: *Buildings Energy Data Book*, Commercial Buildings Energy Consumption Survey, 2007.

Tabla Resumen

Indicador	Consideraciones	Media
CBECS	Con acondicionamiento de aire / sin acciones correctivas	118 kWh/m ² -año

II. Suiza: Minergie

Minergie es una etiqueta enfocada al uso racional de la energía que se aplica de manera voluntaria a las construcciones nuevas y existentes, regulada por la Administración Pública en Suiza y Liechtenstein. Existen varias opciones para este tipo de certificación. Los requisitos generales de la certificación básica Minergie que deben cumplir las construcciones son:

- Exigencias en la envolvente del edificio.
- Controles periódicos de la renovación del aire.
- Certificación del confort térmico en verano.
- Requisitos adicionales dependiendo de la categoría otorgada, relativas a la iluminación, refrigeración y producción de calor.

Otro de los requisitos es el cumplimiento del Valor límite Minergie, es decir, el Índice de Consumo de Energía Eléctrica, que en el caso de ‘Edificaciones colectivas’¹⁴ permite un consumo máximo de 38kWh/m²-año para edificaciones nuevas y **80 kWh/m²-año** para construcciones rehabilitadas.

Tabla Resumen

Indicador	Consideraciones	Media
Minergie	Con acondicionamiento de aire / con acciones correctivas	80 kWh/m ² -año

(*) Valor límite Minergie

Tipo de Edificación	Valores Máximos	
	Minergie (kWh/m ² año)	Minergie – P (kWh/m ² año)
Edificaciones colectivas	38	30
Viviendas unifamiliares	38	30
Edificaciones Comerciales	40	25
Hospitales	75	45
Industrias	20	15
Instalaciones Deportivas	25	20

Tabla 4.4. Valores máximos del Sistema Minergie para edificios existentes.

III. Reino Unido: Max Fordham

Max Fordham es una firma británica de ingeniería que desarrolló un criterio de evaluación de eficiencia energética para edificios escolares, el cual comprende cuatro niveles de desempeño, de acuerdo a la normatividad del Reino Unido. Para los edificios que cumplan con el estándar mínimo de sustentabilidad, se requiere un consumo mínimo de **49 kWh/m²**.¹⁵

¹⁴ Se considera esta clasificación para espacios de uso educativo.

¹⁵ Matrix Fordham, disponible en <http://www.maxfordham.com/publications/schools-sustainability-matrix>

Tabla Resumen

Indicador	Consideraciones	Media
MatrixFordham	Con acondicionamiento de aire / con acciones correctivas	49 kWh/m ² -año

IV. Irlanda

En un estudio realizado por la *University College Dublin*, se analizaron 88 escuelas primarias, con el fin de estudiar el comportamiento en el consumo de energía de esta tipología edilicia, obteniendo una media de **65 kWh/m²**.¹⁶

Tabla Resumen

Indicador	Consideraciones	Media
Irlanda	Con acondicionamiento de aire / sin acciones correctivas	65 kWh/m ² -año

V. España

El Gobierno de Navarra junto con el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) desarrolló en 2008 un diagnóstico energético de algunos edificios de la Administración Pública, entre ellos 34 centros escolares, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Centro escolar	kWh/m ²
Irurtzun	80
Orkoien	129
Tafalla	137
Villatuerta	110
Media	114
Media de Referencia	91

Tabla 4.5. Consumo energético existente en 34 centros escolares de la provincia de Navarra. Fuente: Fernández de P. Concha (2009) Informe de evaluación del programa de planes energéticos en las Administraciones Públicas.

¹⁶ Hernandez, P., Burke, K. (2008) 'ScienceDirect' *Development of energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: An example for Irish primary schools.*

De acuerdo a la Tabla 4.5, el resultado arroja un consumo medio de **114 kWh/m²-año**, y el estudio señala como media de referencia para edificios similares en su tipo **91 kWh/m²-año**, por lo que este último se considerará como Índice de Consumo de Energía Eléctrica, después de las acciones correctivas.

Tabla Resumen

Indicador	Consideraciones	Media
España	Con acondicionamiento de aire / sin acciones correctivas	114 kWh/m ² -año
	Con acondicionamiento de aire / con acciones correctivas	91 kWh/m ² -año

VI. Chile: Innova

El Proyecto Innova es un sistema de gestión y certificación de eficiencia energética y calidad ambiental en proyectos de recintos educacionales públicos, el cual puede implementarse durante el proceso de diseño, construcción y/o operación del recinto.

Con este programa se pretende disminuir el consumo de energía en un 60%, con relación a una edificación que cumple normativa técnica actual, rebajando de 150 a **60 kWh/m²**.

Tabla Resumen

Indicador	Consideraciones	Media
Innova Chile	Con acondicionamiento de aire / con acciones correctivas	60 kWh/m ² -año

VII. Perú

El Programa de Ahorro de Energía de Perú desarrolló una guía para el uso eficiente de la energía de acuerdo a los diagnósticos energéticos realizados en edificios públicos. En este documento se determina un rango de consumo entre **10 y 180 kWh/m²**,¹⁷ aunque el programa no hace una distinción específica para espacios destinados a la educación.

¹⁷ Ministerio de Energía y Minas, República del Perú (2000) 'Manual de uso racional y eficiente de la energía en edificios públicos'.

Tabla Resumen

Indicador	Consideraciones	Media
Perú	Sin acondicionamiento de aire / sin acciones correctivas	95 kWh/m ² -año

VIII. México: Proyectos FIDE

El Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE) desarrolló una serie de proyectos de ahorro energético para distintos tipos inmuebles escolares, a partir de un primer diagnóstico energético que buscaba definir los principales rubros de demanda, para posteriormente implementar una serie de acciones correctivas, con sus respectivos análisis de resultados y de ahorro energético.

Iván García analizó los diagnósticos de 8 edificios escolares en clima templado, obteniendo ICEE antes y después de 1995. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

TEMPLADO	EDIFICIOS ANTES DE 1995	EDIFICIOS ENTRE 1995 Y 2011
	ICEE (kWh/m ² -año)	ICEE (kWh/m ² -año)
ESCUELAS	52.09	40.76

Tabla 4.6. Indicadores energéticos para escuelas en clima templado Proyectos FIDE. (García Kerdán, 2011).

Como se muestra en la Tabla 4.6, el índice de consumo de energía eléctrica en los inmuebles educativos, antes de 1995 es de **52.09 kWh/m²-año**, y el índice de consumo de energía eléctrica después de 1995 es de **40.76 kWh/m²-año**.

Este análisis contiene el desglose del ICEE por uso final de la energía en escuelas de clima templado. La siguiente tabla muestra el ICEE kWh/m²-año antes y después de 1995, desglosado en aire acondicionado, iluminación, refrigeración, motores, misceláneos y otros.

	AA	ILUMINACION	REFRIGERACION	MOTORES	MISCELANEOS	OTRAS	TOTAL
	kwh/m2- año	kwh/m2- año	kwh/m2- año	kWh/m2- año	kwh/m2 - año	kWh/m2- año	kWh/m2- año
Antes de 1995	2.520	40.791	0.065	3.142	5.436	0.135	52.09
Después de 1995	1.972	31.919	0.051	2.459	4.254	0.106	40.76

Tabla 4.7. Indicadores Energéticos por uso final en edificios escolares antes y después de 1995 en Clima Templado (García Kerdán, 2011).

Tabla Resumen

Indicador	Consideraciones	Media
FIDE	Sin acondicionamiento de aire / antes de 1995	52 kWh/m ² -año
	Sin acondicionamiento de aire / después de 1995	41 kWh/m ² -año

3.2.3. Resumen y análisis de los indicadores

De acuerdo a la información analizada, se obtuvieron dos primeros *Índices de Consumo de Energía Eléctrica*, expresados en kWh/m²-año, que son los pertenecientes a los países que utilizan acondicionamiento de aire. La tabla 4.7 muestra los valores obtenidos:

ICEE Con acondicionamiento de aire

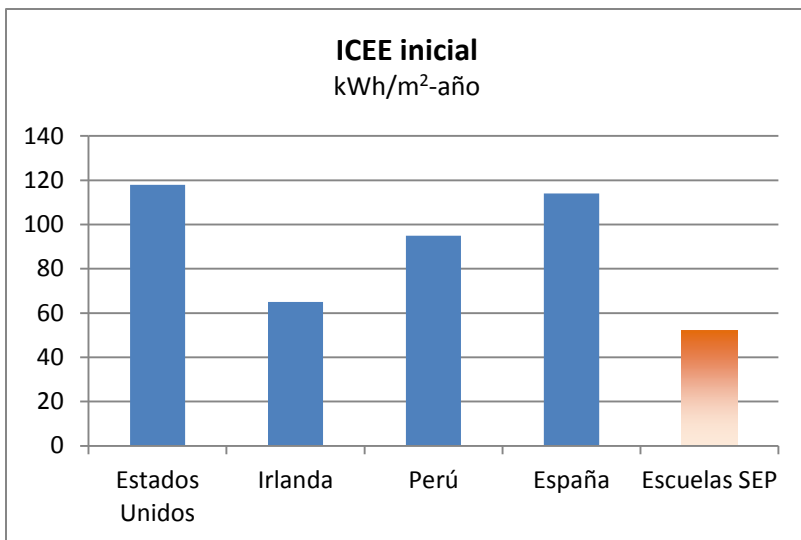
Indicador	ICEE inicial	ICEE final
	kWh/m ² -año	kWh/m ² -año
Estados Unidos	118	
Irlanda	65	
Perú	95	
España	114	91
Chile		60
Suiza		80
Reino Unido		49
Máximo	118	91
Mínimo	65	49
Media	116	63

Tabla 4.7. Índice de Consumo de Energía Eléctrica inicial y final para escuelas *Con acondicionamiento de aire*. Fuente: Elaboración propia.

El ICEE inicial promedio fue de **116 kWh/m²-año**, es decir, este es un parámetro internacional de consumo energético de escuelas *con acondicionamiento de aire* que no

han implementado proyectos de ahorro de energía. La diferencia es sustancial respecto al ICEE final promedio, que fue de **63 kWh/m²-año**, por lo tanto este índice puede representar un objetivo o meta de consumo en inmuebles escolares con acondicionamiento de aire.

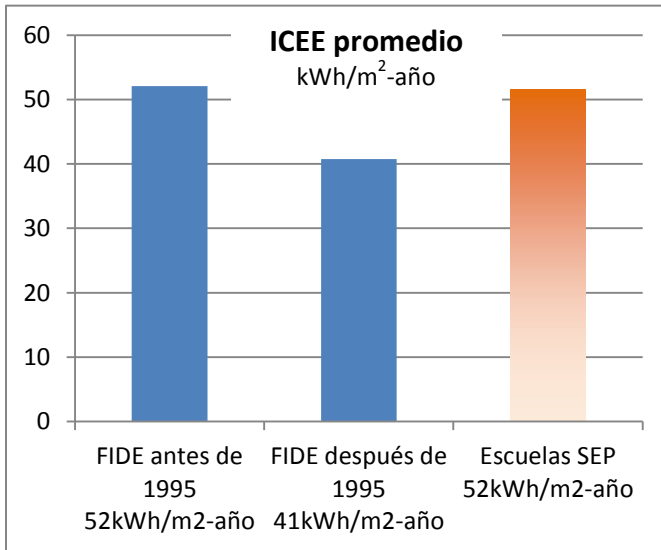
Para hacer una comparativa con el índice obtenido de las escuelas primarias SEP, se considera este ICEE inicial (116 kWh/m²-año), ya que se trata de inmuebles que no han tenido proyectos de ahorro de energía, al igual que nuestro objeto de investigación. La Gráfica 4.2 muestra la comparación del nivel de consumo de las escuelas SEP respecto al parámetro internacional:



Gráfica 4.2. Comparación del ICEE inicial de las escuelas SEP respecto a los indicadores internacionales.

De acuerdo a esta gráfica, el nivel de consumo de las escuelas SEP es marcadamente menor a los parámetros internacionales, debido a que, como mencionamos anteriormente, en climas extremos el acondicionamiento de aire puede llegar a representar hasta el 60% del consumo energético total.

Una comparación objetiva del consumo en las escuelas SEP se muestra en la Gráfica 4.3, que contrasta el análisis de los proyectos FIDE enfocados a edificios educativos en clima templado, es decir *sin acondicionamiento de aire*.



Gráfica 4.3. Comparativa de los ICEE obtenidos de los proyectos de FIDE con el ICEE obtenido para las escuelas SEP. Fuente: Elaboración propia con información de García Kerdán, I. (2011). *Línea base del uso final de la energía eléctrica en edificios comerciales y de servicio de la república mexicana*. México: UNAM, Tesis de maestría.

En la Gráfica 4.3 se observa que existe una coincidencia con el análisis de los proyectos del FIDE, cuyo indicador para el consumo de inmuebles escolares es de 52.09 kWh/m²-año, mientras que el de las escuelas SEP es de 51.57 kWh/m²-año. Sin embargo, este indicador del FIDE pertenece a los diagnósticos elaborados antes de 1995, es decir, son consumos promedios que generaban las escuelas hace más de 15 años.

Si analizamos la relación con el índice obtenido después de 1995, observamos que el consumo actual de las escuelas SEP es casi un 20% mayor al consumo promedio de otros edificios educativos (40.76 kWh/m²-año), teniendo también en consideración que una parte de los inmuebles analizados en estos proyectos son instituciones de educación superior, las cuales tienen mayores requerimientos energéticos que las escuelas de educación básica. Se deduce, por tanto, que los inmuebles de las escuelas SEP efectivamente tienen un consumo alto en relación a otros edificios de uso educativo.

Conclusiones

Se obtuvieron tres indicadores de consumo de energía eléctrica para escuelas primarias SEP:

- ICEE por superficie de construcción: 51.57 kWh/m²-año.
- ICEE por aula: 2,739.37 kWh/aula-año
- ICEE por alumno: 88.13 kWh/alumno-año.

Mediante el análisis del consumo energético de los inmuebles, se concluye que las escuelas SEP consumen un 20% más que otros edificios de su tipo, aunque en comparación con los indicadores internacionales el consumo de las escuelas SEP es considerablemente menor. Esta discrepancia se explica por las diferencias climáticas entre regiones, pues en climas templados el consumo es marcadamente menor que en climas extremos.

Se observó también que el tamaño de la escuela tiene una relación directa con el consumo, pues las escuelas con más superficie de construcción tienden a un menor consumo que las escuelas pequeñas.

Se dedujo además que son los inmuebles de mayor antigüedad quienes presentan los mayores niveles de consumo, validando el planteamiento inicial de la hipótesis presentada en esta investigación, la cual alude a la antigüedad de los inmuebles como un factor que influye en el consumo alto de las escuelas SEP.

3.3. Programas gubernamentales para el ahorro de energía en escuelas

Como parte de la evaluación de la cultura del ahorro de energía en las escuelas, se analizan en este apartado algunas iniciativas planteadas desde distintos ámbitos gubernamentales, con el fin de conocer el interés que existe por parte de las autoridades y administraciones educativas por atender el aspecto energético de estos inmuebles.

Tanto en el INIFED,¹⁸ que es el ente normativo para los edificios educativos del país, como en la AFSEDF,¹⁹ que es el organismo responsable del mantenimiento de las escuelas públicas, existe la conciencia de la necesidad por adentrarse en el tema energético, pero se reconoce que hasta la fecha no se han llevado a cabo acciones concretas para ser aplicadas en estos inmuebles.

En estados como Sonora o Coahuila, donde el consumo de energía es de gran magnitud debido al uso de aire acondicionado, es donde existe un mayor interés por llevar a cabo programas de ahorro, como el **Programa de Eficiencia energética en Escuelas**, gestionado por la Subsecretaría de Administración y Planeación de la Secretaría de Educación y Cultura de Sonora.

Este programa se ha llevado en concordancia con investigaciones del Instituto Tecnológico de Monterrey, y contempla algunas medidas por implementar en distintos planteles del estado:

- Instalación de subestaciones para modificar la tarifa de CFE, con lo que se contemplan ahorros hasta del 40%.
- Sustitución de alumbrado en 600 planteles
- Sustitución de aires acondicionados en 206 planteles
- Creación de un Reglamento para la administración y uso eficiente de energía eléctrica en planteles educativos de la Secretaría de Educación y Cultura del Estado de Sonora, con el fin de regular la instalación y uso de acondicionadores de aire,

¹⁸ Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa.

¹⁹ Administración Federal de Servicios Educativos del Distrito Federal.

equipos de cómputo y cualquier equipo que represente un aumento en la carga instalada.

Desde 2009 se han invertido cerca de 55 mdp, principalmente en la instalación de subestaciones, y para completar el programa se pretende invertir 250 mdp más. La recuperación del monto de inversión se proyecta en 7.5 años a través del ahorro del consumo eléctrico derivado de estas acciones.

Existen otros programas de energía que ya han tenido implementación, como el **Programa Red de Escuelas Solares** en Saltillo, que comenzó en 2010 y pretende instalar paneles fotovoltaicos en al menos 20 instituciones que se adhieran al programa. Se espera un ahorro de energía, entre el 30% y 70% con lo cual se amortizará el costo de la instalación, la cual estará financiada por el FIDE. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, a pesar de ser una iniciativa generada desde el Gobierno de Coahuila, es un proyecto dirigido solamente a escuelas privadas, pues son las instituciones que tienen posibilidades de pagar el financiamiento.

Una propuesta dirigida a la cultura del ahorro y el uso eficiente de la energía en las escuelas, son las **Jornadas de Ahorro de Energía Eléctrica** promovidas por el FIDE a través del programa *Educaree*.²⁰

Se creó material didáctico para preescolar, primaria y secundaria que contiene información presente en las asignaturas del plan de estudio de educación básica, principalmente en las de ciencias naturales en primaria y Formación Cívica y Ética en secundaria, destacando los beneficios económicos y ambientales de usar racionalmente la energía eléctrica.

El programa pretende involucrar a maestros, alumnos, padres de familia, así como las autoridades educativas y la Comisión Federal de Electricidad. El material se reparte entre los maestros de las escuelas que solicitan participar en el programa, y consta de una guía impresa y un video con temas y actividades para abordar durante la clase.

²⁰ Educación para el uso Racional y Ahorro de Energía Eléctrica.

Otra iniciativa para el ahorro de energía se desarrolla en el DGETI²¹ es un **Programa de Ahorro de Energía Eléctrica, Agua Potable y Sustentabilidad** que pretende abordar los aspectos de ahorro energético, como los siguientes:

- Facturación eléctrica
- Gestión para la reforma de contratos
- Corrección del factor de potencia y control de la demanda
- Luminarias, motores y aires acondicionados
- Llenado del formato de levantamiento eléctrico
- Lineamientos de eficiencia energética en la Administración Pública Federal

Es un programa que aún está en fase de planeación, y depende de la Secretaría de Educación Pública, pero está gestado desde una instancia de educación media superior tecnológica, por lo que probablemente tenga aplicación solamente para este tipo de instituciones.

Conclusiones

En esta tercera parte del análisis, encontramos que el ahorro de energía en las escuelas primarias no ha sido hasta la fecha un tema central para las instancias gubernamentales de la Ciudad de México, ya que de la búsqueda de información en las principales instituciones que están a cargo de las escuelas -como la SEP, el INIFED y la AFSEDF- no se encontró ningún programa enfocado al uso eficiente de la energía. En los estados del norte como Coahuila y Sonora, se manifiesta un mayor interés por mejorar los niveles de consumo eléctrico, ya que el aire acondicionado impacta fuertemente en los recibos de facturación.

Es interesante destacar que ninguno de los programas presentados tiene como línea de acción la formación y concientización de los alumnos, con excepción de FIDE que cuenta con una gran cantidad de material dirigido a la educación en el uso de la energía y reconoce la importancia de la conciencia de los usuarios.

²¹ Dirección General de Educación Tecnológica Industrial.

[El uso de la energía en las escuelas primarias
públicas del Distrito Federal: hacia una cultura
del ahorro energético]

Maestría en Arquitectura
Universidad Nacional Autónoma de México
Cristina Toral Villanueva

Capítulo 4

Recomendaciones para el uso eficiente de la energía en las escuelas públicas del Distrito Federal

Capítulo 4

Recomendaciones para el uso eficiente de la energía en las escuelas públicas del Distrito Federal

De acuerdo con el análisis realizado en el capítulo anterior, no existe actualmente en el ámbito gubernamental un interés claro por el ahorro de energía en las escuelas primarias SEP, así como tampoco hay todavía acciones eficaces dirigidas a la concientización en el uso de la energía.

Por tanto, en este capítulo se presentan algunas recomendaciones encaminadas a la cultura del ahorro, integradas en una propuesta para implementar un **Programa para el uso eficiente de la energía** en las escuelas primarias públicas del DF, que ubica como actores centrales a los miembros de la comunidad educativa, principalmente a alumnos, maestros y directores.

Se trata de aprovechar la experiencia y el camino andado por el FIDE, pues es una institución que ha hecho grandes aportaciones para el aprovechamiento y uso eficiente de la energía en las edificaciones. Sin embargo, el objetivo es que sea la SEP quien gestione la implementación del programa, y el FIDE funja como un asesor técnico tanto para la concientización ambiental como para la intervención en los inmuebles.

El objetivo principal del programa es fomentar la cultura del ahorro de energía en las escuelas primarias SEP que permita una disminución en el consumo energético de cada plantel, mediante el trabajo colectivo y la educación ambiental.

Se busca que a través del trabajo local (en cada escuela) se definan líneas de acción para el ahorro de energía, orientados a participar en un concurso anual que premiará a aquellas escuelas que logren una meta de consumo igual o menor a 52 kWh/m².²²

²² ICEE por superficie de construcción obtenido del *Diagnóstico del consumo eléctrico de los inmuebles SEP*, elaborado en el capítulo 3.

El programa es de participación voluntaria, por lo que no representa lineamientos normativos u obligatorios para las escuelas SEP.

Para el funcionamiento de programa se formará un Comité Administrador, constituido por integrantes de la SEP, la AFSEDF, el INIFED y el FIDE. Dicho comité será el responsable de promover e implementar el programa en las escuelas que lo soliciten, así como de verificar el cumplimiento de las condiciones del programa, dando un seguimiento continuo.

Glosario de términos

AFSEDF.- Administración Federal de Servicios Educativos del Distrito Federal. Como parte del Comité Administrador del programa, será el organismo responsable de llevar el control mensual del consumo de los planteles adscritos en el programa, así como de la asignación de los bonos de ahorro logrados al final de cada año.

Comité Administrador. Estará integrado por miembros de la SEP, la AFSEDF, el INIFED y el FIDE, y será responsable de verificar bimestralmente el cumplimiento del RCDF y las normas técnicas de las instalaciones en cada plantel adscrito al programa, así como de llevar el control mensual del consumo de los planteles para planear progresivamente la asignación de los bonos de ahorro al final de cada año.

FIDE.- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Será el organismo responsable de realizar los diagnósticos energéticos en las escuelas que soliciten adherirse al programa, así como de ejecutar las obras de intervención necesarias en cada plantel para la reducción del consumo de energía.

INIFED.- Instituto Nacional para la Infraestructura Física Educativa. Como parte del Comité Administrador, será el responsable de verificar bimestralmente el cumplimiento del RCDF y las normas técnicas de las instalaciones en cada plantel adscrito al programa.

ICEE.- Índice de Consumo de Energía Eléctrica. Indicador del consumo eléctrico de un inmueble, obtenido mediante la relación del consumo promedio de doce meses de energía eléctrica y la *superficie de construcción* del inmueble, expresado en kWh/m²-año.

RCDF.- Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

4.1.1. Estructura del programa

El programa estará estructurado en 4 fases, que deberán ser consecutivas:

a) Jornadas para el ahorro de energía

Las escuelas que se adhieran en el programa deben participar en al menos tres *Jornadas para el ahorro de energía*, las cuales se realizarán de manera periódica –de acuerdo a la demanda de las escuelas que quieran participar– y serán organizadas por el Comité Administrador en coordinación con el FIDE.

El objetivo de esta fase, es que alumnos y maestros comprendan la problemática ambiental que puede generar el uso de la energía; que tengan suficientes elementos para identificar los elementos que dentro de su escuela están obstruyendo el uso eficiente de la energía; y que conozcan las distintas estrategias que pueden aplicar en su plantel para alcanzarlo.

b) Comisiones escolares

Cada escuela elegirá a los representantes que participarán en su comisión escolar, la cual estará integrada por seis alumnos de 4°, 5° y 6° grado, dos maestros y un director, y deberán renovarse cada año con otros integrantes.

Dichas comisiones deberán elaborar, de acuerdo al aprendizaje adquirido durante las jornadas, una propuesta con líneas de acción para llevar a cabo en la escuela, incluyendo las intervenciones en el propio inmueble. La propuesta será revisada por el FIDE, quien retroalimentará a la Comisión para hacer una propuesta definitiva, que sea congruente con el presupuesto asignado para tales acciones. El monto del presupuesto para las intervenciones del inmueble dependerá del tamaño de la escuela –será proporcional para todos los planteles– y estará financiado con recursos de la SEP.²³

²³ El financiamiento de los programas de energía es uno de los principales obstáculos para su implementación. Se parte del supuesto de que la SEP es responsable de financiarlo, pero en caso de no ser así, deberá buscarse algún tipo de subsidio federal, o buscar un esquema de contribución a través de otros programas existentes, con el Programa Mejores Escuelas.

c) Intervención en el inmueble

De acuerdo con la propuesta definida por la Comisión escolar, el FIDE llevará a cabo las intervenciones necesarias en el inmueble.

d) Concurso interescolar

Una vez al año se llevará a cabo un concurso interescolar que evalúe el nivel de consumo de cada escuela en el lapso de un año. Serán premiadas las escuelas que hayan alcanzado un nivel igual o menor a 40 kWh/m²-año. El premio consistirá en un monto económico, el cual deberá ser reinvertido en el mantenimiento del edificio, ya sea para mejorar el desempeño energético, o para las obras necesarias que cada escuela considere.

4.1.2. Consideraciones

- a) Podrán recibir el subsidio para intervención del inmueble aquellas escuelas que tengan un consumo mayor a 52kWh/m²-año, de acuerdo a los recibos de facturación de CFE. El resto de los planteles podrán participar en las *Jornadas de ahorro de energía*, así como en el Concurso interescolar.
- b) El Comité Administrador verificará periódicamente que los planteles inscritos en el programa cumplan con los lineamientos del INIFED, las normas y especificaciones del RCDF, así como con las condiciones del confort interior en todos los locales.
- c) La Comisión escolar será responsable de que la conciencia del ahorro de energía se fomente en el plantel durante todo el año. Para este fin, podrá llevar a cabo campañas y que involucren al resto de los alumnos de la escuela o cualquier actividad que considere necesaria para conservar grados bajos de consumo.
- d) El papel del maestro es fundamental para alcanzar los objetivos del programa. Se deberá poner especial atención para que los alumnos de cada Comisión escolar se involucren completamente sean personajes activos en las tareas, y no sean los maestros quienes lleven la batuta del programa.

4.1.3. Beneficios del programa

Ambientales. La aplicación de medidas para el ahorro de energía reduce la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Haciendo un estimado de una escuela promedio, la disminución del consumo eléctrico de 52kWh/m^2 a 40kWh/m^2 representa una reducción de 9.77 toneladas de CO_2 equivalente por cada año.²⁴ Considerando que en el Distrito Federal existen alrededor de 4,200 planteles oficiales de educación básica que podrían verse beneficiados con este programa, la aplicación del programa en todas las escuelas representaría una reducción de 41,034 Ton CO_2eq al año.

Sociales. La participación comunitaria para el ahorro de energía fomenta en los alumnos el desarrollo de habilidades de organización, control y evaluación para el logro de objetivos y metas. Además, el mejoramiento de la infraestructura física educativa tiene una influencia directa sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir, al acondicionar los inmuebles para ahorrar energía se mejoran la calidad de la iluminación y ventilación, consiguiendo un beneficio concreto para la educación de los alumnos.

Económicos. La reducción de $12\text{kWh/m}^2\text{-año}$ en un plantel promedio de $1,175\text{m}^2$ de superficie construida, puede representar un ahorro de \$37,647 por año. Si el programa tuviera aplicación en los 4,200 planteles del Distrito Federal, esta reducción representaría un ahorro cercano a los 158 millones de pesos.²⁵

La AFSEDF se verá beneficiada en la disminución del pago de electricidad, sobre todo de aquellos planteles con altos índices de consumo. Por otro lado, las escuelas tendrán un recurso económico adicional que les permitirá mejorar su infraestructura física.

²⁴ Se consideró el tamaño promedio obtenido de las escuelas, equivalente a $1,175\text{m}^2$ y una reducción en el consumo de $12\text{kWh/m}^2\text{-año}$ por plantel. El factor de la huella de carbón utilizado fue de $0.6930\text{CO}_2\text{eq/kWh}$ (García Kerdán, 2011).

²⁵ Para el cálculo se consideró una tarifa promedio de \$2.30 + IVA, es decir, \$2.77. Se consideró un consumo promedio de $14,100\text{kWh}$ por año.

Conclusiones

Conclusiones

A lo largo del trabajo de investigación, observamos que el uso eficiente de la energía en las escuelas está tomando cada vez más importancia en el contexto global, no sólo por la conciencia que ya existe sobre los costos ambientales que implica la generación de energía, sino porque la escuela representa un espacio de gran potencial para el desarrollo sustentable. Desde la perspectiva de la educación ambiental, la escuela ha adquirido un rol protagónico ya que su naturaleza pedagógica permite la concientización de alumnos y maestros, con la consecuente proyección social en los ámbitos de acción, dentro y fuera de la escuela.

El ahorro de energía constituye por tanto, un elemento para el promover tanto el desarrollo social como la protección del medio ambiente, ya que las acciones dirigidas a la conservación de energía, trabajadas en colectividad, fomentan otro tipo de habilidades y aprendizaje en los participantes y propician una comprensión más profunda de la problemática ambiental que se traduce en acciones eficaces y mejores resultados.

En relación al consumo de los inmuebles, se presenta la falta de indicadores como un obstáculo para la evaluación de los inmuebles, pues muchos programas de energía se enfocan a reducir el consumo, pero no cuentan con parámetros de comparación para hacer una valoración objetiva. Una de las aportaciones de este trabajo es la obtención de Índices de Consumo de Energía Eléctrica para edificios escolares, los cuales se resumen en la Tabla 5.

Se obtuvieron indicadores específicamente para las escuelas primarias públicas del DF, por superficie de construcción, para clima templado *sin acciones correctivas*, es decir, sin intervenciones para el ahorro de energía.

A nivel internacional, se establecieron indicadores para edificios escolares con acondicionamiento de aire, tanto para inmuebles *sin acciones correctivas* como con

acciones correctivas, que podrán servir como parámetro de evaluación para futuros trabajos de investigación.

Índices de Consumo de Energía Eléctrica para edificios escolares

Internacional	ICEE Inicial (sin acciones correctivas)	116 kWh/m ² -año
	ICEE Final (con acciones correctivas)	63 kWh/m ² -año
Escuelas primarias SEP	ICEE Inicial (sin acciones correctivas)	52 kWh/m ² -año

Tabla 5.1. Índices de Consumo de Energía Eléctrica por superficie de construcción para edificios escolares. Elaboración propia (ver capítulo 3.1.)

Como contribución adicional de la investigación, se obtuvieron Índices de Consumo de Energía Eléctrica por número de alumnos, y por número de aulas, que también son herramientas de evaluación del consumo de las escuelas. Los índices se muestran en la siguiente tabla:

Índices de Consumo de Energía Eléctrica para edificios escolares

Escuelas primarias SEP	ICEE Inicial (sin acciones correctivas)	88 kWh/alumno-año
		2,740 kWh/aula-año

Tabla 5.2. Índices de Consumo de Energía Eléctrica por alumno y por número de aulas, para escuelas públicas del DF. Elaboración propia (ver capítulo 3.1.)

En el caso particular de las escuelas primarias públicas del DF, se realizó en el capítulo 3 una evaluación del uso de la energía bajo tres aspectos:

- a) Mediante la evaluación del grado de conciencia de la comunidad escolar se concluye que en algunos planteles se han llevado a cabo algún tipo de campaña de ahorro de energía pero que no han tenido el suficiente impacto en la conciencia de los alumnos, ya que sólo la mitad de los encuestados sabe que el uso de la energía causa daños en el ambiente, y/o toman acciones para contrarrestarlo. Se constató también que es en la familia y no en la escuela donde se fomenta con mayor empeño el hábito de ahorrar energía, lo que evidencia la necesidad de concientización del personal docente.

- b) En el caso de los edificios, se concluye que la mayoría son construcciones muy antiguas –de acuerdo al grupo de estudio, la escuela más reciente fue construida en 1995-. Se constata que estas escuelas presentan actualmente un promedio de consumo de energía más alto que otros inmuebles educativos en clima templado, a pesar de que a nivel internacional el consumo de estos edificios suele ser mucho mayor debido a la incorporación de sistemas de acondicionamiento de aire. Se concluyó también que la antigüedad del inmueble tiene una relación directa con los niveles altos de consumo energético, al igual que el tamaño de las escuelas, pues las escuelas con el menor consumo presentaron una mayor superficie de construcción a diferencia de las escuelas con el mayor consumo que tuvieron un área construida menor.

- c) Del análisis de políticas públicas y programas para mejorar el uso de la energía en las escuelas primarias se concluye que la energía –y la sustentabilidad en general– no ha sido hasta la fecha un tema en la agenda de las autoridades educativas, pues se han creado algunas iniciativas para las escuelas del norte del país donde el acondicionamiento de aire provoca un consumo sumamente elevado, pero en el DF no existe todavía un programa específico para el uso eficiente de la energía. Destacan las Jornadas de ahorro de energía eléctrica que promueve el FIDE, que reconocen la importancia de la cultura ambiental en los espacios escolares, y cuentan con una gran cantidad de material didáctico que está disponible para cualquier escuela que lo solicite.

Se confirma así que el consumo de energía en las escuelas primarias públicas del DF es alto en comparación con otros edificios de su tipo, pues son construcciones antiguas y no existe una cultura de ahorro energético por parte de la comunidad escolar ni de las autoridades relacionadas con estos edificios, por lo que es necesario implementar medidas que coadyuven a la disminución del consumo.

La propuesta presentada para un programa de ahorro de energía en las escuelas SEP, sitúa a alumnos y maestros como actores fundamentales a partir de la educación ambiental. El programa persigue, en una de las fases, la intervención a los inmuebles, pero no como el punto de partida sino como una consecuencia de la comprensión y el conocimiento de la

problemática por parte de la comunidad escolar. El enfoque del programa tiene múltiples beneficios, como la disminución en los niveles de consumo, pero sobre todo en la formación de alumnos y maestros como agentes activos en el uso eficiente de la energía.

Bibliografía

Bibliografía

- ANES, *Memoria de la XXIV Semana Nacional de Energía Solar*, 2000.
 - Pérez Sánchez, M. M. (2000). *Ahorros de energía y eficiencia en edificios*. México: ANES-ISES, Millennium Solar Forum.
- ANES, *Memoria de la XXV Semana Nacional de Energía Solar*, 2002.
 - García Chávez, R. (2002). *Criterios de sustentabilidad en los patrones de consumo de agua y energía en edificios educativos de nivel básico*.
 - Heras, F. et al. (2002). *Proyecto de eficiencia energética en iluminación en la UAM Iztapalapa*. ANES
- ANES, *Memoria de la XXVI Semana Nacional de Energía Solar*, 2004.
 - García Chávez, R. (2004). *Aplicación de estrategias de diseño bioclimático para ahorro de energía en edificios educativos institucionales*. ANES.
- ATPAE, *Memoria del XV Seminario Nacional sobre el Uso Racional de la Energía y Exposición de Equipos y Servicios*, 1994.
 - Sánchez, A. et al. (1994). *Uso eficiente de la energía en la UNAM: proyecto Acatlán*.
- Arias Montes, J. V. (2005). *Arquitectura Escolar 1932*. México: Colección Raíces, UNAM.
- Antolín Larios, J. C. (2009). Ahorro Futuro, Educar en la Protección del Medio Ambiente. *Revista Científica de la Fundación Iberoamericana para la Excelencia Educativa*, 2(4).
- Arrastía Ávila, M. A. (2002). *Ahorro de energía y respeto ambiental: bases para un futuro sostenible*. La Habana: Política.

- Arrastía Ávila, M. A. (2007). *Educación energética de respeto ambiental. Premisa para el desarrollo sostenible*. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico: Universidad de Santiago de Compostela.
- Casabianca et al. (2008) *Desarrollo de una guía de diseño para edificios escolares considerando pautas de eficiencia energética*. Centro de investigación Hábitat y Energía, FADU, Universidad de Buenos Aires.
- Caride, J. A. (2001). *Educación ambiental y desarrollo humano*. Barcelona: Ariel Educación.
- CONUEE. (s.f.). *Guía de iluminación eficiente en el hogar*. Recuperado el Diciembre de 2011, de Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía: <http://www.conuee.gob.mx>
- Edwards, B. (2005). *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona: Gustavo Gilli.
- Escobedo Izquierdo, Azucena (2009). *Análisis y modelación del consumo de energía eléctrica en edificios universitarios con base a usos finales y parámetros arquitectónicos: caso UNAM-CU*. Tesis doctoral UNAM.
- Europeas, P. O. (2006). *Educación energética: enseñar a los futuros consumidores de energía*. Luxemburgo: Comunidades Europeas.
- FIDE, Proyectos para el ahorro de energía para planteles educativos.
- García Abe, J. L. (1997). *Análisis de oportunidades para el ahorro y uso eficiente de la energía en planteles educativos del país*. México: Universidad La Salle.
- García Chávez, J. R. (2005). *Viento y arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico*. México: Trillas.
- García Kerdán, I. (2011). *Línea base del uso final de la energía eléctrica en edificios comerciales y de servicio de la república mexicana*. México: UNAM, Tesis de maestría.
- García Ramos, D. (1970). *Planificación de edificios para la enseñanza*. México: UNAM.
- Garduño, R. (4 de abril de 2010). México gasta mucho en educación, pero no mejora la calidad: Cámara de Diputados. *La Jornada*, pág. 26.

- Gilmartín, M. A. (2002). *Psicología ambiental*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Heras Montoya, L. (1997). *Comprender el espacio educativo*. Málaga: Ediciones Aljibe.
- Hernandez, P., Burke, K. (2008) 'ScienceDirect' *Development of energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: An example for Irish primary schools*.
- INIFED. (2009). *Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones*. México.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía Madrid, *Guía Técnica de Eficiencia Energética en iluminación*, 2001.
- ISES, *Solar World Congress*, 1994
 - Hoyano, A. et al. (1993). *Proposal of a school building with direct heat gain system*.
- Ledesma, S. (2006). *Evaluación del ahorro energético en iluminación artificial en aulas de edificios escolares en Tucumán*. ASADES.
- Melchiori M. et al. (2008). *Comportamiento energético y ambiental de establecimientos educativos de la red pública de Campinas, Brasil y La Plata, Argentina*. ASADES.
- Ministerio de Energía y Minas, República del Perú (2000) 'Manual de uso racional y eficiente de la energía en edificios públicos'.
- Morillón Gálvez, D. (2003). *Comportamiento bioclimático en la arquitectura*, Instituto de Ingeniería –UNAM.
- ONU. (1992). *Programa 21, Declaración de Río y Declaración sobre principios relativos a los bosques*. Río de Janeiro.
- Palacios, J. (1978). *La cuestión escolar*. Barcelona: Laia.
- Remess Pérez, M. (2008). Espacios educativos y desarrollo: alternativas desde la sustentabilidad y la regionalización. *Investigación y ciencia*(42).

- Santana, L. (2007). *Arquitectura escolar revolucionaria*. México: Tesis doctoral UNAM.
- Samuelson, N. S. (2005). *Microeconomía con aplicaciones a Latinoamérica*. México: McGraw Hill Interamericana.
- Serra Florensa, R., & Coch Roura, H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Tecla Jiménez, A. (2001). *El método ante la incertidumbre*. México: Taller Abierto.
- UNE. (2009). *La eficiencia energética en Cuba. Resultados y perspectivas*. La Habana: Unión Eléctrica.

Páginas web

- Instituto Nacional para la Infraestructura Educativa: www.inifed.gob
- Secretaría de Educación Pública: www.sep.gob.mx
- Matrix Fordham, disponible en <http://www.maxfordham.com/publications/schools-sustainability-matrix>
- Sistema Nacional de Información Educativa de la Secretaría de Educación Pública, disponible en: http://www.snie.sep.gob.mx/catalogo_nacional.html
- Guía Green Associate, elaborada por Patrick Flynn, LEED AP. Disponible en: <http://www.greenexamacademy.com/green-associate-exam-walkthrough/>