

El trabajo fue desarrollado por un equipo interdisciplinario en el que participaron estudiantes de licenciatura y maestría de las facultades de Economía, Ingeniería y Arquitectura, académicos del Instituto y de la Facultad de Ingeniería, y personal de la Dirección General de Obras y Conservación (DGO) y del propio PUMA.

Gracias al trabajo previo desarrollado por el Programa de Ahorro de Energía (PAE) de la Facultad de Ingeniería, a cargo del M. en I. Augusto Sánchez, del trabajo doctoral de Azucena Escobedo, de diversos proyectos del PUMA y de la información y la experiencia brindadas por la Dirección General de Obras y Conservación, a cargo del Ing. Francisco De Pablo, y su área de planeación, a cargo del M. en I. Jesús Esteve, el proyecto pudo desarrollarse con mayor amplitud y conocimiento.

El principal objetivo del proyecto fue estimar el consumo presente y futuro de energía en Ciudad Universitaria y las emisiones asociadas con gases de efecto invernadero (GEI).

El universo de estudio abarca toda Ciudad Universitaria y comprende tanto los edificios como las áreas verdes, los pasillos (andadores) techados, los campos deportivos, etc. La superficie construida de Ciudad Universitaria en 2011 era de 1 245 705 m², mientras que la superficie que ocupan las áreas exteriores, que incluye los estacionamientos y las vialidades, abarca 898 165 m². El crecimiento registrado por las edificaciones en CU ha sido en promedio de 1.96 % anual en el último quinquenio. La energía eléctrica llega a CU a través de cuatro acometidas en cuatro subestaciones; la alimentación de cada acometida se da en media tensión a 23 000 voltios y se distribuye por la red subterránea de 6300 voltios a cuatro subestaciones derivadas que a su vez distribuyen la energía por toda CU. Los diferentes edificios e instalaciones no cuentan con medidores; por lo tanto, no se conoce el consumo de electricidad por edificación o dependencia, lo cual dificulta la administración de la demanda eléctrica. Además, la facturación, que responde a una tarifa horaria a media tensión, se paga a nivel central.

La complejidad del objeto de estudio es el número de edificios con usos diferentes y, por lo tanto, las características también diferentes (magnitud y equipamiento), el plazo y los recursos disponibles para el desarrollo del proyecto llevaron a la decisión de:

- Utilizar estudios previos, diagramas unifilares (distribución de carga eléctrica) y planos del PAE, e inventarios de luminarias y planos de la DGO.
- Realizar una auditoría energética de primer nivel, que consistió en el levantamiento de información de equipos y usos a un grupo representativo de 197 edificios e instalaciones de CU (con usos no cubiertos por los estudios previos).

- Solicitar las facturas o bitácoras de carga de los combustibles más usados (GLP y diésel) de entidades, dependencias y restaurantes.

Los resultados del levantamiento y de los estudios previos se usaron para el cálculo de indicadores, con los cuales se estimó el consumo energético y de combustibles de toda CU. Se definieron 20 tipologías de edificaciones y espacios de acuerdo con su uso o actividad principal y con base en la clasificación del Sistema de Información de la Planta Física (SIPLAFI). Por otra parte, se definieron los principales usos finales de la energía eléctrica: iluminación, aire acondicionado, refrigeración/congelación, equipo de cómputo, calefacción, equipo especial (equipos de laboratorio), equipo de fuerza (bombeo, por ejemplo) y misceláneos, que consideran otros equipos menores.

La captura de los datos del levantamiento se hizo en una base de datos diseñada ad hoc para el estudio, a partir de la cual se realizaron posteriormente los cálculos de consumo de energía y emisiones por uso final y tipología.

Con la captura de la información de los diversos equipos, se estimó la potencia promedio de los mismos y el consumo de energía eléctrica promedio anual por usos finales, para las tipologías definidas, y a partir de esta información se estimaron los indicadores de energía por superficie construida.

Una vez obtenidos los indicadores de energía o potencia asociados con la superficie construida, se multiplica el indicador por tipología y uso final, por los metros cuadrados de construcción reportados por el SIPLAFI para cada tipología. Por ejemplo, a partir del levantamiento de información se conoce que en las aulas la potencia promedio para iluminación es de 16.7 W/m². Este indicador se multiplica por los metros cuadrados construidos de aulas en CU y las horas de uso promedio por tipología y se obtiene el consumo para iluminación en aulas.

Las emisiones de GEI se calcularon con base en la metodología del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006a) y la aprobada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, 2009) para energía eléctrica.

Los escenarios de emisión se construyeron para el año 2020 (año de proyección del Plan Rector de CU).

De la extrapolación realizada al aplicar los indicadores energéticos calculados a las superficies totales por tipología se obtuvo un consumo total de electricidad, para el año 2011, de 66 723 969 kWh, que representa el 80 % de la facturación estimada para el mismo año (83 572 527 kWh). La diferencia del 20 % entre la

facturación y los resultados del estudio se incorpora dentro de una tipología nueva que incluye “otros”, que refiere a los equipos no incluidos o no medidos y las pérdidas por distribución. La figura presenta el consumo de electricidad por uso final.



Consumo de electricidad por usos finales CU

La iluminación y la refrigeración acumuló el 49 % del consumo total de CU en 2011. Por otra parte, el mayor consumo de combustibles fue para calentamiento de agua (regaderas: 72 % del consumo de diésel, y alberca: 59 % del consumo de GLP).

INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI

Las emisiones de GEI asociadas con el consumo de energía en CU para el año 2011 alcanzaron las 49.58 millones de toneladas de CO₂ eq, y representan el 0.01 % de las emisiones nacionales y el 0.1 % de las emisiones del Distrito Federal. Las emisiones de CO₂ representan el 99.7 % de las emisiones totales.

La iluminación interior es el uso final que genera mayores emisiones, y en segundo lugar se ubica la refrigeración. El consumo de GLP para calentamiento de agua de la Alberca Olímpica produce casi la misma cantidad de emisiones que el aire acondicionado de todo CU.

De acuerdo con la metodología del IPCC (2006b), la incertidumbre en los resultados depende de las características de la información y del factor de emisión utilizado. Al incorporar el promedio de incertidumbres para extrapolación y factores de emisión, se obtuvo que las emisiones de CO₂ eq de CU asociadas al consumo de energía en edificaciones y áreas exteriores para el 2011 fue de 49.58 MtCO₂ eq ±20.3 %.

ESCENARIOS DE EMISIÓN PARA EL AÑO 2020

Para el escenario base, que asume que los indicadores energéticos permanecen constantes, se consideró que el crecimiento de CU responderá a lo proyectado en el Plan Rector de Ciudad Universitaria, en el que destaca el incremento de 17.95 ha para el desarrollo de actividades deportivas, seguido de 12.19 ha adicionales para los servicios y apoyo, mientras que para las activida-

des académicas y la difusión cultural se proyectó un crecimiento de 1.32 ha y 1.22 ha, respectivamente.

El incremento promedio esperado en el consumo de energía para el escenario base es de 9 % respecto al 2011. Las emisiones estimadas para ese incremento del consumo se elevan a 58.89 MtCO₂ eq 18.8 % más que las emisiones de 2011.

ESCENARIOS DE MITIGACIÓN

Los escenarios de mitigación suponen cambios de la tecnología convencional por otra tecnología que haga un uso más eficiente de la energía para los diferentes usos finales, o por tecnología renovable, como es el caso de la energía solar para el calentamiento de agua para la alberca y las regaderas.

Se definieron escenarios de mitigación para iluminación interior, aire acondicionado, refrigeración y calentamiento de agua para regaderas y alberca. No se incluyó la iluminación exterior, debido a la reciente sustitución realizada a la mayor parte de las luminarias de vialidades y estacionamientos de CU (lámparas de vapor de sodio de alta presión, VSAP, por lámparas de halogenuros metálicos cerámicos compactas). Para los demás usos el equipamiento es tan disperso (misceláneos) o específico (equipos especiales) que se requeriría un análisis muy detallado.





Del levantamiento realizado, se conoce que las tecnologías de iluminación interior en CU son diversas. En general, las propuestas más significativas implican la sustitución de T12 (que representa el 51 % del total de luminarias) por T8, de dicróicos por LED de 4W, de incandescente por lámpara compacta fluorescente. Para los edificios nuevos se considera la instalación de luminarias T5, cuyo ahorro alcanza el 45 % respecto a la tecnología T12 (FIDE, 2010). El ahorro en iluminación interior se presenta en las tipologías que corresponden a las áreas académicas, talleres de conservación y mantenimiento y oficinas administrativas, y solo para el porcentaje de edificios que presentaron iluminación convencional.

Por su parte, la sustitución de refrigeradores por equipo más eficientes solo se propuso para los equipos instalados en edificios exteriores, ya que no se tiene información de la cantidad, la edad de los equipos ni de sus usos en otras tipologías de espacios de CU. El ahorro promedio alcanzado por la sustitución de este tipo de equipos es del 30 % (FIDE, 2010).

Para computadoras, se estima que para el año 2020 puede alcanzarse un ahorro promedio, tanto de los equipos instalados como de los nuevos, del 50 %. Una computadora de pantalla plana consume hasta 70 % menos que una de cinescopio (FIDE, 2010).

En el caso del aire acondicionado se asume un ahorro promedio de 30 % por la sustitución de equipos instalados. Esto se sustenta en la eficiencia de los equipos en el mercado actual (FIDE, 2010).

El ahorro de energía eléctrica total es del 8 %, el cual proviene de un ahorro en iluminación interior del 12 %, en refrigeración del 12 %, en computación del 50 % y en aire acondicionado del 25 %.

Para el consumo de GLP y diésel, se consideró la incorporación de calentadores híbridos, solar-GLP para las regaderas y solar-eléctrico-GLP para la alberca olímpica. Para las regaderas de GLP el ahorro se considera modestamente del 30 % (supuesto en la norma de calentadores del GDF). Para las regaderas de diésel se considera sustitución de diésel por GLP y un ahorro modesto del 30 %. Para la alberca olímpica de CU se elaboraron varias opciones, y con base en un estudio desarrollado por el PAE-FI, la opción de mitigación elegida comprende la instalación de 950 celdas solares y 20 bombas de calor y el uso de las calderas actuales como respaldo.

La reducción de las emisiones de CO₂ eq en el caso de sustitución de equipos en las edificaciones actuales es de 5.3 MtCO₂ eq y representa un 10.7 % menos que el año base. ■■

Para mayor información sobre este proyecto contacte a los autores en la página del Instituto: www.ii.unam.mx.