

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

Existe la necesidad de fomentar una consciencia ambiental tanto en la sociedad en general como en los estudiantes, futuros líderes en sus respectivos campos de estudio. Es por eso que, en el ámbito de la ingeniería civil, resulta fundamental un cambio de enfoque que vaya de lo tradicional a uno más consciente y comprometido con el medio ambiente, es decir, un enfoque sustentable. Este enfoque ha logrado integrar y encontrar la sinergia entre las actividades humanas y el ambiente, demostrando que el bienestar social y el cuidado ambiental no están peleados con los aspectos económicos. Por otra parte, la aplicación de un enfoque sustentable en los proyectos de ingeniería civil, garantiza que un proyecto contará con una alta calidad técnica, con beneficios económicos a lo largo de la vida útil del edificio y con un mínimo impacto ambiental. En lo que se refiere a la concepción de las etapas de un proyecto de edificación, es necesario ampliar el esquema tradicional de tal forma que conciba al proyecto como un ciclo, no como un proceso lineal, que abarque desde la planeación hasta la remodelación y deconstrucción. La integración de estas nuevas etapas evitará que, al término de su vida útil, la edificación simplemente se abandone, convirtiéndose en basura y una fuente potencial de contaminación ambiental.

La sustentabilidad en los proyectos de ingeniería civil debe integrarse desde la concepción del proyecto, mucho antes de la planeación, lo cual implica un compromiso particular por parte del propietario con el nivel de sustentabilidad del edificio, meta que estará presente en todas las etapas y decisiones del proyecto. Es muy importante que desde la primera etapa se organice un *charrette* integrado por los jefes de proyecto de cada etapa, el propietario, y otros especialistas como arquitectos, abogados, economistas, consultores, etc.; de tal forma que, todos los involucrados en el proyecto estén enterados y adopten el enfoque sustentable que guiará al proyecto.

En la etapa de diseño, es vital el trabajo interdisciplinario y sinérgico de los miembros del *charrette* para proyectar el diseño óptimo del edificio que cumpla con los objetivos de sustentabilidad acordados en la planeación. De ahí el interés de concebir al proyecto como un todo, no como una suma de partes, de tal forma que la solución óptima comprenda los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales de todo el edificio.

En cuanto a energía se refiere, el primer paso para la disminución del consumo eléctrico en el edificio es la integración del diseño pasivo, el cual ayudará a reducir las cargas internas del edificio, al igual que la cantidad de materiales. Dicha reducción de cargas internas, generalmente, resulta en la disminución de las dimensiones y demandas de los sistemas *HVAC*. Es por eso que la simulación del rendimiento de estos sistemas, complementados con sistemas de recuperación de energía, estará en función de las cargas internas, diseño del edificio, características del equipo, entre otros. De ahí la importancia de la optimización integral del sistema. Además de los sistemas mecánicos *HVAC*, existen alternativas como los sistemas geotérmicos, de enfriamiento por radiación y de energía renovable que utilizan los recursos de manera sustentable. Otro aspecto importante es el aprovechamiento de la luz natural en los sistemas de iluminación, integrándola mediante sistemas *dimming* que compensan la falta de luz natural con luz artificial, evitando así un consumo innecesario de energía eléctrica. Finalmente, para lograr un control óptimo de los sistemas eléctricos, como iluminación, *HVAC*, motores, equipo de cómputo, red de telecomunicaciones, sensores, etc., es imprescindible la instalación de un sistema digital de control que permita administrar e integrar todos estos sistemas en un modelo de optimización energética que asegure el uso eficiente del recurso energía.

El uso eficiente del agua en el edificio se traduce en una reducción de costos operativos no solo por concepto de consumo de agua, sino también por consumo de energía. Para lograr esto se debe de optimizar el sistema hidrológico del edificio, que abarca desde la distribución del agua hasta su tratamiento in situ. Algunas de las alternativas para el uso eficiente de este recurso en el edificio son: la integración de dispositivos de bajo flujo, sistemas de captación y almacenamiento de agua pluvial, así como sistemas de reutilización de aguas grises. Una de las metas del diseño de un edificio sustentable es el lograr un diseño ecológico que genere una relación sinérgica entre los sistemas naturales y el edificio. Para esto, existen diversos sistemas como humedales y máquinas vivas para el tratamiento de aguas residuales, el *xeriscape* y el riego por goteo para la optimización del uso de agua en aplicaciones de jardinería.

El uso de suelo y el diseño del paisaje conforman un recurso que permite la innovación e integración de una edificación con su ecosistema, para lo cual existe una amplia gama de posibilidades como son: el *xeriscape*, pavimentos permeables y sistemas de bioretención que representan tecnologías de captación y control de agua pluvial para la recarga de mantos acuíferos. En cuanto al efecto isla de calor, la reducción de áreas puntuales de alta carga calorífica en la envolvente del edificio, se logra mediante la integración del medio ambiente a través de prácticas como son los jardines verticales, las azoteas verdes, y sistemas de bioretención.

La composición de los materiales utilizados en un edificio es un factor muy importante en su impacto ambiental a lo largo de su vida útil. Ya sea un proyecto de nueva construcción o remodelación, se debe buscar el uso de productos y procesos amigables con el ambiente que no contaminen o contribuyan innecesariamente con el aumento de residuos, que no tengan efectos adversos en la salud, y que no agoten los limitados recursos naturales. Un parámetro que nos permite saber la cantidad de energía usada para obtener un kilogramo de material, es la energía incorporada, aunque algunas veces, parámetros como las emisiones de gases o el uso de recursos no renovables suelen ser mucho más representativos e importantes para la evaluación del impacto ambiental del material. De ahí la importancia de realizar un análisis del ciclo de vida de los materiales, que incluya estos y otros parámetros, dándonos una visión más global de su rendimiento ambiental, que nos ayude en la elección de alternativas de materiales. Finalmente, la práctica del diseño para la deconstrucción y el desmontaje representa una estrategia que permite ampliar la vida útil de un material o producto, reduciendo al máximo los residuos que puedan contaminar al medio ambiente y la explotación de recursos mediante la reutilización y reciclaje de elementos del edificio.

Los proyectos de edificación sustentable frecuentemente implican una inversión adicional (del 2 al 15%) con respecto al costo inicial de un edificio tradicional. Sin embargo, los beneficios ambientales, sociales y económicos que genera el edificio a lo largo de su ciclo de vida son invaluable, y mucho mayores que la inversión adicional con un *payback* que va desde 2 a 8 años aproximadamente dependiendo de los sistemas implantados. En general se considera que una inversión adicional para la integración de tecnologías sustentables en el edificio, del orden del 2% de la inversión inicial generará beneficios económicos del orden de diez veces la inversión adicional.

Esto nos muestra que la magnitud de los beneficios será proporcional al grado de inversión adicional y del nivel de sustentabilidad para el cual se haya diseñado el edificio. De ahí la importancia de reflejar adecuadamente todos los beneficios de un edificio sustentable (reducción de costos operativos, aumento de su valor en el mercado, mejora del bienestar, salud, confort y productividad de los ocupantes, cuidado al ambiente, etc.) en un análisis económico que justifique la aplicación de las tecnologías y medidas sustentables presentes en el diseño. En el caso de los beneficios intangibles como la salud y la productividad, se recomienda sustentarlos mediante el estudio de los beneficios económicos obtenidos en edificios de este tipo.

El LCC representa un método de evaluación de proyectos sustentables que permite integrar y analizar los costos iniciales y operativos en un modelo de costos que toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, el costo del capital prestado, la inflación y otros factores financieros, los cuales son incorporados en el valor total presente neto de los costos anuales, valor de gran importancia económica al momento de elegir entre diversas alternativas para el proyecto.

La puesta en marcha es una actividad que a pesar de representar un costo adicional alrededor del 2% del costo inicial de la construcción, los beneficios que de ella se obtiene son invaluable dado que asegura que el edificio funciona como fue diseñado, lo cual implicara evitar costos adicionales por reparación o modificaciones futuras debido al mal funcionamiento de los sistemas de edificio.