

# CAPÍTULO 2. PRINCIPIOS PARA LA INTEGRACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN LOS PROYECTOS DE INGENIERÍA

## 2.1 El Proceso de Construcción Sustentable

En la búsqueda de la sustentabilidad en los proyectos de ingeniería civil ha surgido un sistema que nos permite tener un edificio de alto desempeño en términos de sustentabilidad. El sistema que se usa en el desarrollo de proyectos sustentables es diferente al de los proyectos convencionales dado que busca: que los miembros de los equipos de trabajo involucrados en las diferentes etapas del proyecto tengan experiencia en construcción sustentable; mayor comunicación entre los equipos; mayor interés en el rendimiento de todo el edificio que en sus sistemas individuales; procurar la protección del ambiente y salud de los trabajadores y ocupantes a lo largo de las diferentes etapas del proyecto; análisis cuidadoso de cada decisión con respecto a las implicaciones del uso de recursos a lo largo del ciclo de vida del proyecto; y el énfasis en reducción de residuos de construcción y demolición.

En el presente capítulo se analiza el contraste entre los sistemas tradicionales y los de un edificio sustentable de alto rendimiento (*HPGB* o *high-performance green building*), poniendo particular énfasis el proceso del *charrette*<sup>1</sup> como una herramienta muy valiosa dentro de los proyectos de construcción sustentable.

---

<sup>1</sup> La palabra francesa “*charrette*” significa “carro” y se utiliza a menudo para describir el trabajo y esfuerzo final ejercido por los estudiantes de arte y arquitectura para cumplir con una fecha límite del proyecto. El uso de este término se dice originario de la *École des Beaux Arts* en París durante el siglo XIX, donde los profesores circulaban un carro o “*charrette*”, para recoger los proyectos finales mientras frenéticamente los estudiantes daban los toques finales a su trabajo.

### 2.1.1 Sistemas tradicionales vs Sistemas de edificación de alto rendimiento

Existen diferentes sistemas para la contratación de los servicios de firmas que se encargaran del desarrollo del proyecto, ya sea solo del diseño, o de la construcción y el diseño, entre otros.

La adopción de alguno de estos sistemas va a depender de los esquemas que se manejen en el país en que se realizará la obra, a continuación se analiza el caso de México y E.U.

En el caso de México, se manejan diferentes esquemas<sup>2</sup>:

1. Obra Pública: Estos contratos pueden ser (a) diseño y construcción y (b) licitación primero del diseño y posteriormente licitación de la construcción.
2. Proyectos concesionados: los contratos son (a) DBOT (diseño, construcción, operación y transferencia, (b) BOT (construcción, operación y transferencia), y (c) Compra de activos (infraestructura existente que se pone a venta y se recupera la inversión operándola).

En el caso de Estados Unidos existen tres sistemas:

1. *Design-Bid-Build o Hard Bid*, cuyo principal objetivo es buscar el menor costo, los equipos a cargo del proyecto son independientes entre sí (equipo de diseño, contratista, subcontratistas, proveedores).
2. *Construction Management at Risk o Negotiated Work*, donde el propietario contrata de forma independiente los servicios de una firma de construcción y los del equipo de diseño.
3. *Design-Build*, se trata de un sistema en donde una sola entidad se encarga del diseño y la construcción, lo que significa que el propietario y dicha entidad estarán en contacto para cualquier asunto relacionado con el proyecto.

El sistema de un *HPGB* es una variante del esquema de *Negotiated Work* pero con un perfeccionamiento en la parte de colaboración y comunicación entre los equipos de trabajo involucrados en el proyecto. En este sistema la base fundamental recae en una estrecha colaboración entre todas las partes responsables del proyecto, el/los propietario(s), arquitectos, ingenieros, constructores, profesionales de gestión de propiedad y bienes raíces, supervisores, operadores, economistas, y demás interesados, a un nivel de toma de decisiones. Es indispensable el conocimiento y compromiso de los miembros de este equipo con el concepto de construcción sustentable y sus implicaciones, y en caso de que el edificio

---

<sup>2</sup> Arturo Moreno, "RE: Construction Delivery Systems", [en línea], 7 de mayo de 2010, Dirección URL: <[arturo.moreno@ica.com.mx](mailto:arturo.moreno@ica.com.mx)>, [consulta: 7 de mayo de 2010].

vaya a ser certificado, se necesita que estén capacitados en el dicho sistema de certificación. Así como la disponibilidad para trabajar en equipo, durante y fuera de las sesiones del *charrette*.

Uno de los objetivos clave del sistema *HPGB*, más allá de la concepción de un proyecto sustentable, es minimizar las relaciones adversas y mejorar la comunicación y colaboración entre las partes involucradas, además de tener la cualidad de transparencia a lo largo del proyecto.

### **El proceso del *charrette***

El *charrette* se refiere a cualquier sesión de colaboración en la cual un grupo de diseñadores de proyecto dan una solución a un problema de diseño. Si bien la estructura de un *charrette* varía, dependiendo del problema de diseño y de los integrantes del grupo, los *charrettes* usualmente se llevan a cabo en múltiples sesiones en las cuales el grupo se divide en subgrupos. Cada subgrupo presenta su trabajo a todo el equipo como material para un futuro diálogo. Estas sesiones sirven como un medio para generar rápidamente una solución de diseño al mismo tiempo que integran las aptitudes e intereses de un grupo diverso de profesionales.

El Instituto Nacional de Charrette (*NCI* o *National Charrette Institute*) declara que existen cuatro pasos básicos a seguir en un proceso *charrette*, los cuales son:

1. Inicio. Hablando en un contexto de un proyecto de construcción, el inicio de un *charrette* es muy simple. Implica determinar quiénes son las personas interesadas, involucrarlas en el proceso y establecer las metas para el *charrette*, determinando cuando y donde se llevarán a cabo el *charrette*, y notificar los detalles a los participantes.
2. Investigación, educación y conceptos. Antes de iniciar el *charrette*, el propietario, el facilitador del *charrette*, y los miembros del equipo de diseño deben discutir que información se necesitara para el *charrette*. Las instrucciones del propietario, los detalles del sitio, información acerca de los servicios públicos, y demás información pertinente debe ser reunida y preparada para el *charrette*. El lugar de reunión para el *charrette* debe ser apropiado en cuestiones de espacio y material apropiado para el mismo, como pizarrones blancos, rotafolios, un proyector, una pantalla de proyección, material de cómputo, etc.
3. El *charrette*. Generalmente, el *charrette* debe ser conducido por un facilitador especializado en el proceso de construcción sustentable. El proceso del *charrette* puede durar varios días y continuar en etapas hasta que sea completado. El primer paso se basará en un esfuerzo de instruir a todos los participantes en los requerimientos del

propietario y en el concepto de *high-performance green building*. El segundo paso será revisar los esquemas arquitectónicos previamente elaborados, la ubicación del edificio, la propuesta de presupuesto del proyecto, y el programa de obra. El tercer paso será exponer las metas del proyecto con respecto a sus aspectos de alto rendimiento. El propietario probablemente requiera que el edificio sea certificado a un cierto nivel, lo cual va a afectar muchas de las decisiones hechas durante el charrette. Una vez que estos pasos se hayan cumplido, y el equipo de proyecto y stakeholders entiendan el contexto del proyecto, el verdadero *charrette* comienza. El facilitador conducirá una sesión de lluvia de ideas para obtener información del grupo acerca de cada aspecto del proyecto, con un especial énfasis en la sustentabilidad del edificio. Durante el charrette, el grupo debe tener un cuadro de mando en marcha a fin de ver como las decisiones tomadas durante el proceso impactan la clasificación del edificio en términos de certificación. El aspecto económico de cada decisión también debe de tomarse en cuenta, y el gerente de construcción deberá asegurar la disponibilidad de la información necesaria para establecer un costo conceptual estimado a fin de entregárselo al propietario para su revisión.

4. Examinar, revisar y finalizar. Después de que el *charrette* se haya concluido, el equipo de diseño revisa los resultados con el propietario, hace los ajustes y cambios necesarios, y después elabora un reporte del charrette que guiará el proceso de diseño.

### 2.1.2 Ejecución del proyecto de construcción sustentable

Una vez lograda la programación y presupuestación del proyecto de construcción deseado por el propietario, se procede a su ejecución, que consta de las siguientes fases:

1. Seleccionar el equipo de proyecto, ya sea el equipo de diseño y el gerente de construcción, o la firma de diseño-construcción.
2. Establecer prioridades del proyecto de construcción sustentable por parte del propietario en colaboración con el equipo de proyecto.
3. Adoptar un Proceso de Diseño Integral<sup>3</sup> (*IDP o Integrated Design Process*), dar a conocer al equipo de proyecto el concepto de IDP y cómo será implementado durante los procesos de diseño y construcción.
4. Dirigir un *charrette* con el fin de tener una aportación de ideas de una amplia variedad de personas involucradas en el proyecto, incluyendo el equipo de proyecto, el propietario y los usuarios, la comunidad y otros interesados.

---

<sup>3</sup> El proceso de diseño integral o IDP es un proceso caracterizado por una interacción interdisciplinaria a fin de maximizar la sinergia en el diseño.

5. Inicio del proceso de desarrollo del diseño esquemático, esquemático avanzado, especificaciones técnicas, y documentación de las medidas de sustentabilidad para el proyecto en caso de que vaya a ser certificado, todo siguiendo un IDP.
6. Construcción del proyecto, que incluya integración de medidas sustentables referentes al suelo y control de la erosión, reducción al mínimo de la alteración del sitio, protección de flora y fauna, minimización y reciclado de residuos de la construcción, aseguramiento de la salud del edificio, y documentación de las medidas sustentables aplicadas en ésta etapa.
7. Puesta en marcha del proyecto y entrega al propietario.

### 2.1.3 El papel del propietario

La construcción de un edificio sustentable de alto rendimiento (*HPGB*) involucra aspectos que deben ser analizados por el propietario antes de la etapa de diseño, algunos ejemplos son:

- Certificación como *HPGB*. Deberá decidirse bajo qué método se quiere certificar el edificio, LEED, Green Globes, BREEAM, etc. de acuerdo al país en el que se construya el proyecto así como el enfoque que se le quiera darle. Más se tratarán los métodos de certificación.
- Nivel de certificación. Esto va a depender de cada método, y conforme a esta selección del nivel, los costos serán proporcionales. Entre más alto sea el nivel, mayor será la cantidad de equipos y costos que involucra. Para esto, los análisis de costos del ciclo de vida (*LCC o Life Cycle Costing*) le darán una idea más clara al propietario de lo que económicamente significa elevar el nivel de certificación.
- Edificio sustentable sin certificación. Se decidirá que lineamientos adoptará el equipo de proyecto. Seguirá las recomendaciones de alguno de los métodos de certificación existentes lo cuales cuentan con recomendaciones y criterios a aplicar el desarrollo de un edificio sustentable. En caso de que el propietario decida no seguir métodos de certificación, deberá comunicarle a su equipo de proyecto el criterio que deberán seguir en el proyecto.
- Preparación que se desea de los miembros del equipo de proyecto en el desarrollo de un *HPGB*. Es muy recomendable que tengan experiencia en el campo de la construcción sustentable y sólidos conocimientos del método a seguir en el proyecto. Por ejemplo, si uno de los puntos a evaluar es el contenido de material reciclado, el gerente de construcción deberá de ponerse en contacto con sus sub-contratistas para pedirles la

- Nivel de inversión adicional para el proyecto. Deberá analizarse cuánto se está dispuesto a sacrificar los costos iniciales del proyecto a cambio de la reducción de los costos de operación. Esto es porque, pese a que los edificios sustentables implican bajos costos operativos a lo largo de su ciclo de vida, también representan una inversión inicial mayor a cualquier otro edificio convencional. De ahí la importancia del *LCC* que brinda un análisis de costos vs beneficios anuales indicándole cual es el punto de equilibrio de su inversión, para que con base en esto, el propietario decida si este punto es satisfactorio y si el costo capital adicional está garantizado.

## **2.2 El Proceso de Diseño Integral (IDP)**

El Proceso de Diseño Integral ha sido desarrollado con base en una experiencia obtenida de la demostración de un programa canadiense para edificios sustentables de alto rendimiento (*HPGB*), el programa C-2000. Este programa fue diseñado en 1993 como una demostración de niveles muy altos de rendimiento. Sus requisitos técnicos abarcaban aspectos como rendimiento energético, impactos ambientales, calidad del ambiente interior, funcionalidad y otros parámetros. Los objetivos tan ambiciosos de rendimiento de este programa llevaron a sus directivos a creer que los incrementos de costos para el diseño y la construcción serían sustanciales, y se tomaron medidas para poder solventar los costos incrementales en ambas etapas.

Sin embargo, después de que se diseñaron seis proyectos de los cuales dos fueron completados, se encontró que el incremento en costos fue menor al esperado, una parte debido al hecho de que los diseñadores usaron tecnologías menos sofisticadas y caras que las previstas. A pesar de estos cambios, los proyectos alcanzaron los niveles de desempeño requeridos. Todos los diseñadores coincidieron que la aplicación del proceso de diseño requerido para el programa C-2000 fue la principal razón por la cual los altos niveles de desempeño pudieron ser alcanzados. También parece que la mayoría de los beneficios obtenidos fueron logrados durante las primeras etapas del proceso de planeación y diseño.

El programa C-2000 es ahora llamado el Proceso de Diseño Integral (*IDP*), y las intervenciones en el proyecto ahora están enfocadas en proveer asesoramiento en las primeras fases de la planeación y diseño (Larson, 2004).

### 2.2.1 El proceso de diseño convencional

Con el fin de entender que es el *IDP*, es conveniente caracterizar primero el proceso de diseño convencional. El proceso generalmente comienza con el propietario y el arquitecto acordando un concepto del diseño, integrado por un esquema general, orientación y espacios para ventanas, puertas, de donde, usualmente, la apariencia exterior y los materiales básicos quedan determinados por estas características. Posteriormente se consulta con los ingenieros mecánicos y eléctricos cuáles serán los sistemas más apropiados para el diseño. Los ingenieros civiles y los arquitectos trabajan en el diseño del paisaje, estacionamientos, pavimentos e infraestructura basados en el concepto previamente acordado por el dueño. Y finalmente cada fase del diseño es llevada a cabo de la misma manera, con una mínima o nula colaboración interdisciplinaria.

Aunque muy simplificado, este es el proceso general que siguen la mayoría de las firmas de diseño, además de que generalmente limita el posible desempeño a niveles convencionales. El resultado del diseño tradicional es un proceso lineal y no colaborativo en el cual ningún objetivo está claramente establecido y el desempeño del edificio es prácticamente aleatorio y no optimizado. Cada disciplina trabaja como una entidad aislada, con relaciones interdisciplinarias al mínimo. Existe una limitada posibilidad de optimización durante el proceso tradicional, mientras que la optimización en etapas posteriores del proyecto es muy difícil.

Todos estos resultados posibles reflejan un proceso de diseño que parece ser rápido y simple, pero cuyos verdaderos resultados son altos costos de operación y un ambiente interior por debajo de los estándares; y estos factores a su vez pueden reducir en gran medida el alquiler a largo plazo o el valor de los activos de una propiedad. Dado que el proceso de diseño convencional generalmente no involucra simulaciones de la eficiencia energética prevista, la pobre eficiencia y los altos costos operativos resultantes son a menudo aspectos que sorprenden a los dueños, operadores y usuarios, ya que nunca esperaron tan bajo rendimiento de su proyecto.

Si los ingenieros y especialistas involucrados en este proceso son hábiles, ellos podrán sugerir un sistema avanzado de calefacción, ventilación y aire acondicionado (*HVAC o Heating, Ventilating and Air Conditioning*) de alto rendimiento, pero su implementación en una etapa tardía del proceso de diseño resultará en aumentos en el rendimiento marginal, combinado con considerables aumentos en los costos de capital. La causa fundamental es que la introducción de sistemas de alto rendimiento en las últimas etapas del diseño no puede superar las desventajas impuestas por decisiones iniciales incompatibles o de pobre diseño.

## 2.2.2 El proceso de diseño integral

El proceso de diseño integral (*IDP*) tiene impactos en el equipo de diseño que lo hace diferente del proceso de diseño convencional en diferentes aspectos. El cliente toma un papel más activo que de costumbre; el coordinador de proyecto pasa a ser el líder del equipo en lugar del que solo le da la forma al proyecto; y los ingenieros civiles, mecánicos y eléctricos toman papeles activos desde las primeras fases del diseño.

El *IDP* es un proceso de diseño en el cual múltiples disciplinas y aspectos de diseño aparentemente no relacionados entre sí, son integrados de tal forma que permita la obtención de beneficios sinérgicos. El objetivo de éste proceso es el de optimizar todo el proyecto de edificación. Los requisitos en cuanto a comunicación son intensos, sin parar, y en todas las etapas del proyecto, desde el diseño hasta la construcción, puesta en marcha, entrega al propietario, y análisis post-ocupación. Un proceso de diseño integral empieza desde el principio del proceso de diseño, con el equipo de trabajo estableciendo los objetivos para el proyecto y determinando las oportunidades para las sinergias en las cuales las soluciones de diseño tienen múltiples beneficios para el proyecto. El *IDP* está diseñado para permitir al cliente y demás personas involucradas desarrollar y entender claramente los objetivos definidos y desafiantes en cuestiones de funcionalidad, ambiente y economía, entre otros.

Este proceso usualmente incluye estrategias de diseño sustentable dentro del criterio convencional de diseño para la forma, funcionamiento, desempeño, y costo del edificio. La clave del éxito del *IDP* es la participación especialistas de diferentes campos: arquitectura general, diseño de interiores, sistemas *HVAC*, sistemas eléctricos y de iluminación, estructuras, hidráulica, ambiental, geotecnia, arquitectura del paisaje, economía, derecho, costos, por mencionar algunos. Al reunirse en un *charrette* y tratar puntos clave en el proceso de diseño, estos participantes a menudo pueden identificar soluciones muy atractivas a necesidades del diseño que de otra forma no se hubieran encontrado. En un enfoque de diseño integral, el ingeniero eléctrico, por ejemplo, calculará el consumo de energía y sus costos en una etapa temprana del diseño, informando a los diseñadores las implicaciones del consumo de energía con respecto a la orientación, configuración, ventanas y puertas, sistemas mecánicos, y opciones de iluminación.

El proceso de diseño integral no contiene elementos radicalmente nuevos, sin embargo, integra enfoques ampliamente eficientes dentro de un proceso sistemático total. Las habilidades y experiencia de ingenieros, consultores, arquitectos y demás personas a cargo del proyecto se aprovechan mucho mejor en las primeras etapas del proyecto, la planeación y el diseño.

Entre más temprana sea la etapa en la que se inicia el IDP, mayores serán los posibles ahorros y menor el costo de las modificaciones al diseño del edificio (Figura 2.1).

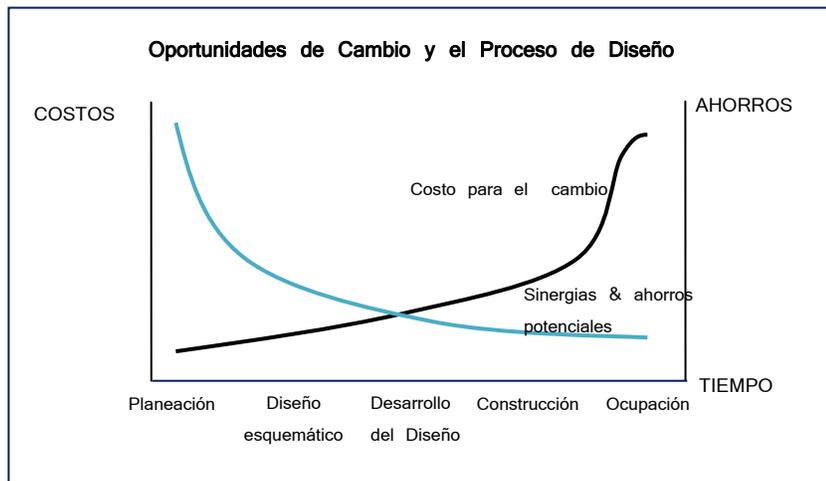


Figura 2.1 Oportunidades de cambio y el proceso de diseño. Fuente: *C.J. Kilbert, Sustainable Construction, 2009*

El IDP es un proceso colaborativo que se enfoca en la planeación, diseño, construcción, operación y ocupación de un edificio a través de todo su ciclo de vida, incluye desde estrategias del edificio como un todo, hasta llegar a niveles más específicos, a fin de realizar soluciones integrales óptimas.

Existen varias áreas potenciales para el proceso de diseño integral en cualquier -proyecto de construcción: la envolvente del edificio, el esquema de iluminación natural, techos verdes, calidad ambiental interior, el ciclo hidrológico del edificio, entre otras.

### 2.2.3 Elementos principales del IDP

Además de la definición de IDP, los principales elementos del IDP son:

- Trabajo interdisciplinario entre arquitectos, ingenieros, especialistas de costos, personal de operación, y otros encargados del proyecto desde el principio del proceso de diseño.
- Discusión de la importancia relativa a aspectos relacionados con el rendimiento y el establecimiento de un consenso entre el cliente y los diseñadores.
- La integración de un especialista en energía, para poner a prueba las diversas hipótesis de diseño mediante el uso de simulaciones durante todo el proceso, para proporcionar información objetiva en aspectos clave de rendimiento energético.
- La integración de especialistas (iluminación natural, aislamiento térmico, confort, marketing, selección de materiales, etc.) para consultas por parte del equipo de diseño.

- Una concisa explicación de los objetivos y estrategias de rendimiento que se actualizarán durante todo el proceso por el equipo de diseño.
- En algunos casos, se integra al equipo un orientador de diseño para incrementar el rendimiento a través del proceso y llevar los conocimientos especializados a la mesa.

#### **2.2.4 Pasos de un IDP**

1. El equipo de proyecto establece objetivos de desempeño relativos a una gran variedad de parámetros incluyendo; energía, agua, residuos, la función del paisaje, cuestiones de calentamiento puntual, calidad ambiental interior, y residuos de demolición y construcción, por nombrar algunos. A su vez, el equipo de proyecto desarrolla estrategias para lograr los objetivos. Deben involucrarse las habilidades de todos los miembros del equipo para lograr el diseño de un edificio óptimo, así como para orientar al propietario en la dirección correcta hacia una solución de diseño óptimo. Por ejemplo, los ingenieros mecánicos poseen mayores conocimientos en termodinámica que los arquitectos, de ahí que sean indispensables en el diseño de la envolvente del edificio.
2. El equipo debe minimizar las cargas para los sistemas HVAC y maximizar el potencial de la iluminación natural, mediante la orientación, la configuración del edificio, una envolvente eficiente, una cuidadosa evaluación de la cantidad, tipo y ubicación de ventanas, puertas, domos, etc. Debe haber un adecuado balance de cargas en los enchufes del edificio en función del uso futuro que se le va a dar, ya sea para computadoras, sistemas de audio, impresoras, etc. Es necesario minimizar las cargas mencionadas y seleccionar equipo cuyo consumo de energía sea el mínimo con el fin de alcanzar los niveles de rendimiento de un edificio sustentable de alto rendimiento. La amplia gama de aspectos de calidad del ambiente interior deben de ser tomados en cuenta, para incluir calidad del aire, ruido, calidad de la iluminación, temperatura y humedad, y olores, en la evaluación. El equipo debe colaborar también en aspectos del sitio a fin de maximizar el uso de sistemas naturales, minimizar los espacios a pavimentar, aprovechar los árboles para enfriamiento y calentamiento del edificio, e integrar sistemas de recolección de agua pluvial y de tratamiento de aguas residuales, así como diseñar el ciclo hidrológico del edificio.
3. El equipo debe buscar maximizar el uso de energías renovables al igual que el uso eficiente de sistemas HVAC, manteniendo los objetivos de desempeño para la calidad del ambiente interior, confort térmico, control del ruido, y calidad y niveles de iluminación.
4. El resultado del proceso deberá incluir alternativas de diseño, empleando simulaciones de energía, iluminación, entre otras, para su análisis y evaluación. Posteriormente se seleccionarán las opciones con mejor rendimiento para su futuro desarrollo.

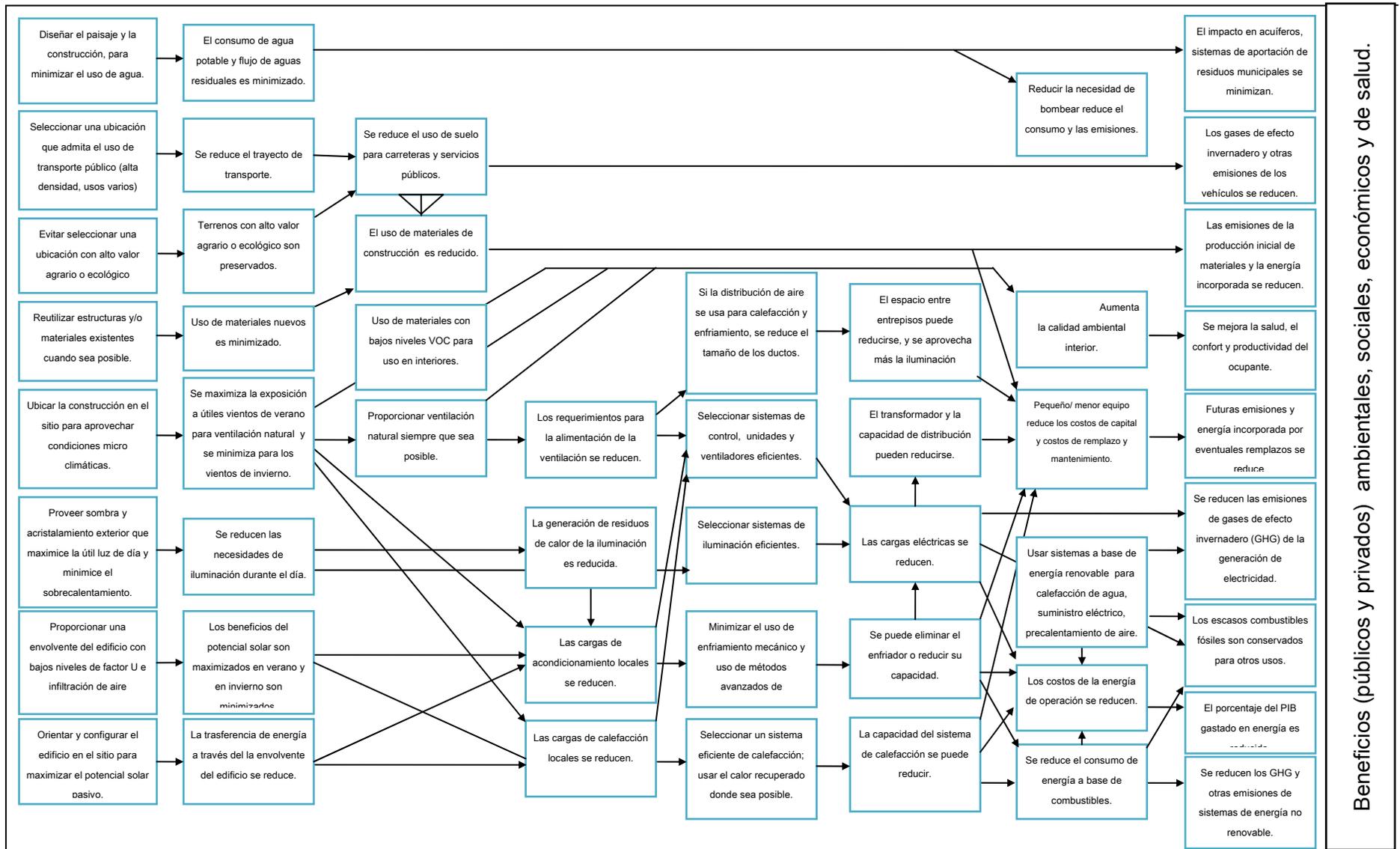
Los mayores beneficios ocurren cuando la decisión de implantar el IDP es hecha antes de empezar el proceso de diseño, de tal forma que el equipo de proyecto tenga la oportunidad de establecer objetivos clave que guíen el proceso de diseño. El resultado del IDP debe ser un completo entendimiento del potencial de las sinergias del diseño y su relación con los objetivos del proyecto para el diseño final del edificio. Lo que significa que el proyecto reducirá su consumo de recursos, su impacto ambiental y mantendrá al sitio de proyecto con un nivel máximo de potencial ecológico. La Figura 2.2 es un esquema que muestra cómo los objetivos del proyecto pueden integrarse al IDP para producir una gran variedad de beneficios, tanto para el proyecto como para el ambiente.

### 2.2.5 Etapas técnicas del IDP

#### A. Evaluar las condiciones del sitio

1. Evaluar la estabilidad del suelo y la capacidad de carga.
2. Evaluar la calidad ecológica del sitio.
3. Si es un terreno que fue usado como zona industrial, tomar medidas para remediar las condiciones.
4. Analizar el suelo con respecto a la presencia de posibles contaminantes radioactivos.
5. Identificar características en terrenos adyacentes que puedan limitar el diseño del edificio en cuestión.
6. Evaluar la compatibilidad de estructuras existentes en el sitio que puedan ser adaptadas al nuevo uso que se le dará al sitio.
7. Identificar el área de la estructura existente en el sitio que pueda ser parcialmente o totalmente reutilizada.
8. Evaluar la conveniencia de reutilizar materiales y componentes de la estructura existente en el sitio en el nuevo edificio planeado para el sitio.
9. Preparar un *Informe de Condiciones del Sitio*.

Figura 2.2 El IDP ayuda a lograr las sinergias en el diseño al estimular la colaboración interdisciplinaria que resulta en estrategias sustentables enlistadas en la primera columna de la izquierda de este proyecto ejemplo, las cuales se traducen en beneficios para el dueño del edificio y sus ocupantes al igual que para el ambiente global. Fuente *C.J. Kilbert, Sustainable Construction 2009*.



- B. Examinar el Programa, establecer los objetivos y estrategias de rendimiento
  - 1. Determinar si los espacios requeridos pueden satisfacerse por medio de la renovación del lugar, en vez de una nueva construcción.
  - 2. Considerar el posible impacto de la ubicación del proyecto en los requerimientos de transporte de materiales.
  - 3. Evaluar la capacidad del programa en curso para soportar usos diversos y operaciones sustentables.
  - 4. Confirmar el compromiso del cliente para apoyar las medidas que se requieran para asegurar un alto rendimiento.
  - 5. Desarrollar una declaración inicial de los objetivos de rendimiento, metas y estrategias que los respalden.
  - 6. Asegurar que el programa es capaz de soportar un alto rendimiento.
  - 7. Revisar las cuestiones de presupuesto y periodo de retorno de la inversión para hacerlos compatibles con los objetivos de desempeño.
  - 8. Preparar un *Programa de Funcionalidad y un Informe de Objetivos de Desempeño*.
  
- C. Reunir al equipo de diseño
  - 1. Asegurarse que el equipo de diseño propuesto está consciente de que el proyecto tiene objetivos de alto rendimiento.
  - 2. Identificar y mantener a los miembros del equipo de diseño con habilidades y experiencia relacionada con el programa.
  - 3. Si el presupuesto lo permite, incluir bonos de alto rendimiento en los contratos de los diseñadores principales.
  
- D. Trabajar en un taller de diseño
  - 1. Desarrollar dibujos esquemáticos para tenerlos como línea de referencia.
  - 2. Realizar simulaciones de energía para el edificio en cuestión.
  - 3. Invitar y reunir a los participantes del taller de diseño, incluyendo al cliente, equipo de diseño y especialistas.
  - 4. En el taller, presentar las simulaciones de energía para proveer un punto de inicio para el debate.
  - 5. Desarrollar dos o tres opciones esquemáticas que puedan mejorar el rendimiento del diseño analizado.
  - 6. Entablar un debate abierto del rendimiento, costo y otras implicaciones.
  - 7. Continuar con un desarrollo más detallado de la opción más atractiva después del taller, incluyendo simulaciones de energía preliminares y estimaciones de costos.
  - 8. Incorporar talento nuevo en caso de ser necesario.

9. Resumir los resultados del taller en un *Informe de Taller de Diseño*, y distribuirlo a todos los responsables del proyecto.
- E. Considerar los aspectos de desarrollo del sitio
1. Minimizar el impacto del edificio en el sitio.
  2. Minimizar la pérdida del potencial solar y de viento, de iluminación natural y otros aspectos.
  3. Considerar medidas para minimizar el impacto en la ecología del subsuelo y acuíferos.
  4. Desarrollar planes preliminares del paisaje para proporcionar protección contra el viento, sombra, y para minimizar la demanda de agua.
  5. Asegurar que el edificio constituirá una contribución positiva al paisaje urbano.
  6. Realizar una evaluación de impacto ambiental.
  7. Resumir los aspectos de desarrollo del sitio en un *Plan de Impacto del Sitio de Proyecto*.
- F. Crear el concepto del diseño
1. Ultimar detalles de los objetivos de rendimiento.
  2. Desarrollar un plan conceptual, usando los requerimientos de funcionalidad como punto de inicio.
  3. Orientar el edificio para optimizar el potencial pasivo de la luz solar, y relacionar la colocación de ventanas, puertas y demás espacios libres con las características de la orientación.
  4. Establecer la configuración y espesor de losas de entrepiso para balancear la luz solar y el potencial térmico del edificio.
  5. Considerar el papel de los sistemas de ventilación mecánicos, híbridos o naturales.
  6. Considerar si es necesaria la implantación de sistemas de enfriamiento.
  7. Analizar el potencial de los sistemas de energía renovable.
  8. Evaluar las formas más eficientes de sistemas HVAC no renovables.
  9. Determinar distancia entre losas de entrepiso, tomando en cuenta posibles usos futuros.
  10. Realizar un primer juego de simulaciones detalladas de energía o análisis de energía.
  11. Preparar el *Informe de Concepto del Diseño*.

G. Seleccionar la estructura del edificio

1. Considerar la separación entre columnas y la posición del centro de carga del edificio.
2. Tomar en cuenta medidas para reducir la energía incorporada de la estructura.
3. Analizar opciones de almacenamiento térmico usando la estructura como un disipador de calor.
4. En usos residenciales, enfocarse en el diseño de balcones.
5. Realizar el diseño final de la estructura del edificio tomando en cuenta las consideraciones anteriormente mencionadas.

H. Elaborar el diseño de la envolvente del edificio

1. Seleccionar sistemas básicos de muros exteriores.
2. Asignar la posición de ventanas, puertas y demás espacios libres en función de la orientación del edificio a fin de optimizar los beneficios térmicos y de iluminación natural.
3. Optimizar el rendimiento térmico y potencial solar de ventanas, puertas, etc.
4. Considerar el uso de ventanas operables, en lugar de ventanas fijas.
5. Enfocarse en medidas que reduzcan la energía incorporada en la envolvente del edificio.
6. Optimizar los detalles de la envolvente y del rendimiento térmico.
7. Realizar un segundo juego de simulaciones detalladas de energía.

I. Desarrollar diseños preliminares de sistemas de iluminación y energía.

1. Elaborar el diseño preliminar del sistema de iluminación.
2. Elaborar el diseño preliminar del sistema de control.
3. Calcular los requerimientos de energía para los futuros inquilinos y equipo eléctrico a instalar.
4. Optimizar la eficiencia energética de los sistemas de elevadores.
5. Desarrollar estrategias para satisfacer la demanda máxima.
6. Resumir aspectos de iluminación para el *Plan de Desempeño de Productividad y Confort*.

J. Elaborar diseños preliminares de los sistemas HVAC

1. Desarrollar el diseño preliminar del sistema de ventilación.
2. Desarrollar el diseño preliminar para la planta de calefacción central.
3. Desarrollar el diseño preliminar para la planta central de aire acondicionado.
4. Considerar opciones de almacenamiento de calor usando sistemas mecánicos.
5. Elaborar el diseño preliminar para los sistemas de entrega HVAC.

6. Elaborar sistemas de control HVAC preliminares.
7. Concluir las simulaciones de energía evaluando el desempeño del diseño de todo el edificio.
7. Resumir cuestiones de HVAC para el *Plan de Desempeño de Productividad y Confort*.
8. Preparar el *Informe de Desarrollo del Diseño*.

K. Seleccionar materiales

1. Minimizar el uso de materiales o componentes que dependen de recursos materiales escasos.
2. Seleccionar materiales que tengan un balance entre durabilidad y baja energía incorporada.
3. Tomar en cuenta la reutilización de componentes y el uso de materiales reciclables.
4. Diseñar los ensamblajes y sus conexiones para facilitar su desmontaje en un futuro.
5. Seleccionar materiales para acabados interiores que minimicen los componentes orgánicos volátiles y otras emisiones.

L. Concluir el diseño y la documentación

1. Terminar el plan de desarrollo del sitio enfocándose en minimizar el consumo de agua potable.
2. Diseñar los sistemas sanitarios y de plomería para minimizar el consumo de agua.
3. Promover la reutilización de aguas grises.
4. Diseñar los sistemas de captación y aprovechamiento de agua pluvial.
5. Diseñar los sistemas de tratamiento de agua residual en el sitio.
6. Finalizar los detalles de la envolvente en términos de un adecuado análisis de igualdades de presión en la implementación de sistemas de protección contra la lluvia.
7. Completar el diseño del sistema de iluminación.
8. Terminar los diseños de los sistemas HVAC.
9. Confirmar que existe un espacio adecuado para los sistemas comunicación y de datos.
10. Seleccionar sistemas de control para la administración energética del edificio.
11. Revisar el uso de materiales a fin de minimizar los residuos.
12. Realizar un set final de simulaciones de energía.
13. Preparar un *Plan final de Adaptabilidad y Longevidad*.
14. Preparar un *Informe del Costo del Ciclo de Vida (LCC)*.
15. Preparar un *Plan final de Productividad y Confort del Usuario*.

- M. Desarrollar estrategias para garantizar la calidad en la construcción
1. Crear un plan para minimizar residuos de construcción y demolición durante la construcción.
  2. Elaborar un *Plan de Gestión del Impacto Final en el Sitio*.
  3. Elaborar un *Plan de Control de Calidad Final*.
  4. Desarrollar un *Plan de Puesta en Marcha* para los sistemas más importantes.
  5. Preparar el *Informe de Pre-Construcción*.
- N. Desarrollar estrategias de control de calidad para la operación.
1. Designar un representante del dueño en la puesta en marcha.
  2. Elaborar un *Plan de Operación y Mantenimiento*.
  3. Elaborar un *Plan de Gestión del Impacto Ambiental Final*.
  4. Crear instrumentos de arrendamiento con incentivos para los inquilinos para operar eficientemente el espacio.
  5. Capacitar al personal del edificio para operar el equipo eficientemente.
  6. Preparar un *Informe de Terminación de Proyecto*.
- O. Seguimiento
1. El Dueño/Operador proporcionarán informes en cuestiones de operación, mantenimiento y cuentas por servicios públicos.
  2. Realizar un estudio de *Evaluación Post-Ocupación*.

### 2.3 Certificación de Edificios Sustentables

Antes de 1990, el concepto de sustentabilidad, nuevo en la industria de la construcción, era un tanto ambiguo, ya que dependía del enfoque que cada arquitecto o ingeniero le diera según su propio punto de vista, tomando en cuenta que un edificio sustentable tenía que ser altamente eficiente en términos del uso de recursos, así como amigable con el ambiente.

Fue hasta 1990 que el gobierno británico lanzó el primer sistema, a nivel mundial, de certificación de edificios sustentables que identifica criterios que especifican no solo si un edificio es sustentable, sino que nivel de sustentabilidad tiene, esta normatividad es el BREEAM (*BRE Environmental Assessment Method*<sup>4</sup>). En 1998, el Consejo de edificación sustentable de E.U. (*USGBC* o *U.S Green Building Council*) creó su propio sistema de

---

<sup>4</sup> BREEAM: Método de evaluación ambiental BRE.

evaluación llamado LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*<sup>5</sup>) cuya certificación se basa en puntaje en función del cumplimiento de criterios específicos en diversas categorías enfocadas en la sustentabilidad del edificio, ésta certificación tiene cuatro niveles: Platino, Oro, Plata o Certificado. El CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*<sup>6</sup>) creado en el 2001 por el Consejo de edificación sustentable de Japón (*JaGBC o Japan Green Building Council*) equivale a la certificación LEED Platino, la principal diferencia con el sistema LEED es que la certificación CASBEE empieza en el pre-diseño y termina con visitas al sitio después de que el edificio es terminado, en cambio la certificación LEED evalúa solo el diseño y la construcción. Australia por su parte desarrolló su sistema de certificación, Green Star en el 2003, a cargo del Consejo de edificación sustentable de Australia (*AGBC o Australian Green Building Council*), el cual ha sido ampliamente implantado en el diseño y construcción de edificios comerciales. En el 2005 en México nace el Consejo Mexicano de la Edificación Sustentable, miembro oficial del Consejo mundial de edificación sustentable (*WGBC o World Green Building Council*).

Actualmente, solo nueve de cincuenta y nueve países miembros del *WGBC* han desarrollado su propio sistema de evaluación que satisfacen las necesidades locales de cada país. Por otra parte, los miembros del *WGBC* que aún no tienen su propio sistema pueden usar cualquier sistema de evaluación que hayan desarrollado los países antes mencionados, lo cual confirma la postura del *WGBC* de no fomentar el uso de ningún sistema o metodología como un estándar mundial.

Los sistemas de evaluación de edificios califican o clasifican los efectos del diseño, construcción y operación de un edificio en función de sus impactos ambientales, consumo de recursos, y la salud de los ocupantes. Debido a que cada variable tiene diferentes unidades de medición y diferentes escalas físicas, el obtener una resolución final es complicado. Los impactos ambientales pueden ser evaluados en escalas locales, regionales, nacionales y globales. El consumo de recursos es medido en términos de masa, energía, volumen, partes por millón, densidad y área. La salud del edificio se puede inferir por la presencia o ausencia de sustancias químicas y biológicas en el aire que circula dentro del edificio, al igual que por la salud relativa y bienestar de sus ocupantes.

En general, los sistemas de evaluación de edificios son creados con el propósito de promover los edificios sustentables de alto rendimiento; y algunos, como el LEED, son diseñados específicamente para incrementar la demanda del mercado en la construcción sustentable.

---

<sup>5</sup> LEED: Liderazgo en diseño energético y ambiental.

<sup>6</sup> CASBEE: Sistema de evaluación exhaustiva para la eficiencia ambiental de las edificaciones.

Estos sistemas de certificación proporcionan una placa o etiqueta indicando el nivel de certificación del edificio y mostrando una declaración pública de su rendimiento.

Una certificación superior en un edificio crea un valor más alto de mercado debido a los bajos costos operativos para el dueño además de un ambiente interior saludable.

Una de las dificultades al diseñar un sistema de certificación es el uso de un solo número para describir el desempeño de todo el edificio o de una serie de números para el mismo propósito. El hecho de usar un solo número tiene la ventaja de que es más fácil de entender, sin embargo esto implica que el sistema debe de alguna manera convertir las diferentes unidades que describen los impactos del edificio en los recursos y en el ambiente (uso de agua, consumo de energía, daño en el terreno, materiales y cantidades de residuos) y las condiciones producto del diseño del edificio (salud del edificio, sistemas de reciclaje incorporados, deconstructibilidad, porcentaje de recursos locales usados) en una serie de números que puedan ser sumados para dar un total general. Paradójicamente, tanto la ventaja como desventaja de evaluar con un solo número recae en su simplicidad.

### 2.3.1 LEED

La certificación LEED es el reconocimiento por parte del USGBC que hace referencia a los logros sustentables de ciertos proyectos de construcción para promover ambientes más saludables, productivos y eficientes. Este sistema provee un solo número que determina la evaluación del edificio basado en la acumulación de puntos en varias categorías de impacto, las cuales son sumadas para obtener el resultado final para la certificación.

Aunque nos referimos al sistema LEED en singular, no está constituido por un solo sistema de evaluación, si no por una gama de sistemas de evaluación de edificios. El estándar más reciente del *USGBC* es conocido como LEED-NC aplicado para construcciones nuevas (*NC* o *New Construction*) 2009. Además del LEED-NC 2009 existen otros sistemas de evaluación:

- LEED-EB: Edificios Existentes (operación y mantenimiento)
- LEED-CI: Proyectos de Interiores Comerciales
- LEED-CS: Proyectos *Core and Shell*
- LEED-H : Casas Habitación
- LEED-ND: Complejos Habitacionales
- LEED para escuelas
- LEED para centros comerciales

Como se mencionó anteriormente, LEED-NC 2009 es el estándar más reciente de USGBC para edificios nuevos institucionales y comerciales y renovaciones mayores. Está estructurado

con ocho prerequisites y un máximo de 110 puntos divididos en seis categorías principales (Tabla 2.1).

El número de puntos disponibles en cada categoría fueron establecidos por los diseñadores de LEED-NC para indicar el peso que tienen en las diferentes cuestiones involucradas en éste estándar. El resultado final del LEED-NC resulta en una clasificación (Tabla 2.2).

Tabla 2.1 Categorías de LEED-NC 2009		
Categoría		Puntaje Máximo
	Sitios Sustentables	26
	Uso Eficiente del Agua	10
	Energía y Atmósfera	35
	Materiales y Recursos	14
	Calidad Ambiental Interior	15
	Innovación y Proceso de Diseño	6
	Créditos de Prioridades Regionales	4
	<b>PUNTOS TOTALES POSIBLES</b>	<b>110</b>

Fuente: Sitio web *U.S Green Building Council*

Tabla 2.2 Niveles de certificación de LEED-NC 2009		
Categoría		Puntaje Máximo
	Platino	+ 80
	Oro	60-79
	Plata	50-59
	Certificado	40-49
	No Clasificado	≤ 39

Fuente: Sitio web *U.S Green Building Council*

### 2.3.2 BREEAM

La certificación BREEAM es el primer sistema de evaluación para edificios sustentables. Fue desarrollado por el Centro de Investigación Británico (*BRE o British Research Establishment*) en 1990 con el fin de transformar la construcción de edificios de oficinas en estándares de alto rendimiento. Este sistema se ha adoptado en Canadá y en varios países de Europa y Asia.

El tipo de certificación BREEAM que un edificio puede tener va a depender del tipo de edificación de la que se trate como sería:

- BREEAM para edificios de gobierno
- BREEAM Eco-Homes
- BREEAM para asistencia sanitaria
- BREEAM Industrial
- BREEAM Multi-residencial
- BREEAM Prisiones
- BREEAM Oficinas
- BREEAM Centros Comerciales
- BREEAM Centros Educativos
- BREEAM Remodelación Domestica
- BREEAM Otras edificaciones (laboratorios, hoteles, etc.)

Los aspectos del edificio a evaluar por este sistema son:

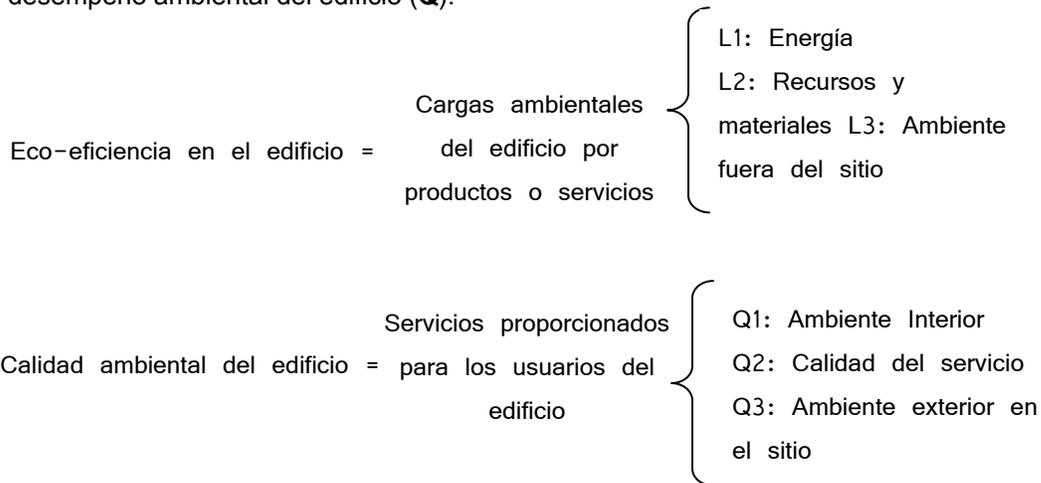
- Administración. Políticas generales de gestión, puesta en marcha en el sitio, cuestiones de procedimientos.
- Uso de energía. Aspectos operativos del uso de energía y emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- Salud y Bienestar. Cuestiones internas y externas que afectan la salud y el bienestar.
- Contaminación. Aspectos de contaminación del agua y aire.
- Transporte. Relación del transporte con el CO<sub>2</sub> y factores relacionados con la ubicación.
- Uso de suelo. Sitios *greenfield* y *brownfield*
- Ecología. Conservación del valor ecológico y mejoramiento del sitio.
- Materiales. Implicación ambiental de los materiales de construcción, incluyendo los impactos de su ciclo de vida.
- Agua. Eficiencia y consumo del agua.

Los créditos son asignados a cada área de acuerdo a su desempeño, estos a su vez son ponderados para poder ser analizados conjuntamente y dar una calificación final. El edificio es certificado en una escala de Aprobado, Bien, Muy Bien y Excelente.

### 2.3.3 CASBEE

En el 2001, Japón desarrolló un sistema de evaluación de edificaciones mediante un proyecto conjunto entre académicos, gobierno e industria, CASBEE. Esta certificación fue diseñada especialmente para las condiciones culturales, sociales y políticas de ese país. Este sistema puede ser aplicado a diferentes etapas del proyecto: planeación, diseño, terminación, operación y renovación.

El concepto clave de CASBEE es la eficiencia ambiental del edificio, expresada con las siglas **BEE**, valor que busca describir la eco-eficiencia<sup>7</sup> (**L**) del mismo en función de la calidad y desempeño ambiental del edificio (**Q**).



Para este sistema, el valor BEE está dado por la siguiente relación.

$$BEE = \frac{Q \text{ (Calidad y desempeño ambiental del edificio)}}{L \text{ (Cargas ambientales del edificio)}}$$

---

<sup>7</sup> De acuerdo al *WGBC* la eco-eficiencia se define como maximizar el valor económico al mismo tiempo que se minimizan los impactos ambientales. Eco-eficiencia= Cargas ambientales por productos o servicios

Los valores de BEE son representados en una grafica donde Q corresponde al eje de las ordenadas y L al de las abscisas. El valor final de la evaluación esta expresado como la pendiente de la línea que pasa por el origen (0,0) y el punto BEE. Es decir que entre mayor sea el valor de Q y menor el de L, más pronunciada será la pendiente de la línea y mayor será el nivel de sustentabilidad del edificio (Figura. 2.3).

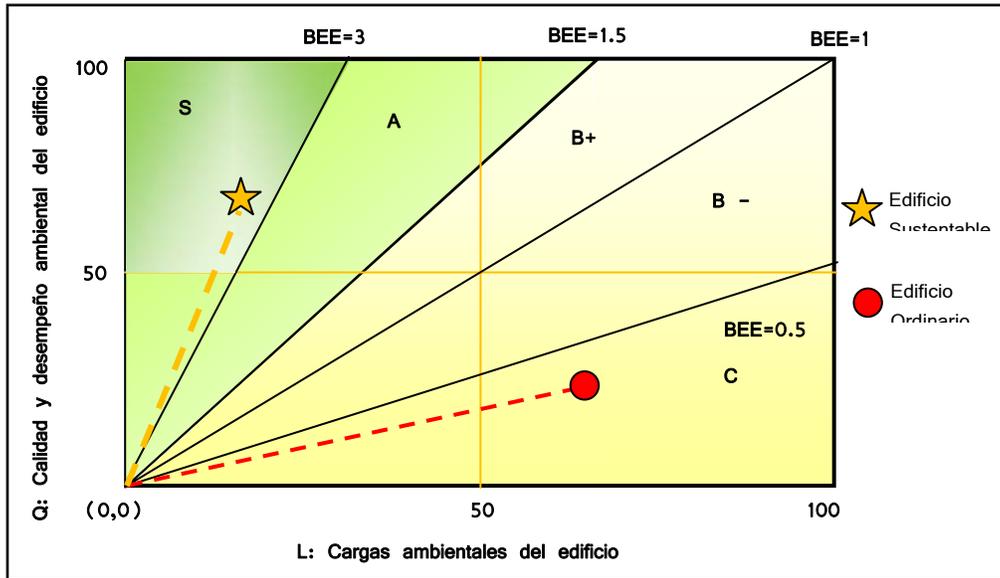


Figura 2.3 Nivel de sustentabilidad de un edificio bajo el sistema CASBEE. Fuente: Sitio web *Institute for Building Environment and Energy Conservation*

### 2.3.4 GREEN STAR

Green Star es un sistema desarrollado para el mercado de construcción australiano, cuyos productos iniciales se enfocaron en edificios de oficinas. Este sistema ha diseñado herramientas para evaluar la sustentabilidad en ciertas etapas del ciclo de vida de un edificio (diseño, construcción, interiores y operación) para diferentes clases de edificios (oficina, centros comerciales, industria, residenciales, etc.)

Green Star cubre nueve categorías que evalúan el impacto ambiental, consecuencia directa de la selección del sitio, diseño, construcción y mantenimiento de un proyecto. Las categorías incluidas dentro de las herramientas de evaluación son: administración, calidad ambiental interior, energía, transporte, agua, materiales, uso de suelo y ecología, emisiones e innovación.

Estas categorías están divididas en créditos, cada uno de los cuales se dirige a una iniciativa que mejora o tiene el potencial de mejorar el desempeño ambiental. Se designa un cierto

número de puntos a cada crédito en función de la implementación de acciones que cumplan con los objetivos de Green Star.

Una vez que se han asignado los créditos a cada categoría, se calcula un porcentaje de puntuación para posteriormente ponderarlos con factores ambientales establecidos por Green Star. Estos factores ambientales varían entre estados y territorios para reflejar los diferentes aspectos ambientales a lo largo de Australia.

El rango de puntos y nivel de certificación de las edificaciones bajo el criterio de Green Star se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Niveles de certificación de GREEN STAR			
Categoría			Puntaje Máximo
6 estrellas		Liderazgo Mundial	75-100
5 estrellas		Excelencia Australiana	60-74
4 estrellas		Mejores Prácticas	45-59

Fuente: Basado en el sitio web *Green Building Council Australia, Green Star*