

CAPÍTULO 5. CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD EN EL USO DE SUELO Y PAISAJE

En una obra civil, el uso de suelo y el diseño del paisaje conforman un recurso que permite la innovación e integración de una edificación con el ambiente.

Los objetivos principales en materia de suelo y paisaje son: optimizar el uso del sitio integrándolo con el ambiente local tomando en cuenta la geología, topografía, incidencia solar, y patrones del viento en el sitio de manera que se minimicen los impactos durante las diferentes etapas del proyecto, empleando el paisaje como parte de los sistemas técnicos del edificio.

El suelo y el paisaje representan dos elementos que pueden ser aprovechados no solo para hacer sustentable el proyecto, sino también para restaurar el suelo del sitio. Los enfoques actuales en cuanto a las edificaciones sustentables, involucran la reutilización del suelo, su limpieza en caso de estar contaminado y la disminución en el uso de tierras fértiles y/o vírgenes (*greenfields*). El hecho de construir sobre un suelo que ya ha sido afectado por la actividad humana (*brownfields* y *grayfields*) tiene la doble ventaja de mejorar el medio ambiente local y reutilizar el suelo.

Otro punto a cuidar es la minimización de los impactos del proyecto tales como la degradación del suelo y la destrucción de hábitat animal y vegetal.

5.1 Elementos Sustentables en Edificaciones

Los edificios requieren el uso de diversos tipos de recursos para su creación y operación: materiales, energía, agua y suelo. El suelo representa un recurso muy importante en el desarrollo sustentable, por lo que se buscará aprovecharlo de la manera más óptima posible. Algunos de los enfoques que permiten lograr este objetivo son:

- Construir en un suelo que haya sido previamente utilizado, evitando usar suelo ecológicamente valioso.
- Proteger, preservar y aprovechar humedales y otros elementos claves en los ecosistemas existentes en el sitio, integrándolos en la edificación.
- Usar vegetación local o aquella cuyas demandas de agua sean mínimas.
- Rehabilitar suelos contaminados y áreas que alguna vez fueron de uso urbano.
- Analizar la posibilidad de reutilizar los edificios existentes en lugar de construir uno nuevo.
- Poner gran énfasis en el diseño pasivo.
- Minimizar las superficies impermeables en el sitio a través de una ubicación apropiada del edificio, estacionamiento, y otras áreas pavimentadas.
- Utilizar tecnologías de captación de agua como pavimentos impermeables y sistemas de bioretención que permitan la recarga de los acuíferos.
- Minimizar áreas puntuales con una alta carga de energía calorífica (efecto isla de calor) mediante el uso de colores claros en pavimentos, techos y muros, así como el desarrollo de azoteas verdes.
- Eliminar la contaminación luminosa a través de un diseño cuidadoso de los sistemas de iluminación exterior.

Estos enfoques cubren una diversa gama de posibilidades que permitirán la integración de la naturaleza a las edificaciones, reutilización de suelos dañados por la actividad humana y minimización de los impactos al ecosistema causados por el proyecto de construcción.

5.2 Aspectos de Uso del Suelo

La selección de la ubicación del edificio es generalmente hecha por el propietario del edificio, sin embargo, puede ser orientada por las recomendaciones del equipo de proyecto. Tal fue el caso del Rinker Hall (edificio LEED certificado con el nivel Oro) de la Universidad de Florida, el cual inicialmente sería construido en un área verde (usada para recreación de los estudiantes) y que al final, tras la recomendación del equipo de proyecto, fue construido en una zona que había sido usada como estacionamiento, logrando así reutilizar el suelo y preservar las áreas verdes del campus.

En el caso de la selección del sitio se buscará:

- Disminuir el uso de terrenos fértiles
- Reutilizar suelos dañados previamente por la actividad humana
- Evitar el asentamiento en zonas de alto riesgo

- No construir en zonas que sean hábitat de especies en peligro de extinción
- Facilidad de acceso a la zona de proyecto

5.3 Control de Erosión y Sedimentos

El control de erosión de la tierra y la sedimentación serán un elemento importante a analizar para asegurar el rendimiento óptimo de los sistemas de captación de agua ubicados a nivel de suelo, tales como humedales o pavimentos permeables. El objetivo principal es evitar que el flujo laminar del agua erosione la tierra lo cual propiciará el transporte de sedimentos en la zona de proyecto.

Algunas de las prácticas de control de la erosión y de sedimentos son:

- Diseñar el proyecto de tal forma que se adapte a las condiciones del sitio como topografía, suelo, vegetación y patrones de flujo del agua.
- Minimizar el área de remoción de la cubierta vegetal natural del sitio.
- Evitar el tiempo en que el suelo este expuesto a corrientes de aire y agua.
- Disminuir la cantidad de suelo expuesto.
- Proteger el suelo del impacto de la lluvia o escurrimientos usando vegetación temporal o permanente, virutas de corteza de árbol (*mulch*), cunetas y franjas de protección vegetales, capas artificiales de control de erosión, entre otros.
- Desviar los flujos de agua de las áreas expuestas.
- Evitar la entrada de flujo de agua externo al área de proyecto.

Este tipo de prácticas para el control de la sedimentación y erosión conforman prerrequisitos para la certificación LEED-NC, lo cual significa que un plan de control es necesario para que un edificio sea tan solo considerado para certificarse.

5.4 Paisaje Sustentable

Un paisaje sustentable es aquel que al mismo tiempo que contribuye con el bienestar del ser humano está en armonía con el medio ambiente. Este tipo de paisaje no agota ni daña otros ecosistemas. Es así que mientras que la actividad humana altera los patrones de la naturaleza, el paisaje sustentable trabaja en sinergia con éstos patrones en términos de su estructura y funciones. De esta forma se conservan recursos valiosos como agua, suelo y energía manteniendo la diversidad de las especies.

Los principales elementos que caracterizan un paisaje sustentable, basados en la función y organización de los paisajes naturales, se mencionan a continuación.

- Uso de energías renovables de baja intensidad en forma de luz solar, viento y agua movida por gravedad, además de energía fijada por plantas, de manera que su regeneración no produzca desestabilización ecológica.
- Maximización del reciclaje de recursos, nutrientes y subproductos, y minimización de producción de residuos.
- Conservación de la estructura y función del ecosistema local, y protección de la diversidad y estabilidad de los ecosistemas circundantes.
- Apoyo y preservación de las comunidades locales en lugar de cambiarlas o destruirlas.
- Incorporación de tecnologías que respaldan estos objetivos y que toman a la tecnología como un apoyo secundario, no como primario y dominante.

Estas prácticas si bien son básicas en la sustentabilidad del paisaje, es claro que sin valores sustentables, un paisaje que este diseñado para ser sustentable será mal empleado, convirtiéndose en no sustentable, y fallará.

Los principios en los que se fundamenta el paisaje sustentable son:

Principio 1. Mantener los sitios saludables. Asegurar que los sitios productivos biológicamente no están ni serán dañados por el proyecto. Se debe tener cuidado especial en la instalación de servicios públicos y construcción de carreteras, que representan actividades que pueden destruir los ecosistemas naturales.

Principio 2. Restaurar los sitios dañados. El uso de *browfields* y *grayfields* reducen el uso de *greenfields* y sitios productivos biológicamente logrando una restauración en los ecosistemas dañados volviéndolos productivos nuevamente.

Principio 3. Escoger materiales vivos. La erosión en terrenos con pendientes muy pronunciadas puede ser controlada con sistemas naturales, como son los muros verdes. Para el caso de techos, se puede optar por las azoteas verdes, las cuales además de ser una fuente de oxígeno, ayudan a aislar el edificio disminuyendo las cargas de calefacción y enfriamiento.

Principio 4. Respetar los cuerpos de agua. Los cuerpos de agua, incluyendo humedales, deben de ser protegidos y restaurados. El agua de lluvia puede ser recolectada de los techos para después ser usada para riego. El diseño de la vegetación del paisaje deberá cuidar el consumo de agua, demandando cantidades de agua razonables.

Principio 5. Pavimentar menos. El pavimento destruye los sistemas naturales por lo que debe ser minimizado. El agua de lluvia puede infiltrarse por medio de pavimentos de concreto permeable y adoquines.

Principio 6. Considerar el origen y destino de los materiales. Minimizar el impacto de los materiales del paisaje mediante el análisis de su energía incorporada y otros efectos. Enfatizar el reciclaje y reutilización de materiales y evitar materiales tóxicos.

Principio 7. Conocer los costos de la energía a lo largo del tiempo. La construcción del paisaje requerirá energía en forma de maquinaria y otros aparatos, de ahí que sea necesario disminuir los consumos de energía a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Principio 8. Iluminar solo donde sea necesario. Los esquemas de iluminación del paisaje no deben de afectar los procesos naturales de la vegetación. La intensidad de la luz será acorde con las necesidades del paisaje, no se debe de sobre iluminar ya que de esa forma se desperdicia energía y se contamina el ambiente.

5.5 Jardín Vertical

Cuando a una planta se le permite que sus raíces crezcan, pueden llegar a penetrar material sólido, como muros y superficies de concreto, destruyéndolo. Este daño puede ser prevenido si las plantas reciben agua regularmente, haciendo que las raíces se dispersen en la superficie, dejando la parte interna del muro intacta.



A partir de estas observaciones, y en busca de un sistema de cubierta vegetal en las paredes de los edificios con un mantenimiento mínimo, Patrick Blanc concibió el “Jardín Vertical” (Figura 5.1). La principal innovación de este sistema es aprovechar la capacidad de las raíces de crecer no solo en un volumen (de suelo, arena y agua) si no, también en superficie.

Figura 5.1 Museo de la calle Branly, París. Este museo diseñado por el arquitecto francés Jean Nouvel, integra el innovador enfoque de Patrick Blanc en el jardín vertical que caracteriza la fachada de ésta edificación. Fuente: Sitio web *Vertical Garden*.

El Jardín Vertical puede construirse en interiores. En este caso, generalmente se necesita iluminación artificial. También es posible tener un Jardín Vertical en áreas completamente cerradas, sin iluminación natural, como es el caso de estacionamientos subterráneos.

El agua para este tipo de jardín se suministra por la parte superior dando así la oportunidad de usar el agua del sistema de captación de aguas pluviales para su riego. Por otra parte, independientemente de la procedencia del agua de riego, deberá de suministrarse nutrientes adicionales. Tanto el riego como la fertilización están automatizados.

La selección de plantas es hecha principalmente en función de las condiciones climáticas del sitio. El Jardín Vertical está compuesto de tres elementos principales:

- 1) Marco de metal. Es colgado sobre la pared o se puede parar solo. Proporciona una capa de aire, actuando como un muy eficiente sistema de aislamiento térmico y acústico.
- 2) Lámina de PVC (1cm). Es sujeta al marco de metal. Esta capa le da rigidez a la estructura además de hacerla resistente al agua.
- 3) Capa de fieltro de poliamida. Es engrapada al PVC. Esta capa evita la descomposición de las plantas gracias a su gran capilaridad que permite una distribución homogénea del agua. Las raíces crecen en esta capa.

Las plantas son colocadas en la capa de fieltro en forma de semillas, tallos o plantas ya maduras. La densidad es de alrededor de treinta plantas por metro cuadrado. El peso total de un Jardín Vertical, incluyendo plantas y estructura, es menos de 30kg por metro cuadrado, lo que permite su instalación prácticamente en cualquier muro.

5.6 Sistemas de Control de Agua Pluvial

La transformación del medio ambiente a causa de la urbanización ha conducido a la destrucción, relleno y pavimentación de algunos cauces de agua naturales, afectando la cantidad y flujo del agua pluvial a lo largo de la superficie de la Tierra. El hecho de cubrir paisajes naturales con edificios e infraestructura reemplaza importantes superficies permeables con materiales impermeables, incrementando el volumen y velocidad de flujo del agua en estas áreas. Las consecuencias más visibles de esta transformación son el aumento del peligro de inundaciones (debido a que las aguas pluviales no tienen una vía de salida natural) y el aumento en la cantidad de contaminantes en el agua pluvial a lo largo de su recorrido, tales como pesticidas, aceite de motores y metales pesados derramados en jardines, aceras, carreteras y estacionamientos.

Por otra parte, existen ecosistemas como los humedales, cuya función principal es almacenar temporalmente avenidas importantes de agua de lluvia para posteriormente regresarla de manera controlada a los cuerpos de agua y acuíferos. De ahí que uno de los objetivos de la edificación sustentable está dirigido al control de aguas pluviales enfatizando la protección de los ecosistemas cercanos y la preservación del carácter impermeable del suelo.

Los sistemas de control de agua pluvial en un ámbito del paisaje incluyen tecnologías que capturan, limpian, reciclan e infiltran el agua en sitio. Estos sistemas incluyen azoteas verdes, concretos permeables y sistemas de bioretención, entre otros. Estas medidas constituyen elementos importantes para la recarga de mantos acuíferos y cuerpos de agua, reducción de la velocidad de flujo del agua, y restauración de ecosistemas tanto terrestres como acuáticos.

5.6.1 Azoteas Verdes

Las azoteas verdes son una alternativa para contar con hábitats urbanos alternativos preservando la biodiversidad, generando un nuevo equilibrio entre áreas edificadas y recursos paisajísticos tanto a nivel de cada edificio como en la totalidad de la ciudad. Estas azoteas son una solución ante la pérdida de las áreas verdes en las zonas urbanas y una opción ecológica para mejorar la calidad del aire.

Entre algunos de los beneficios que proporcionan los techos verdes podemos mencionar:

- Reducción de un 40 por ciento el consumo de aire acondicionado en un edificio por año debido a su función de aislante térmico.
- Aumento del valor de los inmuebles. Guadalupe Orozco Velazco, líder del proyecto del banco HSBC, declaró que “los beneficios ambientales que generan las azoteas verdes aumentan 15% el valor del inmueble”.
- Captura partículas suspendidas en el aire, como el plomo. Las cuales son fijadas en la planta para no reincorporarse a la atmósfera otra vez.
- Intercambio de oxígeno y dióxido de carbono a través del proceso de la fotosíntesis.
- Disminución del efecto isla de calor. A través de la absorción de calor y su evaporación, las azoteas verdes evitan que el inmueble se caliente y refleje el calor hacia su interior. Por lo que si todas las azoteas fueran de éste tipo, generarían una disminución en la temperatura de una ciudad haciéndola más templada.
- Retención del agua pluvial para su posterior aprovechamiento para riego y otras actividades dentro del edificio que no impliquen consumo humano.
- Disminución de los problemas de drenaje debido a su saturación por las aguas pluviales.

Los elementos que conforman un techo verde se muestran en la Figura 5.2

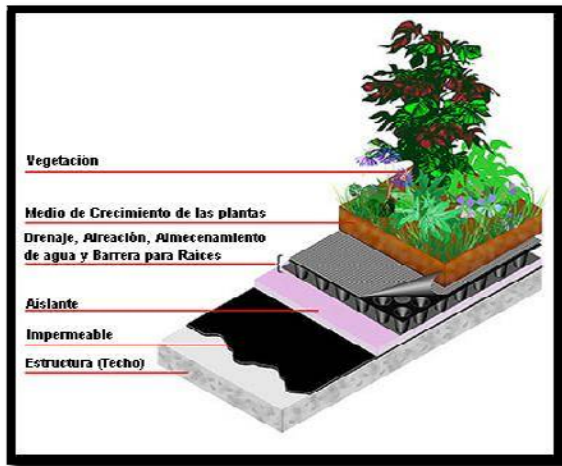


Figura 5.2 Capas que integran un sistema de azotea verde. Fuente: Tomado del sitio web *VeoVerde* y modificado por la autora.

Existen tres tipos de sistemas de azoteas verdes dependiendo del tipo de plantas a colocar.

- Extensivos. Incorporan plantas que requieren un mantenimiento mínimo.
- Semi-intensivos. Combinan la vegetación de las técnicas intensivas y extensivas y su mantenimiento también es igual al de un jardín.
- Intensivos. Incorpora pequeños arbustos, flores, árboles y pasto. Requiere un mantenimiento igual al de un jardín convencional.

5.6.2 Concreto Permeable

El concreto permeable es un tipo especial de concreto con una alta porosidad, usado para aplicaciones en superficies de concreto que permitan el paso de agua (proveniente de precipitación y otras fuentes) a través de él (Figura 5.3). La mezcla está compuesta por cemento, agregado grueso, agua, aditivos y poco o nada de agregados finos. Éste concreto tiene una resistencia a la compresión de alrededor de 300 kg/cm², y una resistencia a la flexión hasta de 60 kg/cm². Su relación agua vs materiales cementantes es de 0.35 a 0.45 con una relación de vacíos de 15 a 25%.

Este tipo de concreto es muy sensible a las variaciones en la cantidad de agua, por lo que un volumen correcto de agua es fundamental. Una gran cantidad de agua causaría la segregación de la mezcla, mientras que poca agua produciría la formación de conglomerados y una descarga muy lenta, además de impedir el curado apropiado del concreto induciendo una falla superficial prematura. De ahí que se requiera un ajuste de la mezcla fresca en sitio.

El concreto permeable funciona como una laguna de retención de agua de lluvia, disminuyendo el escurrimiento superficial en áreas pavimentadas, reduciendo las dimensiones del sistema de alcantarillado y por ende sus costos. Por otra parte, éste material filtra de manera natural el agua de lluvia reduciendo las cargas de contaminantes que llegan a cuerpos de agua y acuíferos.



Figura 5.3 Concreto Permeable. La porosidad de éste material se debe a su alta relación de vacíos que hacen del concreto permeable una opción ecológica para pavimentar sin disminuir notablemente la permeabilidad del sitio.
Fuente: Sitio web *Concreto Permeable*

El uso de concretos permeables, con los sistemas constructivos adecuados permite la recarga de los mantos acuíferos, la eliminación de charcos y baches además de reducir la temperatura de la superficie (mitigando el efecto isla de calor). La aplicación de esta práctica se recomienda en áreas de estacionamiento, de poco tránsito, pasos peatonales e invernaderos.

En cuanto al color de éste material, se le puede añadir colorantes para integrarlo mejor al diseño de la edificación. En el caso de que no llevar colorante, el concreto tendrá el color del agregado grueso.

5.7 Sistemas de Bioretención

Los sistemas de bioretención tienen como una de sus características principales el uso del ecosistema natural para realizar las funciones de cauces, o cuencas, a fin de controlar los escurrimientos en zonas donde la superficie impermeable ha crecido debido a actividades de edificación de infraestructura. Por otra parte, ayuda a controlar la cantidad y calidad del agua aprovechando las propiedades físicas, químicas y biológicas de las plantas y del suelo para la remoción de contaminantes de los escurrimientos de agua pluvial.

Algunos de los procesos que se llevan a cabo en los sistemas de bioretención incluyen: sedimentación, adsorción, filtración, volatilización, intercambio iónico, descomposición, fitorremediación, y almacenamiento.

Los sistemas de bioretención (Figura 5.4) que se pueden aplicar en edificios están constituidos por microreservorios de retención temporal de escurrimientos, dispuestos eficientemente en la zona de desarrollo, como son jardines de lluvia y cuencas de retención.



Figura 5.4 Sistemas de bioretención. Jardín de lluvia (izquierda) y cuenca de retención (derecha).

Fuente: *Prairie Fire Newspaper*

- Jardines de lluvia

Un jardín de lluvia es una depresión poco profunda en la tierra (20-40cm), en un suelo permeable con plantas o árboles perennes locales, y cubiertos de una capa delgada (8cm) de *mulch*. Este tipo de jardín captura los escurrimientos de agua pluvial proveniente de superficies impermeables tales como azoteas y caminos, permitiendo que se infiltre en la tierra en lugar de drenarla en alcantarillas o canales. Un jardín de lluvia deberá localizarse donde el agua de lluvia pueda ser desviada hacia él y lejos de los cimientos del edificio. Se recomienda un área de jardín de lluvia del 10 al 15% del área de azoteas.

- Cuencas de retención

Son depresiones poco profundas ubicadas a las orillas de las carreteras o de estacionamientos cuya función es capturar los escurrimientos de éstas superficies para después almacenarlos para su reutilización. Este tipo de sistema puede ser visto como un tratamiento primario del agua pluvial. Las capas de la cuenca de retención que capturan y filtran los escurrimientos del agua pluvial se muestran en la Figura 5.5

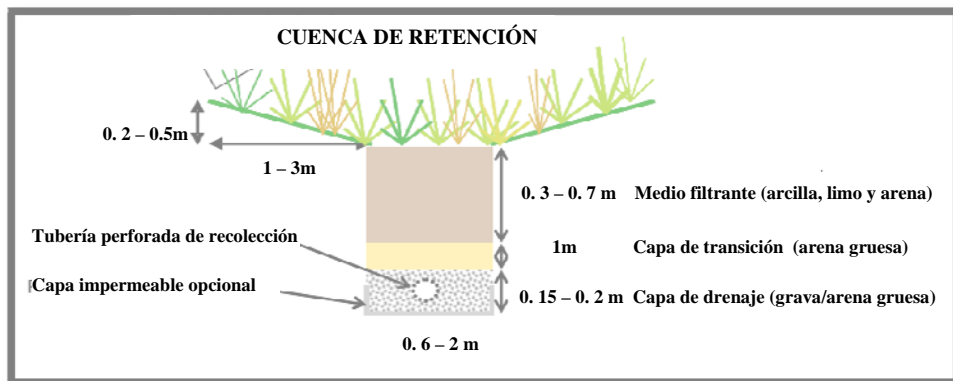


Figura 5.5 Corte transversal de una cuenca de retención.

Fuente: Sitio web *Bioretention*

Las cuencas de bioretención son particularmente eficientes en la remoción de nutrientes y disminución de la velocidad de flujo del caudal de lluvia.

Algunos de los aspectos a considerar en el diseño de una cuenca de retención son: asegurar un flujo laminar, distribuir de manera uniforme el caudal a lo largo de la cuenca, analizar la instalación de dos colectores (separación entre ambos <1.5m) para capturar la máxima infiltración posible, en caso de que el diámetro de partícula del medio filtrante sea hasta 10 veces menor al de la capa de drenaje no se necesitará capa de transición por lo que su espesor será de 1.20m.

El área superficial que se recomienda para estas cuencas es del 10 al 15% del área de suelo impermeable.

5.8 Mitigación del Efecto Isla de Calor

Un aspecto que generalmente no es considerado en el diseño del paisaje y uso de suelo, pero que es algo que se debe tener en cuenta en un edificio sustentable de alto rendimiento es el efecto de isla urbana de calor. Este efecto es un fenómeno en el que áreas urbanas y suburbanas tienen una temperatura considerablemente más elevada que las áreas rurales que las rodean (de 1°C a 6°C). El resultado es que las cargas de enfriamiento serán mayores en las zonas urbanas que en las rurales, lo que implica que se necesitará mayor energía para satisfacer dicha demanda implicando mayor contaminación del aire, más impactos por extracción de recursos y por lo tanto mayores costos. El hecho de reducir el efecto de la isla de calor contribuye a reducir estos efectos negativos resultando en un ambiente urbano más agradable.

Las islas de calor son causadas por la remoción de vegetación para en su lugar colocar carreteras de concreto y asfalto, edificios, y otras estructuras. Esto debido a que el efecto de sombra de los árboles y la evapotranspiración, o enfriamiento natural, de la vegetación son remplazadas por estructuras que almacenan y liberan energía calorífica. Los efectos de la isla de calor pueden reducirse a través de diversas medidas entre las que podemos mencionar las siguientes:

- Instalar azoteas con una alta reflectividad de la energía solar o con jardines.
- Plantar cerca de casas y edificios árboles que den sombra para reducir la temperatura del aire.
- Usar materiales de colores claros, donde sea posible, para reflejar la radiación solar en lugar de absorberla.

5.9 Reducción de la Contaminación y Traspaso Lumínico

El desarrollo de las ciudades ha traído consigo diferentes efectos negativos, como el traspaso y contaminación lumínicos, debidos al mal control y manejo de los sistemas de iluminación.

El primer efecto, es el traspaso lumínico, el cual hace referencia a la luz indeseable proveniente de una propiedad cercana. Esto se debe a que generalmente, los sistemas de iluminación exterior en edificios, además de realizar su función principal de iluminar los edificios, pasillos y áreas de estacionamiento, iluminan áreas fuera de sitio, es decir, donde no se necesita. Este efecto puede causar problemas de seguridad vial, cuando se refleja en los automovilistas; ecológicos, al alterar las rutas de migración de ciertas aves; y de salud humana, al interrumpir los ciclos normales diarios de luz necesarios para el bienestar de las personas.

El segundo efecto, es la contaminación lumínica, la cual se refiere a la emisión de flujo luminoso de fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones, rangos espectrales u horarios innecesarios para la realización de las actividades previstas en la zona en que se instalan las luces. Esto impide la observación del cielo nocturno por la población en general y astrónomos.

La solución para estos dos efectos mencionados es un diseño adecuado del sistema de iluminación. La ubicación, altura de montaje y características de performance de las luminarias exteriores son elementos que deben de tomarse en cuenta para asegurar que la energía luminosa está siendo usada eficientemente para los propósitos deseados. Algunas de las medidas para prevenir ambos efectos son:

- El alumbrado de la calle y del área de estacionamiento deberá ser diseñado para minimizar la dispersión de luz hacia la parte superior (zona donde no requiere iluminación) del equipo de iluminación.
- La iluminación de los señalamientos y del exterior del edificio deberá ser reducida o apagada cuando no se necesite.
- La modelación asistida por computadora de los sistemas de alumbrado exterior deberá ser usada para diseñar el nivel y calidad exactos de iluminación que satisfagan los requerimientos del proyecto sin desviarse fuera del sitio causando condiciones indeseables.