

Sustentabilidad en espacios universitarios

Isis Chang Ramírez
(coordinadora)

textos
universitarios



Universidad Veracruzana

Esta obra se encuentra disponible en Acceso Abierto para copiarse, distribuirse y transmitirse con propósitos no comerciales. Todas las formas de reproducción, adaptación y/o traducción por medios mecánicos o electrónicos deberán indicar como fuente de origen a la obra y su(s) autor(es). Se debe obtener autorización de la Universidad Veracruzana para cualquier uso comercial. La persona o institución que distorsione, mutile o modifique el contenido de la obra será responsable por las acciones legales que genere e indemnizará a la Universidad Veracruzana por cualquier obligación que surja conforme a la legislación aplicable.

SUSTENTABILIDAD EN ESPACIOS UNIVERSITARIOS



Universidad Veracruzana
Dirección Editorial

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

MARTÍN GERARDO AGUILAR SÁNCHEZ

Rector

JUAN ORTIZ ESCAMILLA

Secretario Académico

LIZBETH MARGARITA VIVEROS CANCINO

Secretaria de Administración y Finanzas

JAQUELINE DEL CARMEN JONGITUD ZAMORA

Secretaria de Desarrollo Institucional

AGUSTÍN DEL MORAL TEJEDA

Director Editorial

SUSTENTABILIDAD EN ESPACIOS UNIVERSITARIOS

ISIS CHANG RAMÍREZ
(coordinadora)

Diseño de colección: Aída Pozos Villanueva
Diseño de forros: Enriqueta del Rosario López Andrade

D.R. © Universidad Veracruzana
Dirección Editorial
Nogueira núm. 7, Centro, CP 91000
Xalapa, Veracruz, México
Tels. 228 818 59 80; 228 818 13 88
direccioneditorial@uv.mx
<https://www.uv.mx/editorial>

Primera edición: 15 de diciembre de 2022

ISBN: 978-607-8858-73-6
DOI: 10.25009/uv.2851.1690

Impreso en México / *Printed in Mexico*

CONTENIDO

Introducción	9
Los objetivos del desarrollo sostenible	13
Bioclimática	15
Agua.	57
Energía	79
Residuos	103
Accesibilidad universal.	119
Riesgo y resiliencia	135
Movilidad urbana	159
Modelo de campus universitario hacia la sustentabilidad.	185

INTRODUCCIÓN

Indiscutiblemente la edificación es una actividad humana que, a lo largo de los años, ha ocasionado un impacto ambiental significativo. Esto se ve reflejado en los índices de contaminación, congestionamientos viales, escasez de recursos, islas de calor, altos gastos económicos, entre otros. Por esta razón, es responsabilidad de los arquitectos, ingenieros y constructores, dimensionar el impacto que tienen las edificaciones en el cambio climático, así como reorientar dicho impacto a través de la creación de espacios capaces de encaminar a las personas hacia la formación de hábitos sociales, económicos y ambientalmente más responsables.

Derivado de esto, resulta cada vez más necesario un cambio en las formas de edificar y, por ende, de habitar. Hoy más que nunca la edificación debe evolucionar y responder a un momento de readaptación no solo humana, sino planetaria.

Es aquí donde resulta sustancial valorar el importante papel de las universidades. Ya que, ante la limitada incorporación hasta el momento de una perspectiva de sustentabilidad durante el diseño, construcción y uso de espacios universitarios, es común que las edificaciones educativas hoy en día también se caractericen por la falta de confort térmico, altos consumos de energía, problemas de abastecimiento de agua, presencia de contaminantes al interior del edificio, iluminación poco óptima, falta de espacios que fomenten la convivencia, entre otros, y a su vez, esto genere consecuencias hacia el entorno, generando afectaciones incluso a una escala urbana.

En este sentido, los edificios universitarios no solamente deberían ser considerados como simples construcciones, sino ser revalorados como espacios integradores del desarrollo humano en armonía con los entornos social y ambiental, y observarse como herramientas con potencial para convertirse en espacios promotores de cambio. Considerando lo anterior, el propósito de este texto es

proponer recomendaciones de sustentabilidad para el diseño, la construcción y la ocupación de edificios universitarios, desde una visión integral de estos espacios como herramientas de fomento de formas de vida sustentables.

Su contenido es una recopilación de diversas experiencias y aprendizajes de especialistas en las disciplinas correspondientes a cada uno de los capítulos, quienes han considerado las recomendaciones a continuación descritas como aspectos fundamentales a incorporar en los campus universitarios, para incluir la dimensión de la sustentabilidad en las prácticas universitarias cotidianas.

De esta manera, el capítulo Bioclimática aborda criterios para el aprovechamiento de las condiciones naturales del entorno como punto de partida para el diseño arquitectónico de una edificación. De igual manera, incluye recomendaciones que ayudan a identificar cómo podemos aprovechar condiciones como el soleamiento, la ventilación, la humedad, la precipitación, el sitio de emplazamiento, el uso del color, entre otros.

El segundo capítulo, Agua, se enfoca en las distintas formas de aprovechamiento máximo de este recurso natural, desde el momento de la obtención, hasta el almacenamiento, la distribución y la salida del mismo, obedeciendo a los distintos usos que puede tener el agua en un edificio.

En el capítulo Energía se abordan temas como la regulación térmica, el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, dispositivos de ahorro y otros métodos que buscan lograr una máxima eficiencia energética.

El siguiente capítulo, Residuos, propone recomendaciones para el manejo de los residuos generados desde la propia etapa de construcción, así como las principales recomendaciones de manejo de los residuos generados durante el uso mismo del edificio.

En el capítulo Accesibilidad universal se describen algunas recomendaciones para el diseño de edificaciones, desde una perspectiva en que todas las personas puedan acceder a los espacios universitarios, independientemente de sus capacidades técnicas, cognitivas o físicas. La accesibilidad universal ya es una condición necesaria para la participación de todas las personas, independientemente de las posibles limitaciones funcionales que puedan tener.

El capítulo Movilidad urbana aborda recomendaciones relacionadas con los medios de transporte utilizados por los usuarios de una edificación, como un elemento estrechamente ligado al propio edificio y su relación con el entorno, pero también a su impacto en los estilos de vida. Además, invita a la reflexión sobre la forma en cómo diseñamos actualmente, donde cada vez destinamos mayor espacio y recurso para los automóviles; desde una escala arquitectónica, incluyendo los edificios educativos; hasta una escala urbana, como los campus.

Riesgo y resiliencia es el siguiente capítulo, el cual se enfoca en la observación de los edificios educativos como un sistema en sí mismo, capaz de absorber cualquier perturbación social, económica o ambiental, manteniendo su estructura y función original. A su vez, plantea recomendaciones vinculadas con la seguridad de los usuarios al momento de su uso, así como sus principales retos y limitaciones.

En el último capítulo, Hacia un modelo de campus sustentable, se han realizado una serie de esquemas que muestran gráficamente las recomendaciones emitidas por los diversos autores, de manera que sea posible ayudar a imaginar la forma en cómo estas podrían ser implementadas.

Cabe mencionar que, como resultado adyacente a este trabajo colaborativo, la importancia de este texto se remarca al reunir los diversos esfuerzos en una articulación de saberes y experiencias de las distintas disciplinas que, desde su posición, contribuyen al impulso de la sustentabilidad hacia aprendizajes colectivos que pueden dar lugar a la generación de conocimientos más integradores.

Esto nos transporta a una reflexión profunda que habla de la importancia y necesidad urgente de un enfoque sistémico en la formación universitaria, en el que la participación multidisciplinaria y el diálogo de saberes, ayude a fortalecer el quehacer universitario y su capacidad resolutoria ante las realidades globales.

ISIS CHANG RAMÍREZ

LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

ISIS CHANG RAMÍREZ

En el marco para la elaboración del presente texto, es importante mencionar que el principal punto de referencia lo constituyen los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, creados por la Organización de las Naciones Unidas como un llamado universal para hacer frente a los tres elementos del desarrollo sostenible: crecimiento económico, inclusión social y sostenibilidad ambiental.

De estos objetivos, varios están fuertemente relacionados tanto con la edificación como con el espacio en el que se construye, ya que inciden de forma directa con la calidad de vida del universitario, con el impacto al entorno y con la huella ecológica de nuestro planeta. Dichos objetivos son: 3. Salud y bienestar, 4. Educación de calidad, 5. Igualdad de género, 6. Agua limpia y saneamiento, 7. Energía asequible y no contaminante, 9. Industria, innovación e infraestructuras, 10. Reducción de las desigualdades, 11. Ciudades y comunidades sostenibles, 12. Producción y consumo responsables, 13. Acción por el clima, 15. Vida de ecosistemas terrestres y 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.

Lograr que estos objetivos se reflejen en los espacios universitarios es el gran reto. Es decir, que las edificaciones universitarias puedan desarrollarse desde una perspectiva de consciencia y congruencia ambiental, económica y social desde su etapa de diseño, construcción y uso. Y que, a su vez, sirvan como una herramienta que permita adoptar hábitos diarios que generen aprendizajes hacia la sustentabilidad.

En este sentido, este texto también busca hacer evidente la importancia de aprovechar la etapa universitaria como momento clave en la etapa formativa del alumno, en su relación con el espacio donde esto se lleva a cabo; es decir, dentro de espacios universitarios sustentables que podrán contribuir en la formación de ciudadanos conscientes, capaces de transformar la situación actual en el planeta.

Por lo tanto, un espacio universitario con miras hacia el desarrollo sostenible es aquel en el que se pueden realizar aportaciones en temas de inclusión y accesibilidad tanto a escala arquitectónica como urbana; de fortalecimiento en temas de planificación y de gestión participativas; de reducción del impacto ambiental negativo dentro de la ciudad por la contaminación del aire, agua y suelo; de aprovechamiento de la oportunidad para la creación e introducción de nuevas tecnologías en la edificación capaces de permitir el uso eficiente de los recursos, como el agua y la energía; de proporcionar acceso universal a áreas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles; así como el acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles y sostenibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de la tercera edad y las personas con discapacidad y; contar con edificaciones resilientes y seguras.

Por esta razón y desde esta visión, se busca aportar al frente común para combatir los desafíos económicos y medioambientales a los que nos enfrentamos, desde la necesaria transformación en el diseño de los espacios universitarios.

BIOCLIMÁTICA

LUIS GABRIEL GÓMEZ AZPEITIA¹

JESÚS ADRIÁN ÁLVAREZ PÉREZ²

LEONARDO QUIRINO OLVERA²

INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene como finalidad identificar las condicionantes bioclimáticas a tomarse en cuenta para la adecuada planeación, diseño y construcción de espacios, tanto interiores como exteriores, destinados a las diferentes funciones de la Universidad Veracruzana (UV). Como resultado de las condicionantes climáticas registradas para cada zona urbana en donde se asientan los campus de la UV, así como de las proyecciones en la variación de temperatura por efecto del cambio climático, se desprenden diversas recomendaciones a nivel de estrategias y tácticas de diseño arquitectónico y criterios de construcción o incorporación de dispositivos de climatización, cuya observación podría apoyar el esfuerzo de la UV en términos de mejoramiento de la sensación térmica dentro de los recintos universitarios, incentivar el ahorro de energía empleada para climatización artificial y contribuir a la reducción de la huella de carbono institucional.³

1. Universidad de Colima.

2. Universidad Veracruzana.

3. Se le llama “huella de carbono” al volumen total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de una actividad o su acumulación en el ciclo de vida de un producto (Wiedmann y Minx, 2007). En este caso, se trataría de emisiones indirectas debido a la emisión

Así pues, es necesario definir el concepto de *bioclimática*, ya que a su alrededor gira todo el contenido del capítulo.

ESBOZO HISTÓRICO

Desde principios del siglo xx, geógrafos y meteorólogos europeos y estadounidenses⁴ encontraron certezas de la influencia que el clima ejerce sobre el quehacer del ser humano en particular y sobre las sociedades en su conjunto. El estudio de esa relación habría de dar lugar a una nueva rama de la climatología cuyo objeto de estudio es la vinculación de los fenómenos atmosféricos y meteorológicos con la fisiología y el metabolismo humanos, razón por la que la denominaron bioclimatología. Pero no fue sino hasta después de finalizada la Segunda Guerra Mundial que empezaron a aparecer escritos científicos que identificaban la clara influencia de los componentes de la bioclimatología sobre el desarrollo de edificios y sus espacios habitables. Entre estos, pueden destacarse los trabajos de Drysdale (1949), con respecto a los climas de Australia; Dreyfus (1960), para climas tropicales y; sobre todo, Aronin (1953), con un enfoque global.

Esta interrelación entre el bioclima y la arquitectura fue caracterizada a detalle en el libro *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism* (Olgay, 1963). La importancia del libro radica en la propuesta de una “carta bioclimática” —entre otras muchas aportaciones— en donde es posible relacionar los datos de temperatura y humedad relativa de cualquier sitio respecto de una zona, llamada “de confort”, donde ninguna acción correctiva se hace necesaria. En cambio, cuando la temperatura y la humedad relativa se localizan fuera de esa zona de confort, se identifica la necesidad de aplicar alguna de las tres estrategias básicas de bioclimatización: calentamiento solar pasivo, enfriamiento por efecto de la ventilación y enfriamiento por efecto de la humidificación del

de GEI por parte de las centrales generadoras de electricidad que se deben al consumo de energía en los edificios para operar sistemas de climatización e iluminación artificial.

4. Entre ellos pueden mencionarse a Huntington (1915), Fleure (1919) y Scaetta (1935) entre otros.

aire. De esta forma, resultaba muy fácil interpretar las series de datos climáticos en términos de requerimientos de climatización y en función de la fisiología de los habitantes.

A la carta bioclimática de Olgyay pronto se le hicieron observaciones que dieron lugar a propuestas más refinadas. Destacan, sobre todo, la Carta Bioclimática para Edificios (BBCC por sus siglas en inglés) hecha por Givoni (1969), y la Carta Bioclimática de Szokolay (2008). En ambos casos, el plano cartesiano se sustituyó por un diagrama psicrométrico⁵ que involucra, además de la temperatura del aire y la humedad relativa, la temperatura de bulbo húmedo y la humedad específica. Así mismo, se incluyen estrategias de climatización propias del desempeño térmico de los edificios y sus dispositivos: calentamiento por ganancia solar directa e indirecta, enfriamiento evaporativo directo e indirecto, enfriamiento por ventilación, enfriamiento por reradiación nocturna, y amortiguamiento de la oscilación térmica e incremento del retraso térmico mediante la incorporación de masa térmica al edificio.

Estas herramientas científicas pero simples de aplicar en el proceso de proyección arquitectónica por su naturaleza visual (son diagramas, no series de números), dieron lugar a un desarrollo acelerado de la arquitectura bioclimática, que pronto empezó a confundirse como una “tendencia” más de la arquitectura contemporánea. Por ello, Sergio Los advirtió que la arquitectura bioclimática no debía ser presentada como un movimiento o una de las muchas modas que animan el contexto cultural de la arquitectura. Para él la buena arquitectura siempre ha sido bioclimática y una arquitectura no bioclimática carece de calidad (Los, 1990).

En la actualidad, si bien en algunos casos subsiste la idea de “moda”, la solidez científica alcanzada por la arquitectura bioclimática ya no se cuestiona. Son numerosas las aplicaciones informáticas disponibles que apoyan a los arquitectos, urbanistas, diseñadores e ingenieros en esta materia. Algunas de esas

5. Un diagrama psicrométrico es un gráfico compuesto por curvas que representan la relación física entre los parámetros que caracterizan la mezcla aire-vapor de agua (Tejeda-Martínez *et al.*, 2018).

aplicaciones están incrustadas en plataformas más amplias de diseño utilizadas masivamente. Junto a esa disponibilidad de herramientas técnicas se ha observado también su aplicación en proyectos reales por parte de un número creciente de arquitectos de todo el mundo, incluso por algunos de los más célebres y galardonados,⁶ con lo cual ha quedado zanjada la brecha que hubo en un principio entre los ejemplos académicos de arquitectura bioclimática, construidos como laboratorio en universidades, y la arquitectura que se proyecta, se construye, se vende y se habita en la realidad.

DEFINICIÓN

Jean-Louis Izard y Alain Guyot definieron al bioclimatismo como “la ciencia que tiende a cumplir, por medio de la arquitectura misma, la función de satisfacción de las exigencias térmicas del ocupante, recurriendo preferentemente a la ingeniería climática” (Izard y Guyot, 1980: 176). Podría afirmarse entonces que *bioclimática* es la bioclimatología aplicada al diseño y construcción de espacios habitables. Siguiendo esta línea argumentativa y considerando tópicos más actuales, *arquitectura bioclimática* podría entenderse como:

Todo conjunto de elementos arquitectónicos, de paisaje, constructivos y mecánicos determinados científicamente para ajustar el microclima del espacio interior o exterior que delimitan, con el fin de propiciar condiciones de bienestar termo-fisiológico para sus habitantes, utilizando para ello energías preferentemente pasivas o activas limpias, cuyo desempeño tienda a una huella de carbono nula.⁷

Esta definición conlleva una premisa básica: se trata de un trabajo de base científica, no necesariamente artística, cuya resolución plantea tres dominios fundamentales: a) el del objeto habitable con todos sus elementos y componentes; b) el

6. Tales como Norman Foster, Renzo Piano, Glenn Murcutt, por citar solo algunos.

7. Se considera huella de carbono nula cuando las emisiones de GEI, en este caso asociadas a la generación de energía, se reducen a prácticamente cero (IPCC, 2007).

del sujeto que integra las exigencias de bienestar; y c) el del contexto que incluye la consideración del clima local, así como el uso preferente de energías que no contribuyan al calentamiento global.

Bajo esta perspectiva, mediante la ciencia bioclimática es posible determinar desde el proyecto, y con una buena aproximación, cómo el objeto habitable (la arquitectura) responderá a las necesidades de adaptación térmica del sujeto que lo habrá de habitar (interfase de habitabilidad), y a su vez, cómo será la interacción con el contexto en que se localiza (interfase de sostenibilidad).

CONFORT TÉRMICO

Para gestionar apropiadamente la interfase de habitabilidad térmica de un espacio desde la fase de proyecto, es necesario determinar las exigencias que en este rubro demandarán los habitantes. Hay dos maneras de abordar teóricamente dicha determinación: de acuerdo al modelo *predictivo*; o bien, según el modelo *adaptativo*.

El modelo de predicción formulado por Fanger (1970), establece como principio básico que la sensación térmica es resultado exclusivamente del balance térmico del cuerpo humano con su ambiente circundante: si el cuerpo cede calor al entorno percibirá una sensación de frío; si por el contrario, gana calor de su ambiente experimentará una sensación de calor; si la tasa de calor cedido es esencialmente igual a la de calor ganado entonces el cuerpo no sentirá ni frío ni calor, condición neutra que se ha denominado como de confort (palabra de origen francés que significa bienestar). Como esta interacción solo depende de un intercambio energético, Fanger planteó la posibilidad de predecir la sensación que una persona experimentaría si se conoce su masa corporal, la actividad que desarrolla, el aislamiento que le otorga la ropa que le cubre, así como los valores de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación a los que está sometida. De ahí que se le llame *predictivo* a este modelo teórico.

Cuando se contrastaron los resultados de encuestas realizadas a personas respecto de su sensación térmica en lugares sin aire acondicionado (en oposición a las encuestas de Fanger, siempre en laboratorios de clima controlado), empe-

zaron a observarse discrepancias con las “predicciones” calculadas (Humphreys, 1994). Así surgió la formulación del otro modelo teórico que intenta explicar el fenómeno de la sensación térmica. Para Humphreys y Nicol (1998), las personas no son entes pasivos que se someten a las condiciones del clima, sino que buscan una adaptación a fin de hacer más llevaderas esas circunstancias. En ese caso pueden adaptarse cambiándose de posición (en busca de brisa, por ejemplo), de ropa o incluso ingiriendo una bebida fresca o caliente. Son capaces también de adaptar su entorno abriendo o cerrando ventanas, procurando dispositivos de sombreado, regando agua en el suelo, etc. En consecuencia, la acción de adaptarse va más allá de un simple balance energético pues implica procesos volitivos que ponen en juego experiencias y expectativas. El modelo ha desarrollado también fórmulas que pueden predecir la sensación térmica de una persona en determinadas condiciones de clima, pero no como resultado de un balance energético sino de estudios estadísticos.

Una conclusión fundamental del modelo de adaptación es que existe una correlación fuerte entre el régimen normal de temperaturas de un sitio y la temperatura a la que la mayoría de las personas experimentan una reacción neutra o de confort (Humphreys, 1978), relación rechazada fehacientemente por el modelo de predicción. Según este último, todos los humanos prefieren las mismas temperaturas de confort independientemente si están aclimatados a zonas frías o tórridas.

Sin embargo, un número creciente de encuestas a lo largo del planeta ha demostrado la validez de la relación clima local-sensación de confort. A través del metaanálisis⁸ de los resultados de tales encuestas ha sido posible determinar estándares para formular la temperatura neutra de cada sitio según su clima local y según la hipótesis de la búsqueda de adaptación. Los más importantes de esos estándares son el ASHRAE:55 2004 (la última versión es de 2017) avalado por la Ame-

8. El metaanálisis es un conjunto de herramientas estadísticas cuyo propósito es sintetizar los datos de una colección de estudios diversos e independientes entre sí (Borenstein y Rothstein, 2013).

ican Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) y por la American National Standards Institute (ANSI) (ANSI/ASHRAE, 2017), producto del metaanálisis hecho por de Dear y Brager (1998); y el EN15251 reconocido por la Unión Europea (CEN, 2007), y derivado del metaanálisis realizado por McCartney y Nicol (2002). Recientemente se ha realizado un metaanálisis con resultados de estudios de campo hechos en territorio mexicano que ha dado lugar a un estándar de confort térmico para México, aún sin reconocimiento oficial (Morgan y Gómez Azpeitia, 2018) y cuya fórmula para estimar la temperatura neutra es:

$$T_n = 0.51 T_o + 13.07 \quad T_n = 0.51 T_o + 13.07$$

donde:

T_n = *Temperatura operativa neutra*

T_o = *Temperatura promedio exterior* (mensual o estacional) en °C

Dado que la temperatura neutra obtenida de acuerdo al modelo adaptativo varía en función de los valores normales del clima local, ofrece un margen más amplio de acciones para lograr condiciones de confort, incluso si se optara por sistemas de climatización artificial a base de energías activas no limpias, como la electricidad (generada en centrales termoeléctricas o carboeléctricas, por ejemplo). Al estimar el volumen de trabajo de un equipo de aire acondicionado a partir de la temperatura neutra adaptativa, habría un ahorro de energía con respecto a si se calculara para operar en los 21 °C que demanda el modelo predictivo.

Sin embargo, vale la pena recordar que una parte relevante de la definición de arquitectura bioclimática expresada líneas arriba, es la de lograr las condiciones de confort usando preferentemente energías pasivas (dejando pasar o bloqueando el sol, el viento o la humedad y aprovechando el funcionamiento termodinámico de los materiales y los sistemas constructivos), o bien energías activas limpias (electricidad fotovoltaica o eólica). Estas modalidades de la energía pueden ser menos poderosas que las energías activas convencionales, pero

al plantear como meta temperaturas neutras de origen adaptativo, la tarea de control se reduce y hace más fácil alcanzar el desempeño deseado. En este esquema, el uso de energías activas convencionales debe quedar solo como la última alternativa a usar, por lo que la huella de carbono del espacio proyectado puede tender a cero.

De esta forma, el confort térmico entendido bajo el modelo adaptativo sirve no solo para gestionar la interfase de habitabilidad térmica de la arquitectura, sino también la parte de su interfase de sostenibilidad que tiene que ver con la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y la amenaza del calentamiento global.

EL ROL DEL HABITANTE

No obstante, la certeza que dan las herramientas de diagnóstico bioclimático y lo probado que se tiene el desempeño de estrategias, sistemas y dispositivos de climatización pasiva, el factor decisivo estriba en el comportamiento de los habitantes. Bajo esta premisa, aun el mejor proyecto bioclimático, el más cuidado y calculado con herramientas científicas, el construido con el más meticuloso enfoque sostenible, puede resultar en un dispendio energético si el habitante no procede de una manera proactiva. De hecho, el edificio no consume energía, es la gente quien lo hace (Janda, 2011). De ahí que sea necesario pensar que los espacios habitables no solo deban ser correctamente planeados, calculados, diseñados y construidos, sino que deben acompañarse de manuales de usuario, códigos de conducta, protocolos de procedimientos y cualquier otro complemento similar, con el propósito de que los habitantes cuenten con información veraz y oportuna de cómo opera el espacio en términos de climatización pasiva y desempeño energético y puedan hacer el mejor uso de él.

Esto tiene que ver con la manera en que las personas interactúan con su entorno natural, y que Gardner (1999), ha denominado “inteligencia naturalista”. En el contexto en que abordamos el presente capítulo, se trataría más bien de una expansión más allá del ambiente natural, y se definiría como la capacidad de comunicarse con el entorno urbano y arquitectónico que se habita. Aquí, como en

las otras inteligencias específicas identificadas por Gardner,⁹ las personas pueden actuar en una enorme gama de comportamientos que pueden ir de un desempeño deficiente a uno sobresaliente. Por lo que se plantea, entonces, la necesidad de ir más allá de la simple oferta de manuales o guías; es decir, pensar en formar a las personas, desde la infancia, en temas de interacción con su espacio habitable: cuándo abrir ventanas y cuándo cerrarlas y porqué; por ejemplo; cuándo correr cortinas, cuándo encender y cuándo apagar la luz, la calefacción o el aire acondicionado; cómo obtener mejores resultados de los dispositivos de climatización; etcétera. Es decir, una formación en adaptación térmica e interacción con el hábitat.

Por esta razón, el objetivo medular del capítulo consiste en plantear recomendaciones que puedan ser usadas regularmente por la Universidad Veracruzana para la proyección, construcción y mantenimiento de sus diferentes espacios físicos. Para ello, se hace primero un recorrido por las experiencias previas emprendidas por universidades de diversos lugares del mundo, así como por la propia uv. Una vez seleccionados los lugares en que se localizan las instalaciones universitarias más sustantivas, se hace un análisis del clima de cada uno de esos sitios, así como los diagnósticos bioclimáticos que conducen precisamente a las recomendaciones buscadas. Finalmente se revisan los resultados de clima y bioclima bajo la perspectiva del cambio climático para tres plazos, siendo el 2099 el año hasta el que se abarcaría.

REVISIÓN DE CASOS ANÁLOGOS

Las metas de sostenibilidad son comunes ya a la mayoría de las universidades del planeta, de ahí que son muchos los casos que pueden reseñarse como análogos al tema de este capítulo. Es claro que dentro de las metas de sostenibilidad que persiguen las universidades del planeta ocupan un lugar importante los

9. Las inteligencias o destrezas múltiples que identifica Gardner son: verbal-lingüística, lógica-matemática, visual-espacial, musical, corporal-cinestésica, interpersonal, intrapersonal y naturalística.

esfuerzos por mejorar el desempeño energético de los recintos universitarios, especialmente en temas de climatización. Por esta razón, año con año se presentan diferentes aportes de investigación relacionados con el diseño, la operación y el mejoramiento de instalaciones universitarias en conferencias y/o revistas internacionales. Los temas más recurrentes incluyen aspectos de iluminación y ventilación natural; confort térmico y calidad del aire; herramientas de diseño, componentes de edificio y remodelaciones; espacios abiertos y de transición; y políticas de crecimiento y cambios en el uso del suelo; así como políticas energéticas de los campus.

Resulta relevante la experiencia del Center of Interactive Research on Sustainability (CIRS) en el Campus Point Gray de la Universidad de Columbia Británica en Vancouver, Canadá. El proyecto del CIRS, concluido en 2011, se basó en la búsqueda de tres cualidades fundamentales para el edificio en operación: verde, humano e inteligente. Para cada una de estas categorías se plantearon objetivos específicos (Brown *et al.*, 2009):

Para lograr que el edificio fuera verde, se buscó:

1. Diseñar teniendo en mente al tiempo; es decir, considerar el ciclo de vida completo y los cambios a esperar por efecto del cambio climático para los próximos 100 años.
2. Eliminar el desperdicio de materiales, considerando el armado, modificación y desarmado de los componentes, así como su posible reciclaje durante el ciclo de vida completo.
3. Lograr un impacto positivo en el ambiente por el uso de energía, mediante la definición de metas de consumo, la utilización de fuentes de energía libres de GEI y la disminución de demanda de electricidad para todo el campus.
4. Preservar la calidad ambiental mediante el balance de consumo de agua, captación e infiltración de aguas pluviales para evitar todo escurrimiento hacia fuera del campus.

Respecto a la expectativa de lograr un edificio humano, se procuró:

1. Una evaluación permanente del confort de los habitantes.
2. Proveer una calidad ambiental extraordinaria en términos de confort térmico, visual, auditivo y de calidad del aire, considerando las diferencias y preferencias individuales a fin de implementar medios de control local fáciles y accesibles para los ocupantes.
3. Integrar un área de comedor en la que los habitantes pudieran preparar y compartir alimentos en vez de comprarlos y consumirlos individualmente. Se incluyó también una cafetería en donde se pudiera encontrar el mayor número de opciones de dieta posibles.
4. Propiciar la comunicación entre los habitantes y de estos con su entorno, ya sea arquitectónico o natural; a través de senderos, lugares de encuentro, vistas hacia el bosque y espacios para conferencias y adiestramiento accesibles a pie.

En cuanto a la expectativa de edificio inteligente, se consideró:

1. Proveer al edificio de instrumentos de control y monitoreo para permitir la retroalimentación y el aprendizaje. De esa forma, tanto los habitantes como los encargados de la gestión del edificio pueden compartir datos, experiencias, expectativas y propuestas para mejorar el desempeño sostenible del recinto.
2. Hacer del edificio central un ejemplo de soluciones económicas replicables, en cuanto a decisiones de diseño y de operación basadas en los costos más bajos del ciclo de vida e incluso alentando la experimentación con enfoques no rentables.
3. Propiciar la sinergia con edificios vecinos mediante el intercambio de datos de monitoreo, políticas del campus y proyectos de crecimiento futuro.

En la actualidad, el edificio sigue siendo un referente que comparte su experiencia a todo interesado, a través de su sitio web¹⁰ donde se tienen disponibles los manuales de operación de acuerdo a los diferentes objetivos planteados en su proyecto.

Un indicador de lo generalizado que se encuentra el esfuerzo por reducir la huella de carbono de las universidades, lo constituye el sitio de internet lanzado en 2010 por la Universidad de Indonesia denominado *UI Green Metric World University Ranking*.¹¹ El propósito del sitio es mantener actualizada una clasificación de las universidades participantes según los esfuerzos emprendidos y las metas alcanzadas. Cualquier universidad puede sumarse mediante la respuesta a una encuesta en línea, en la que se proporcionan los datos suficientes para calcular su desempeño.

Las categorías que explora la encuesta son:

1. Sitio e infraestructura
2. Energía y cambio climático
3. Gestión de residuos sólidos
4. Gestión del agua
5. Transportación
6. Educación

Para los propósitos de este capítulo es el punto número dos el que nos interesa particularmente. De hecho, también es el que conlleva la mayor ponderación de la encuesta. Incluye indicadores relativos al emprendimiento de políticas de uso de energía renovable y de reducción de emisiones de GEI; así como de la implementación de programas de conservación de energía y de adaptación y mitigación del cambio climático. Incluye indicadores acerca del uso de electrodomésticos de bajo consumo energético y del consumo eléctrico en general, así como indicado-

10. <https://cirs.ubc.ca/>

11. <http://greenmetric.ui.ac.id/>

res sobre “construcción ecológica”, que debe interpretarse como arquitectura bioclimática.

En la clasificación del año 2018 (Universitas Indonesia, 2018), los diez primeros lugares en el rubro de energía y cambio climático lo ocuparon ocho universidades europeas, una china y una saudí.¹² En cuanto a las doce universidades mexicanas participantes, la Universidad Autónoma de Nuevo León fue la mejor calificada en este rubro (sitio 76 del listado global). El resto de las casas de estudio de nuestro país quedaron entre los lugares 118 (ITESO Universidad Jesuita de Guadalajara) y 700 (Instituto Nacional de Antropología e Historia) de 719 participantes.¹³

ANTECEDENTES EN LA UV

La Universidad Veracruzana no ha sido ajena a este esfuerzo global. En el año 2010 fue creada la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad¹⁴ de la Universidad Veracruzana (CoSustentaUV) con el fin de fortalecer la dimensión ambiental en las funciones sustantivas de la institución, en el marco de los principios del desarrollo sostenible. Así, la CoSustentaUV ha sido responsable de poner en marcha el sistema de manejo ambiental de la universidad, y de la implementación de políticas académicas y administrativas conducentes a ese propósito original (Universidad Veracruzana, 2019).

Como parte de esa misión, se publicaron los “Lineamientos de sustentabilidad para las edificaciones de la Universidad Veracruzana” (Universidad Veracruzana, 2013), criterios básicos de sustentabilidad en la proyección, construcción y mantenimiento de las edificaciones institucionales. El documento tiene la virtud

12. Universidad de Alcalá, España, Wageningen University & Research, Umwelt-Campus Birkenfeld, Freie Universität Berlin, Dublin City University, University of Nottingham, Nottingham Trent University, University of Bradford, Shandong Normal University–Lishan College, King Abdulaziz University.

13. Para conocer la calificación de las universidades mexicanas participantes en las 6 categorías de la encuesta puede visitarse la siguiente liga: <http://greenmetric.ui.ac.id/detailnegara2018/?negara=Mexico>.

14. En México es común el uso de las palabras “sustentabilidad” y “sustentable” como sinónimos de “sostenibilidad” y “sostenible”.

de ser breve, lo que hace más contundentes sus recomendaciones. Respecto del diseño arquitectónico con enfoque bioclimático,¹⁵ propone cinco acciones básicas que pueden agruparse alrededor de tres ejes fundamentales:

1. El mejoramiento de las condiciones de sensación térmica de los ocupantes, definiendo un rango de temperaturas de confort de entre 20 y 24 grados centígrados.
2. La utilización preferente de medios de iluminación y ventilación natural, con aleros de protección solar hacia el sur, a fin de evitar condiciones de sobrecalentamiento.
3. El uso de vegetación con especies arbóreas nativas para la generación de sombra sobre los edificios, el redireccionamiento de los vientos y el amortiguamiento del ruido proveniente de áreas exteriores (Universidad Veracruzana, 2013: 5-6).

Estos lineamientos se complementan con algunos del rubro de energía que se incluyen en los ejes previamente descritos, como son el uso de vegetación o el mejoramiento de la iluminación natural mediante la aplicación de colores claros en las superficies interiores. Pero hay otras recomendaciones que constituyen dos ejes más relacionados con el diseño bioclimático, a saber:

1. Incorporación de aislantes térmicos en los edificios, de acuerdo a la NOM-018-ENER-2011, cuya reflectancia debe ser mayor al 70% en losas planas o poco inclinadas y de 30% cuando la pendiente sea mayor de 60 grados.
2. La satisfacción de cuando menos 10% de los requerimientos energéticos del edificio con energías renovables de tecnología regional o nacional (Universidad Veracruzana, 2013: 7).

15. Las diez áreas de interés del documento son: Emplazamiento, Bioclimática y diseño arquitectónico, Estructuras y sistemas constructivos, Agua, Energía, Residuos, Áreas naturales, Movilidad urbana y accesibilidad, Riesgo y contingencia, y Comunidad.

Como puede observarse, los lineamientos son muy generales y deben interpretarse como una línea base a partir de la cual es necesario precisar con mayor detalle. La aplicabilidad de los lineamientos es acertada en la medida en que el estado de Veracruz sea visto como una gran región climática, pero si se hace un acercamiento resulta evidente que hay zonas con peculiaridades que demandan unas directrices de diseño más ajustadas.

LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Las instalaciones de la Universidad Veracruzana son numerosas y se dispersan prácticamente por toda la extensión territorial del estado. El sistema denominado Universidad Veracruzana Intercultural (UVI) tiene cuatro sedes: Huasteca y Totonacapan al norte del estado, Grandes Montañas en el centro, y Selvas en el sur. Por otra parte, se tienen Casas de la Universidad en ocho poblaciones (Atlahuilco, Coyopolan, El Conejo, El Paisano, La Chinatla, Molino de San Roque, Tlapala y Vecinos de El Manglar). Sin embargo, los conjuntos de edificios donde se concentra el mayor número de personas de la comunidad universitaria y en donde se desempeñan las principales funciones de la institución, se agrupan en cinco campus localizados en las zonas urbanas de mayor importancia demográfica y económica del estado: Coatzacoalcos-Minatitlán, Orizaba-Córdoba, Poza Rica-Tuxpan, Veracruz y Xalapa (Universidad Veracruzana, 2019). Por tal motivo, nos concentraremos en estos cinco campus para analizar su clima, lo cual permitirá establecer recomendaciones de diseño arquitectónico bioclimático más ajustadas al sitio, como complemento de los lineamientos básicos antes citados (Universidad Veracruzana, 2013).

ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES

Para analizar el clima y determinar las recomendaciones bioclimáticas para cada campus, se aplicó la carta bioclimática de Szokolay (2008), y se establecieron criterios de diseño basados en las recomendaciones de Koenigberger, Mahoney y Evans (1971), y en los indicadores de forma y tratamiento de la piel de Serra y Coch (1995).

Tres de los campus se localizan en la costa, a menos de 60 metros sobre el nivel del mar: Coatzacoalcos-Minatitlán, Poza Rica-Tuxpan y Veracruz, de ahí que tengan condiciones climáticas similares (ver tabla 1.1). Estas regiones presentan dos temporadas climáticas durante el año. En la primera, que ocurre durante siete meses, de abril a octubre, predominan condiciones muy cálidas y húmedas, con temperaturas máximas promedio por encima de los 32 °C y humedad relativa promedio alrededor de 80 por ciento. Tales condiciones son especialmente difíciles en las horas cercanas al mediodía. El objetivo de bioclimatización es enfriar y las estrategias recomendadas son la ventilación natural intensa (1.5 m/s), y el uso moderado de aire acondicionado al mediodía, ajustado a la temperatura neutral de acuerdo a la fórmula [1]. La segunda temporada se observa en los meses de noviembre a marzo cuando las condiciones de temperatura no son tan severas (temperaturas máximas promedio entre 27 y 28.5 °C), aunque la humedad relativa promedio sigue siendo alta, entre 73 y 80 por ciento. El objetivo también es enfriar, pero con alcances diferentes en cuanto a las estrategias: ventilación natural de mediana intensidad (1.0 m/s) durante el día, así como incorporación de masa térmica en la edificación (muros gruesos o de alta densidad) para incrementar el amortiguamiento térmico.

Los otros dos campus se ubican en tierras más altas, Xalapa en montaña (entre 1300 y 1500 msnm) y Orizaba-Córdoba en zona intermedia (entre 700 y 1200 msnm), de ahí que sus condiciones difieran de las zonas costeras (ver tabla 1.1). En estas dos regiones se presentan también dos temporadas durante el año. En la región de Orizaba-Córdoba predominan condiciones cálidas y húmedas en los meses de abril a octubre, con temperatura máxima promedio cercana a los 30 °C y humedad relativa promedio de 80 por ciento. El objetivo de bioclimatización que corresponde es enfriar y la estrategia recomendada es ventilación natural intensa (hasta 1.5 m/s). El resto del año, de noviembre a marzo, las condiciones predominantes son semicálidas y húmedas, con temperaturas máximas promedio de 26 °C y humedad relativa promedio de 73 por ciento. No obstante, es necesario observar que en esta temporada la temperatura mínima promedio llega a ser un poco más baja de 15 °C, situación que demanda objetivos de bioclimatización contrarios

TABLA 1.1. Clima y bioclima de las zonas urbanas con campus de la UV

Zona	Campus y estaciones del Servicio Meteorológico Nacional de donde se obtuvieron los datos	Temporadas climáticas	Temperaturas promedio (°C)	Humedad relativa promedio (%)	Temperatura operativa neutra (°C)	Rango de confort (°C)
Costa	Coatzacoalcos-Minatitlán Estación: 30107 (Minatitlán) Latitud: 18° N Longitud: 94.6° W Altitud: 35 msnm Periodo de datos: 1981 – 2010	Calurosa y húmeda (abril a octubre)	Mínima: 21.8 Máxima: 32.8	81	27.0	Entre 24.5 y 29.5
		Cálida y húmeda (noviembre a marzo)	Mínima: 18.7 Máxima: 28.4	80	25.1	Entre 22.6 y 27.6
	Poza Rica-Tuxpan Estación: 30132 (Poza Rica) Latitud: 20.5° N Longitud: 97.5° W Altitud: 50 msnm Periodo de datos: 1981 – 2010	Calurosa y húmeda (abril a octubre)	Mínima: 22.3 Máxima: 34.3	78	27.5	Entre 25.0 y 30.0
		Cálida y húmeda (noviembre a marzo)	Mínima: 16.4 Máxima: 27.3	73	24.2	Entre 21.7 y 26.7
	Veracruz Estación: 30056 (El Tejar) Latitud: 19.1° N Longitud: 96.2° W Altitud: 10 msnm Periodo de datos: 1981 – 2010	Calurosa y húmeda (abril a octubre)	Mínima: 21.9 Máxima: 32.0	81	26.8	Entre 24.3 y 29.3
		Cálida y húmeda (noviembre a marzo)	Mínima: 17.0 Máxima: 27.5	80	24.4	Entre 21.9 y 26.9
Intermedia	Orizaba-Córdoba Estación: 30151 (San Miguelito) Latitud: 18.9° N Longitud: 96.9° W Altitud: 781 msnm Periodo de datos: 1971 – 2000	Cálida y húmeda (abril a octubre)	Mínima: 19.9 Máxima: 29.9	80	25.5	Entre 23.0 y 28.0
		Semicálida y húmeda (noviembre a marzo)	Mínima: 14.9 Máxima: 26.0	73	23.5	Entre 21.0 y 26.0

(concluye Tabla 1.1)

Zona	Campus y estaciones del Servicio Meteorológico Nacional de donde se obtuvieron los datos	Temporadas climáticas	Temperaturas promedio (°C)	Humedad relativa promedio (%)	Temperatura operativa neutra (°C)	Rango de confort (°C)
Montaña	Xalapa Estación: 30452 (Briones) Latitud: 19.5° N Longitud: 96.9° W Altitud: 1349 msnm Periodo de datos: 1981 – 2100	Semicálida y húmeda (marzo a noviembre)	Mínima: 11.9 Máxima: 26.0	67	22.7	Entre 20.2 y 25.2
		Templada y subhúmeda (diciembre a febrero)	Mínima: 8.1 Máxima: 22.2	62	20.8	Entre 18.3 y 23.3

Fuente: datos climatológicos tomados de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=ver>; procesados de acuerdo con los procedimientos de Tejeda Martínez (1991), para valores horarios; Tejeda Martínez (1994), para estimación de la humedad relativa y Morgan y Gómez Azpeitia (2018), para estimación de temperatura neutra; mediante el software Bioclimarq (Gómez Azpeitia, 2016).

entre sí: enfriar en el día y calentar por la noche. La estrategia de enfriamiento sugerida es ventilación natural moderada (0.5 m/s) y para calentamiento se aconseja ganancia solar moderada, así como la incorporación de masa térmica en la edificación para incrementar el retraso térmico.

En la región de Xalapa se registra también una temporada semicálida y húmeda, solo que durante los meses de marzo a noviembre. Las condiciones térmicas y de humedad son similares a las de la región de Orizaba-Córdoba, por lo que comparte objetivos y estrategias de climatización: ventilación natural moderada para enfriamiento durante el día y ganancia solar moderada más masa térmica incorporada para calentamiento nocturno. Sin embargo, la mayor altitud de Xalapa hace que las condiciones que se registran de diciembre a febrero se consideren como de temporada templada y húmeda, con temperatura mínima promedio un poco arriba de 8 °C y humedad relativa promedio de 62 por ciento.

El objetivo de bioclimatización es calentar, y se recomiendan las estrategias de ganancia solar (directa o indirecta) durante el día e incorporación de masa térmica en la edificación para propiciar la emisión de infrarrojo durante la noche.

Las estrategias de bioclimatización anteriores demandan la aplicación de los siguientes criterios de diseño respecto de la organización espacial, la disposición del edificio y el tratamiento de la envolvente:

1. *Configuración espacial y volumétrica:* En los cinco casos analizados la orientación óptima es norte-sur, con eje largo este-oeste, pero conviene también considerar vanos frontales a los vientos dominantes. La información estadística de los vientos dominantes por región o localidad no es suficiente para tal consideración, por lo que es necesario determinar la dinámica del viento en el lote mismo donde se ubique el proyecto en cuestión, ya que el patrón regional de vientos suele verse alterado por la orografía y presencia de árboles, edificios, cañones urbanos, etc. La disposición espacial indicada es lo más extendida posible y provista de protección contra los vientos, excepto para Coatzacoalcos-Minatitlán en la que se aconseja extendida también, pero facilitando al máximo la ventilación todo el tiempo. En todos los casos, las habitaciones deben desarrollarse en una sola galería que facilite la ventilación cruzada. La configuración espacial a base de patios puede ser aceptable en los cinco campus (figura 1.1).
2. *Uso y variabilidad espacial:* En ninguno de los cinco campus resulta aconsejable el uso de espacios exteriores como lugares de estancia si estos no cuentan con dispositivos de sombreado. Al interior, la posibilidad de tener configuraciones espaciales movibles, temporales o variables no resulta necesaria excepto para el caso de Xalapa, donde la envolvente debe trabajar con propósitos de enfriamiento unos meses del año, mientras que en otros debe hacerlo para calentar.
3. *Configuración y tratamiento de los cerramientos:* En todos los casos se indican muros, pisos y cubiertas ligeros, estas últimas con aislamiento.

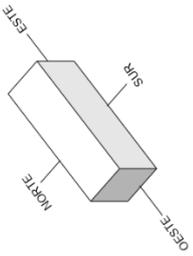
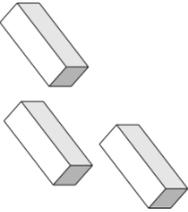
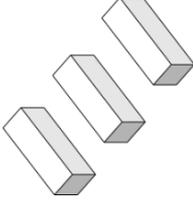
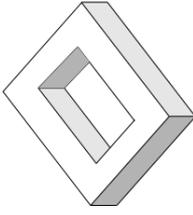
Región	Orientación	Configuración en planta		
		Extendida y ventilada	Extendida y protegida del viento	Con patios
	 <p>Norte - Sur</p>			
Coatzacoalcos- Minatitlán	x	x		x
Poza Rica- Tuxpan	x		x	x
Veracruz	x		x	x
Orizaba- Córdoba	x		x	x
Xalapa	x		x	x

FIGURA 1.1. Recomendaciones de configuración espacial y volumétrica.

Fuente: elaboración propia.

Región	Muros			Ligeras con aislamiento	Cubiertas
	Ligeros con aislamiento	Masivos a la sombra	Masivos soleados en temporada fría		
Coatzacoalcos- Minatitlán	X	X		X	X
Poza Rica- Tuxpan	X	X		X	X
Veracruz	X	X		X	X
Orizaba-Córdoba	X	X		X	X
Xalapa	X	X	X	X	X

FIGURA 1.2. Recomendaciones de configuración y tratamiento de los cerramientos.

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, es necesario proveer a los espacios de algunos muros densos y/o masivos que operen como elementos de inercia térmica, ya sea para amortiguar la oscilación de temperaturas (en este caso deben estar a la sombra: válido para los tres campus costeros) o para incrementar el retraso térmico y la emisión de radiación infrarroja durante las noches (favorable si reciben un poco de radiación solar: para los campus de mayor altitud). En el tema de techos, las cubiertas verdes a pesar de no ser ligeras son muy recomendables para todo tipo de clima (figura 1.2).

4. *Tamaño y disposición de vanos:* Se recomienda tener la mayor área posible de vanos abiertos, entre 50 y 80 % respecto de la superficie de fachada, excepto para Xalapa en que se sugiere entre 30 y 50 % del área de fachada. Todos los vanos deben disponerse a la altura de los ocupantes; provistos de dispositivos de sombreado como aleros, partesoles, pérgolas o similares; y lo más frontal posible a la dirección de los vientos dominantes. Igualmente se aconseja la menor área posible de vanos acristalados cerrados mientras reciban luz solar directa, excepto para Xalapa durante la temporada templada (figura 1.3).
5. *Interrelación envolvente-entorno físico:* Se sugiere tener el menor contacto físico posible entre la base del edificio y el suelo (asentamiento), así como entre los muros y otros edificios colindantes (adosamiento). Lo primero se puede lograr a base de pilotes y lo segundo desplazando lo más lejos posible de las colindancias. No es así para el caso de Xalapa, donde sí se recomienda asentamiento y adosamiento moderados (figura 1.4).
6. *Tratamiento de fachadas:* (figura 1.5).

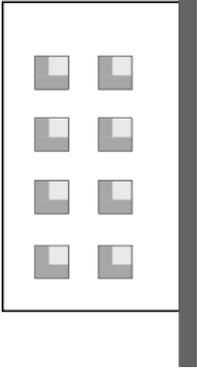
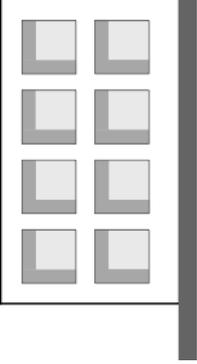
Región	Entre 50% y 80% del área de fachada	Vanos Entre 30% y 50% del área de fachada
		
Coatzacoalcos-Minatitlán	x	
Poza Rica- Tuxpan	x	
Veracruz	x	
Orizaba-Córdoba	x	
Xalapa		x

FIGURA 1.3. Recomendaciones de tamaño y disposición de vanos.

Fuente: elaboración propia.

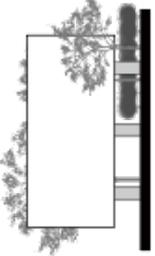
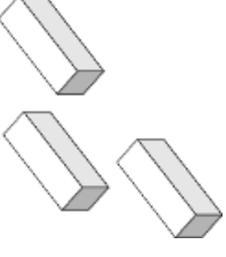
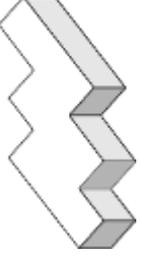
Región	Asentamiento (interrelación edificio-suelo)		Adosamiento (interrelación entre edificios)	
	El menor contacto posible	Contacto recomendado	El menor contacto posible	Contacto recomendado
				
Coahuila	x		x	
Minatitlán				
Poza Rica	x		x	
Tuxpan				
Veracruz	x		x	
Orizaba				
Córdoba	x		x	
Xalapa		x		x

FIGURA 1.4. Recomendaciones de interrelación envolvente-entorno físico.

Fuente: elaboración propia.

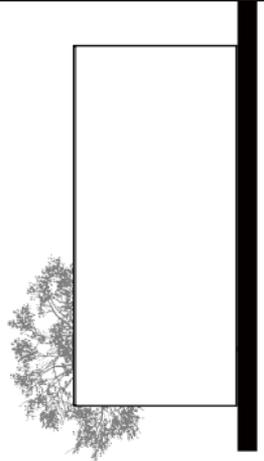
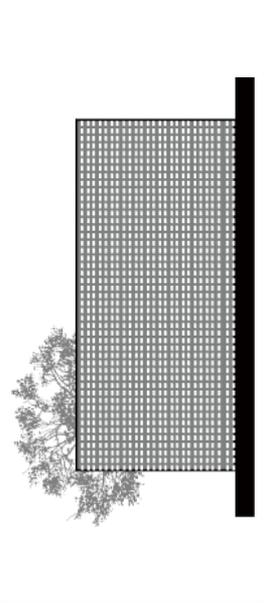
Región	Tratamiento y color de la superficie	
	<p>Superficie lisa Color claro</p> 	<p>Superficie rugosa o con pliegues moderados. Color medio</p> 
Coatzacoalcos-Minatitlán	x	
Poza Rica- Tuxpan	x	
Veracruz	x	
Orizaba-Córdoba	x	
Xalapa		x

FIGURA 1.5. Recomendaciones de tratamiento de fachadas.

Fuente: elaboración propia.

PROSPECTIVA POR EFECTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

El análisis climático que sirvió para establecer los anteriores objetivos, estrategias y criterios de bioclimatización, incorpora el factor tiempo únicamente del pasado; es decir, el análisis climático empleó datos registrados durante los 30 años recientes. Sin embargo, es necesario considerar también la otra dirección temporal: el futuro. Para ello hay que abordar el tema del cambio climático.

El cambio climático puede definirse como el conjunto de variaciones en los valores de los elementos meteorológicos (temperatura, precipitación, humedad, etc.) de una amplia región, a lo largo de un período extenso, las cuales provocan alteraciones en el clima precedente (Pita y Cuadrat, 2000: 343-351), siendo en parte consecuencia de la continua emisión de gases de efecto invernadero (GEI) generados por la actividad humana (IPCC, 2007).

Los estudios que tratan esta problemática se centran en el calentamiento del planeta durante los últimos 50 años, establecido como inequívoco en el cuarto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007). Dicho calentamiento, al afectar de manera significativa las temperaturas globales y el deshielo, también causa modificaciones en la precipitación, salinidad de los océanos, patrones del viento, además de cambios en los eventos extremos como son sequías, tormentas, ondas de calor, e intensidad y ocurrencia de los ciclones tropicales (Conde-Álvarez y Saldaña-Zorrilla, 2007). Además, se prevé que la temperatura continúe incrementándose entre 1.4 y 5.8 °C para el año 2100 (IPCC, 2007), lo que representa un cambio rápido y profundo con fuertes implicaciones en el sistema climático. Dicho calentamiento global podría alcanzar un umbral decisivo de 1.5 °C por encima de los niveles preindustriales para el año 2030 (IPCC, 2018), lo que acelera aún más los riesgos ante los efectos de un cambio climático notorio y recalca la importancia de conocer los impactos a los que están expuestos los ecosistemas y sistemas humanos más vulnerables.

Ahora bien, el llamado efecto invernadero es una causa evidente del problema, por lo que es preciso describirlo como un proceso de origen “natural” que ha existido siempre, pero que se ha intensificado anormalmente a partir de la era

industrial y más significativamente en las últimas décadas por la acción del ser humano y es capaz de modificar las condiciones climáticas a un ritmo que resulta peligroso para la vida del planeta (IPCC, 2001).

Los principales GEI son: vapor de agua (H_2O en estado gaseoso), ozono (O_3), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). Estos se producen de manera natural pero el aumento de su concentración en la atmósfera durante los últimos veinte años se debe a actividades humanas (IPCC, 2007). Además, los GEI considerados exclusivamente antropogénicos son los fluorocarbonados (CFC), los hidrofluorocarbonados (HFC), el perfloroetano (C_2Cl_4) y el hexafluoruro de azufre (SF_6). Cada uno de estos gases tiene diferente capacidad de atrapar la energía solar que es devuelta a la superficie en forma de radiación infrarroja. El GEI más eficiente para ello es el vapor de agua, el cual por sí solo puede explicar hasta 65% del efecto invernadero, seguido del dióxido de carbono (Caballero *et al.*, 2007).

Por tanto, para estimar el impacto del cambio climático en el futuro, se deben cuantificar las concentraciones –naturales y antropogénicas– de GEI y otros forzantes¹⁶ en la atmósfera a los que responde el clima. Para ello, es necesario considerar los posibles cambios tanto de los agentes naturales que inciden en la química de la atmósfera, como de los factores socioeconómicos que afectan la emisión antropogénica de GEI. Para la consideración de las posibles variaciones de factores socioeconómicos, como el crecimiento económico y demográfico y el desarrollo de la tecnología, se han configurado las llamadas Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (*Shared Socioeconomic Pathways*, SSP por sus siglas en inglés), que describen futuros alternativos a partir de narrativas y variables cuantitativas, incorporando los retos que plantean esas perspectivas para la mitigación y adaptación al cambio climático (Escoto *et al.*, 2017). Por su parte, las posibles variaciones de carácter físico-químico en la atmósfera son estima-

16. Los forzantes climáticos son “...indicadores de la influencia que determinado factor ejerce sobre el balance de energía entrante y saliente del sistema Tierra-atmósfera, y constituye un índice de la importancia de ese factor como posible mecanismo de cambio climático” (IPCC, 2007). Entre esos factores se consideran las variaciones en la luminosidad solar, aerosoles provenientes de la actividad volcánica y cambios en la órbita terrestre.

das mediante los denominados Modelos de Circulación General de la Atmósfera (*General Circulation Models*, GCM por sus siglas en inglés) que incluyen información sobre el comportamiento de la atmósfera, las emisiones mencionadas, y modelos climáticos regionales (*Regional Climate Models*, RCM por sus siglas en inglés). Los resultados de este tipo de modelación pueden considerarse como escenarios climáticos futuros.

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC por sus siglas en inglés), un escenario es:

Una descripción coherente y plausible de un estado futuro del mundo. Los escenarios se requieren normalmente en las evaluaciones del impacto del cambio climático, la adaptación y la vulnerabilidad para ofrecer perspectivas alternativas de las condiciones futuras que se consideran posibles fuentes de influencia en un sistema o actividad dados (IPCC, 2001).

Pero es importante recalcar que dichos escenarios no son pronósticos sino posibilidades o diagnósticos de lo que podría suceder bajo diferentes criterios. Por ello, los escenarios construidos bajo estos modelos, conllevan siempre un cierto nivel de incertidumbre.

Los primeros escenarios climáticos se incluyeron en el Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (*Special Reports of Emissions Scenarios*, SRES por sus siglas en inglés), publicado en el año 2000 por el IPCC. Se trata de 40 escenarios diferentes que se clasifican en cuatro familias (A1, A2, B1, B2) que principalmente describen tipos de crecimiento demográfico y económico con direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema energético en función de las emisiones de GEI, entre otros factores (IPCC, 2000).

Posteriormente, en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC sobre Cambio Climático AR5 (IPCC, 2013), se introdujeron escenarios que contienen trayectorias de emisión, concentración y uso del suelo, así como proyecciones socioeconómicas en las denominadas vías o Trayectorias Representativas de Concentración

(*Representative Concentration Pathways*, RCP por sus siglas en inglés). Estos escenarios se calculan según diferentes Forzamientos Radiativos (FR), entendidos como la diferencia entre la radiación solar absorbida por la Tierra y la energía irradiada de vuelta al espacio. Para el año 2100 se estima que el FR deberá estar entre 2.6 y 8.5 W/m², dependiendo de las posibles medidas de mitigación y adaptación que podrían emprender los países. De esta manera, se construyeron cuatro escenarios, en los que, a mayor FR considerado, mayor concentración de GEI y por consecuencia, mayores impactos en el cambio climático global (ver tabla 1.2).

TABLA 1.2. Escenarios de Trayectorias Representativas de Concentración (RCP)

Escenario	Forzamiento Radiativo (FR)	Concentración (ppm)	Trayectoria	Modelo que provee el RCP
RCP 8.5	>8.5 W/m ² en 2100	>1,370 CO ₂	En incremento intenso	MESSAGE (Austria)
RCP 6.0	6 W/m ² estable después de 2100	850 CO ₂ estable después de 2100	En incremento medio	AIM (Japón)
RCP 4.5	4.5 W/m ² estable después de 2100	650 CO ₂ estable después de 2100	En incremento suave	GCAM (EU)
RCP 2.6	Pico en 3 W/m ² antes de 2100 y disminuye después	Pico en 490 CO ₂ antes de 2100 y luego disminuye	En incremento y después en descenso	IMAGE (Países Bajos)

Fuente: elaboración propia. Retomado de Moss *et al.*, (2010).

Las RCP se denominan vías o trayectorias porque permiten obtener proyecciones de las concentraciones de GEI siguiendo su curso a través del tiempo. Son representativas porque concentran diferentes proyecciones, pero con FR similares. Además, estos cubren el período 1850-2100 (Moss *et al.*, 2010), y pueden contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XXI a diferencia de los escenarios de emisión SRES, que no consideran los

impactos de las posibles políticas o acuerdos internacionales tendentes a mitigar las emisiones.

Según las previsiones para el período 2050-2100, el incremento de los GEI podría producir cambios climáticos importantes a nivel mundial, entre los que destacan: temperaturas máximas y mínimas más altas (IPCC, 2013). En este contexto, existen investigaciones que concuerdan en el aumento de las temperaturas máximas después de 1970 a un ritmo notablemente mayor que las temperaturas mínimas (Pavia *et al.*, 2000; Englehart y Douglas, 2005). Respecto de los cambios esperados en la humedad relativa, se estima que cambiará entre $\pm 8\%$ hacia la segunda mitad del siglo XXI, pero dado que ese margen está en el orden de la incertidumbre de los instrumentos de medición, se puede considerar invariante (Tejeda-Martínez *et al.*, 2008). Por esa razón, no se tomó en cuenta para la estimación de variación de los parámetros de confort térmico por efecto del cambio climático.

Así pues, a partir de las proyecciones de temperatura establecidas en el reporte (INECC-PNUD, 2017), para los escenarios RCP 4.5, probable desde una perspectiva optimista, y RCP 8.5, el peor posible, se determinó la temperatura operativa neutra (T_n) para cada una de las regiones en que se localizan los campus de la UV, considerando sus diferentes temporadas climáticas y de acuerdo a tres plazos: de 2015 a 2039, de 2040 a 2074 y de 2075 a 2099 (ver tabla 1.3).¹⁷

En la tabla 1.3 se puede observar que las cinco áreas de estudio presentan proyecciones muy parecidas entre sí, especialmente al cierre del plazo cercano (1939), independientemente del modelo de trayectoria RCP con que se hayan calculado. A partir de esa fecha, se observan diferencias más claras que se ahondan al finalizar el siglo. Para el escenario bajo el modelo RCP 4.5, las T_n tendrían que ser ajustadas en alrededor de un grado de incremento, mientras que para el escenario bajo el modelo RCP 8.5, el ajuste tendría que ser alrededor de dos grados.

17. Los escenarios de temperatura promedio y precipitación para los umbrales de 1.0, 1.5 y 2.0 °C sobre la temperatura media global, reportadas en (INECC-PNUD, 2017), se elaboraron mediante el software MAGICC/SCENGEN v5.3 usando las salidas de los modelos: GFDL CM2.019 y HADGEM120 del Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (AR4).

TABLA 1.3. Incrementos en la temperatura operativa neutra (Tn) por efecto del cambio climático (en grados K)

Región	Temporada	Escenario RCP 4.5			Escenario RCP 8.5		
		2039	2074	2099	2039	2074	2099
Coatzacoalcos-Minatitlán	Calurosa y Húmeda (abril a octubre)	0.6	1.0	1.2	0.7	1.5	2.1
	Cálida y Húmeda (noviembre a marzo)	0.5	0.8	1.0	0.5	1.2	1.9
Poza Rica-Tuxpan	Calurosa y Húmeda (abril a octubre)	0.7	1.0	1.3	0.7	1.5	2.2
	Cálida y Húmeda (noviembre a marzo)	0.5	0.9	1.1	0.6	1.2	1.9
Veracruz	Calurosa y Húmeda (abril a octubre)	0.7	1.0	1.3	0.7	1.5	2.3
	Cálida y Húmeda (noviembre a marzo)	0.5	0.8	1.1	0.6	1.2	1.9
Orizaba-Córdoba	Cálida y Húmeda (abril a octubre)	0.6	1.0	1.2	0.7	1.5	2.1
	Semicálida y Húmeda (noviembre a marzo)	0.5	0.8	1.0	0.5	1.2	2.0
Xalapa	Semicálida y Húmeda (marzo a noviembre)	0.6	0.9	1.2	0.6	1.4	2.1
	Templada y Subhúmeda (diciembre a febrero)	0.5	0.7	1.0	0.5	1.1	1.7

Fuente: elaboración propia adaptado de Moss *et al.*, (2010).

El procedimiento a seguir para determinar las condiciones de confort en los cierres de los plazos (2039, 2074 y 2099) consiste en sumar a la T_n , estimada con los valores históricos al presente, el incremento estimado según el escenario más probable¹⁸ para determinar así la T_n actualizada (tabla 1.4). Por su parte, el rango de confort se determina sumando ± 2.5 K a la T_n para establecer sus límites superior e inferior.¹⁹ Por ejemplo, para el campus Poza Rica-Tuxpan se tiene una T_n actual de 27.5 °C para la temporada calurosa y húmeda (tabla 1.1). Para 2039 habría que agregarle 0.7 °C (según los dos escenarios considerados en la tabla 1.3), lo que nos daría una T_n actualizada de 28.2 °C, y una zona de confort entre 25.7 y 30.7 grados centígrados.

TABLA 1.4. Temperaturas operativas neutras actualizadas por efecto del cambio climático (°C)

Región	Temporada	Escenario RCP 4.5			Escenario RCP 8.5		
		2039	2074	2099	2039	2074	2099
Coatzacoalcos-Minatitlán	Calurosa y Húmeda (abril a octubre)	27.6	28.0	28.2	27.7	28.4	29.1
	Cálida y Húmeda (noviembre a marzo)	25.6	25.9	26.1	25.6	26.3	27.0
Poza Rica-Tuxpan	Calurosa y Húmeda (abril a octubre)	28.2	28.5	28.8	28.2	29.0	29.7
	Cálida y Húmeda (noviembre a marzo)	24.7	25.2	25.3	24.8	25.5	26.1
Veracruz	Calurosa y Húmeda (abril a octubre)	27.5	27.8	28.1	27.5	28.3	29.1
	Cálida y Húmeda (noviembre a marzo)	25.0	25.2	25.5	25.0	25.7	26.3

18. Tendrá que hacerse un seguimiento respecto del avance en las medidas de adaptación y mitigación que adopten los países y decidir cual escenario se está confirmando.

19. La magnitud del rango de confort de ± 2.5 K a partir de la T_n , corresponde a lo establecido en normas internacionales como la ANSI/ASHRAE (2017).

(concluye Tabla 1.4)

Región	Temporada	Escenario RCP 4.5			Escenario RCP 8.5		
		2039	2074	2099	2039	2074	2099
Orizaba-Córdoba	Cálida y Húmeda (abril a octubre)	26.2	26.5	26.8	26.2	27.0	27.7
	Semicálida y Húmeda (noviembre a marzo)	24.0	24.3	24.5	24.0	24.7	25.5
Xalapa	Semicálida y Húmeda (marzo a noviembre)	23.3	23.6	23.9	23.4	24.1	24.9
	Templada y Subhúmeda (diciembre a febrero)	21.3	21.5	21.8	21.3	21.9	22.5

Fuente: elaboración propia, a partir de los incrementos planteado por Moss et al. (2010).

En las figuras 1.6 a 1.10 se muestra la variación en los valores esperados de la temperatura operativa neutra para cada región en particular.

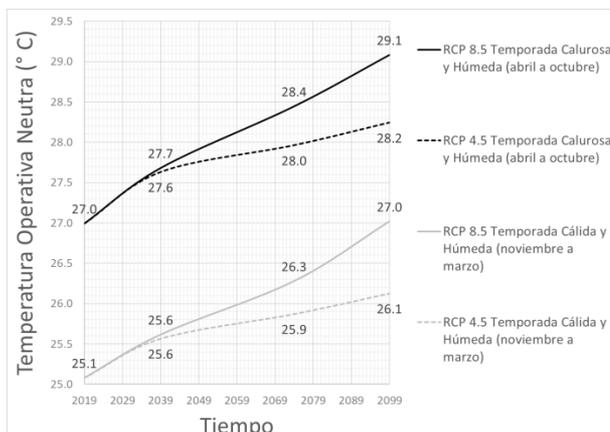


FIGURA 1.6. Variación esperada de la temperatura operativa neutra por efecto del cambio climático en la región Coatzacoalcos-Minatitlán.

Fuente: elaboración propia.

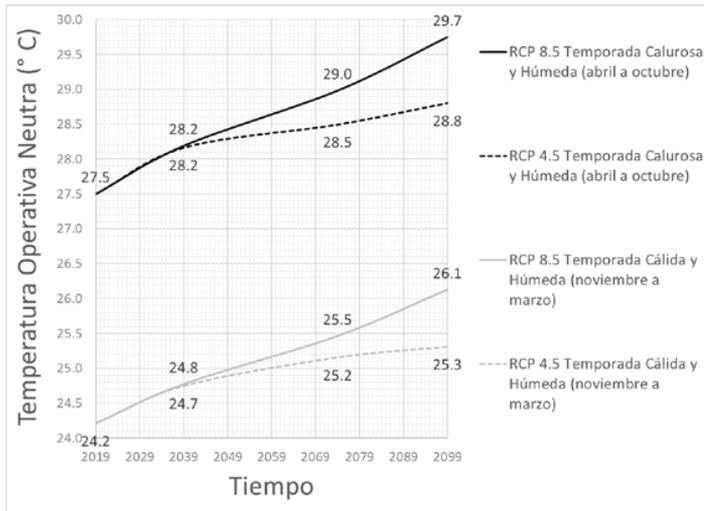


FIGURA 1.7. Variación esperada de la temperatura operativa neutra por efecto del cambio climático en la región Poza Rica-Tuxpan.

Fuente: elaboración propia.

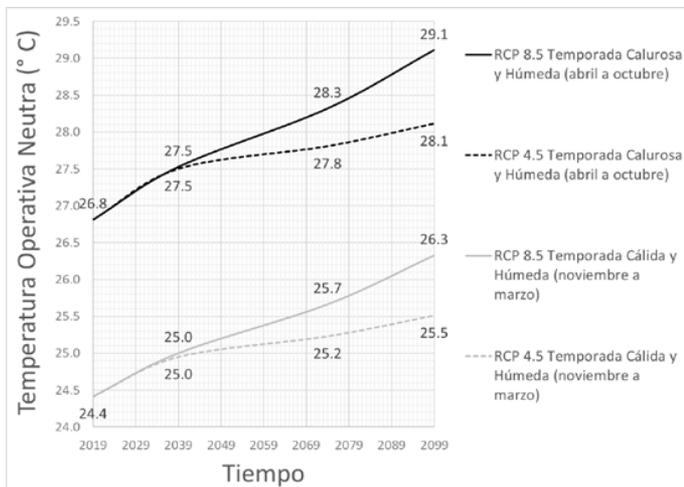


FIGURA 1.8. Variación esperada de la temperatura operativa neutra por efecto del cambio climático en la región del puerto de Veracruz.

Fuente: elaboración propia.

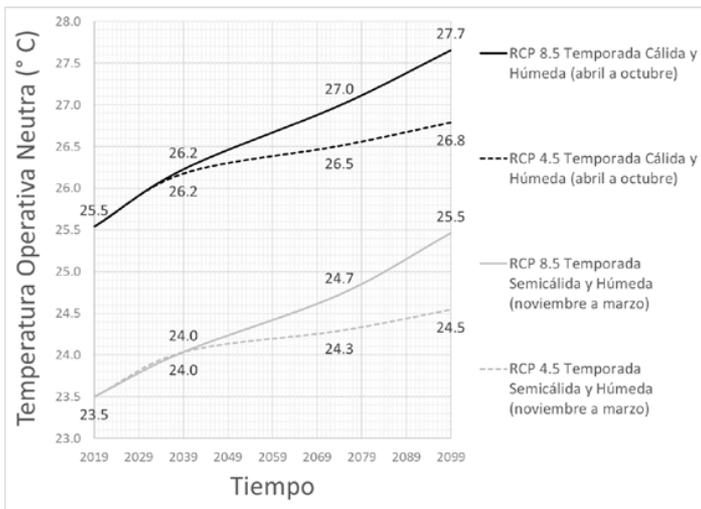


FIGURA 1.9. Variación esperada de la temperatura operativa neutra por efecto del cambio climático en la región Orizaba-Córdoba.

Fuente: elaboración propia.

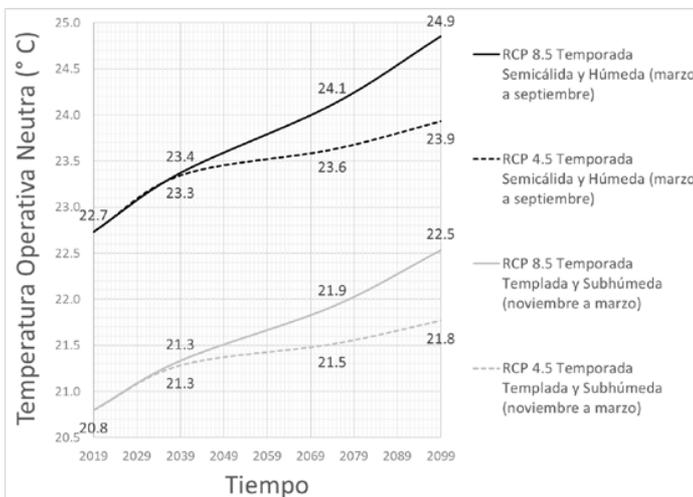


FIGURA 1.10. Variación esperada de la temperatura operativa neutra por efecto del cambio climático en la región Xalapa.

Fuente: elaboración propia.

Los incrementos estimados para las condiciones de confort por efecto del cambio climático no alteran sustancialmente las recomendaciones bioclimáticas para el diseño y construcción propuestas páginas arriba, pero sí suponen la necesidad de incorporar sistemas de aire acondicionado que funcionen durante más tiempo a lo largo del año. Consecuentemente, deberán preverse las medidas necesarias para que esto no se vuelva un círculo vicioso que demande cada vez más energía, cuya generación emita más GEI y cuya concentración incremente la temperatura de la atmósfera. La solución sostenible es hacer obligatoria la adopción de criterios bioclimáticos en el diseño, construcción y mantenimiento de espacios habitables, complementándose con sistemas de climatización artificial que operen exclusivamente mediante suministros de energía limpia, con una huella de carbono nula, como la electricidad fotovoltaica o eólica.

CONCLUSIONES

De lo expuesto, cabe reflexionar en la urgencia del compromiso que deben hacer las instituciones universitarias para disminuir las emisiones de GEI asociadas de manera directa o indirecta a su quehacer, especialmente en materia de construcción y operación de edificios y demás espacios abiertos habitables dentro de sus instalaciones.

En cuanto a la construcción, se puede lograr mediante la selección de materiales, sistemas, equipos y dispositivos de baja huella de carbono durante su ciclo de vida, que sean especificados en los proyectos de nueva creación, así como para el mantenimiento de los edificios existentes. En lo que respecta a la operación de edificios, se puede alcanzar con estricto apego a los criterios de diseño bioclimático en todo proyecto de edificios nuevos o de adaptación que contemplen el menor uso posible de climatización artificial. Aunado a esto debe propiciarse un uso adecuado de los edificios por parte de los habitantes. Cuando la demanda de habitabilidad no pueda ser resuelta exclusivamente mediante medios pasivos y la utilización de sistemas de climatización artificial se haga obligatoria, deberá procurarse que estos sean alimentados exclusivamente con energías limpias, cuya huella de carbono tienda a ser nula.

El cumplimiento de los criterios bioclimáticos como premisa determinante para proyectistas y constructores se hace especialmente relevante cuando se consideran eventualidades como las llamadas *ondas de calor* y *ondas de frío*, situaciones temporales mayores a tres días en las que ocurren temperaturas por arriba o por debajo de los percentiles 95 y 5, respectivamente, de las temperaturas máximas y mínimas en cierto período. En esos casos, la necesidad de climatización artificial resultará apremiante a mayor medida en que el edificio no esté resuelto para amortiguar tales fenómenos.

Ahora bien, todas estas ambiciones no pueden superarse sin la formulación de políticas estrictas de desarrollo sostenible institucional, así como de normas y protocolos estrictos a seguir por todos los miembros de la comunidad universitaria.

De lograr un desempeño de tales características, el esfuerzo de las comunidades universitarias se vería recompensado con ahorros significativos para su erario, recursos que al ya no tener que ser destinados al pago de electricidad podrían destinarse a las funciones sustantivas de la institución. Pero también con la legitimidad de quien obra en bien de todos, y más importante aún, como *alma mater* que toda universidad es, por la satisfacción de colaborar en la formación de ciudadanos más conscientes y sensibles de su actuar sobre su entorno circundante y sobre las repercusiones que ello puede acarrear al mundo.

Por ello, es conveniente que se generalice el conocimiento de la bioclimática, tanto para arquitectos, ingenieros y constructores, dedicados al desarrollo material de la institución, pero también para los universitarios ajenos a esas labores, estudiantes, docentes, trabajadores y directivos, a fin de que obtengan un mejor rendimiento de los espacios que usan. El monitoreo permanente de los elementos del clima interior, así como del consumo de energía, y su divulgación transparente y expedita, permitirá que la comunidad en su conjunto contribuya a la consolidación de buenas prácticas y a la innovación en el uso, mantenimiento y operación de los recintos universitarios.

REFERENCIAS

- ARONIN, J. (1953). "Climate and architecture". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 81 (Núm. 347), 135-136.
- BORENSTEIN, M., y Rothstein, H. (diciembre 2013). Meta-Analysis: Concepts and Applications. In *Proceedings of the Statistical Horizons Seminar*, Washington, DC, USA (pp. 12-13).
- BROWN, Z., Cole, R., O'Shea, M., y Robinson, J. (2009). New Expectations in Delivering Sustainable Buildings. From Occupant to Inhabitant. En C. Demers, y A. Potvin (Ed.), *Architecture Energy and the Occupant's Perspective. Proceedings of PLEA 2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture* (pp. 15-19). Quebec: Les Presses de l'Université Laval.
- CABALLERO, M., Lozano, S., y Ortega, B. (2007). "Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la Tierra". *Revista digital universitaria*, Vol. 8 (Núm. 10), 2-12.
- CEN. (2007). *Standard EN 15251. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*. Brussels: Comité Européen de Normalisation.
- CONDE-ÁLVAREZ, C., y Saldaña-Zorrilla, S. (2007). "Cambio climático en América Latina y el Caribe: impactos, vulnerabilidad y adaptación". *Ambiente y desarrollo*, Vol. 23 (Núm. 2), 23-30.
- DE DEAR, R., y Brager, G. (1998). Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. *ASHRAE Transactions* (104), 145-167.
- DREYFUS, J. (1960). *Le confort dans l'habitat en pays tropical*. Paris: Éditions Eyrolles.
- DRYSDALE, J. (1949). *Climate and design of buildings*. North Ryde, N.S.W: Commonwealth Experimental Building Station.
- ENGLEHART, P., y Douglas, A. (2005). "Changing behavior in the diurnal range of surface air temperatures over Mexico". *Geophysical Research Letters*, Vol. 32 (Núm. 1). doi:10.1029/2001GL021139.
- ESCOLO, A., Sánchez, L., y Gachuz, S. (2017). "Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP): nuevas maneras de comprender el cambio climático y social". *Estudios demográficos y urbanos*, Vol. 32 (Núm. 3). doi:10.24201/edu.v32i3.1684.

- FLEURE, H. (1919). "Human regions". *Scottish Geographical Magazine* (35), 94-105.
- FANGER, P. (1970). *Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering*. New York: McGraw Hill.
- GARDNER, H. (1999). *Intelligence reframed: multiple intelligences for the 21st century*. New York: Basic Books.
- GIVONI, B. (1969). *Man, Climate and Architecture*. Amsterdam, New York: Elsevier.
- GÓMEZ, Azpeitia, G. (2016). Bioclimarq. (Hoja de cálculo). Colima, México.
- HUMPHREYS, M. (1978). "Outdoor temperature and comfort indoor". *Batiment International/Building Research & Practice*, Vol. 6 (Núm. 2), 92-92.
- _____. (1994). Field Studies and Climate Chamber Experiments in Thermal Comfort Research. En N. Oselands, & M. Humphreys, *Thermal Comfort: Past, Present and Future* (pp. 52-72). Watford: Building Research Establishment Report, BRE.
- HUMPHREYS, M., y Nicol, J. (1998). Understanding the adaptative approach to thermal comfort. *ASHRAE Transaction*, 104 (1), 991-1004.
- HUNTINGTON, E. (1915). *Civilization and Climate* (Third Edition 1924, Revised and Rewritten with Many New Chapters ed.). New Haven: Yale University Press.
- INECC-PNUD. (2017). *Estimación de rangos de incertidumbre en las fechas para alcanzar los valores de incremento en la temperatura promedio global 1.0, 1.5 y 2.0 °C y las implicaciones para la República Mexicana. Resumen Ejecutivo, Proyecto 85488*. México: INECC-PNUD. Obtenido de http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/254/868_2017_Rangos%20incertidumbre%20temp_Hdz%20Meneses.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- IPCC. (2000). *Special Report on Emissions Scenarios*. (N. Nakicenovic, y R. Swart , Edits.) Cambridge: Cambridge University Press.
- _____. (2001). *Cambio climático 2001: La base científica. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (J. Houghton, Y. Ding, D. Griggs, M. Noguer, P. van der Linden, X. Dai, C. Johnson, Edits.) Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- _____. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de*

- Expertos sobre el Cambio Climático. (R. y Equipo de redacción principal: Pachauri, Ed.) Ginebra: IPCC.
- _____. (2013). *Cambio Climático 2013: La base científica. Contribución del Grupo de Trabajo I del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático.* (T.F. Equipo de redacción principal: Stocker, Ed.) Cambridge: Cambridge University Press.
- _____. (2018). *Global warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change.* V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (Eds.). Obtenido de <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- IZARD, J., y Guyot, A. (1980). *Arquitectura Bioclimática.* Barcelona: Gustavo Gili.
- JANDA, K. (2011). “Buildings don’t use energy: People do”. *Architectural Science Review*, Vol. 54 (Núm. 1), 15-22.
- KOENIGBERGER, O., Mahoney, C., y Evans, J. (1971). *Climate and House Design.* United Nations Organization, Economic and Social Affairs, Centre for Housing, Building, and Planning.
- LOS, S. (1990). Un Programma regionalista per l’architettura. En S. Los, *Regionalismo dell’architettura* (pp. 1-73). Padova: Franco Muzzie Editore.
- MCCARTNEY, K., y Nicol, J. (2002). “Developing an adaptive control algorithm for Europe”. *Energy and Buildings*, 2002 (34), 623–635.
- MORGAN, N., y Gómez, Azpeitia, G. (2018). Development of a Mexican standard of thermal comfort for naturally ventilated buildings. En L. Brotas, S. Roaf, J. Nicol, & M. Humphreys, *Rethinking Comfort. Proceedings of 10th Windsor Conference* (pp. 596-607). Windsor UK: NCEUB Network for Comfort and Energy Use in Buildings.
- MOSS, R., Edmonds, J. K., Manning, M., Rose, S., Van Vuuren, D., [...], y Meehl, G. (2010). “The next generation of scenarios for climate change research and assessment”. *Nature*, Vol. 463 (Núm. 7282), 747-756.
- NSI/ASHRAE. (2017). *ASHRAE:55 Thermal environmental conditions for human occupancy.* Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

- OLGYAY, V. (1963). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- PAVIA, E., Graef, F., y Reyes, J. (2000). "Annual and seasonal surface air temperature trends in Mexico". *International Journal of Climatology*, Vol. 29 (Núm. 9), 1324-1329.
- PITA, M. y Cuadrat, J. (2000). *Climatología*. Madrid: Ed. Cátedra (Grupo Anaya, s.A.).
- SCAETTA, M. (1935). « Terminologie Climatique, Bioclimatique et microclimatique ». *La Météorologie* (11), 342-347.
- SERRA, R. y Coch, H. (1995). *Arquitectura y Energía Natural*. Barcelona: Ediciones UPC.
- SZOKOLAY, S. (2008). *Introduction to Architecture Science. The basis of sustainable design*. Oxford, UK: Elsevier LTD.
- TEJEDA-MARTÍNEZ, A. (1991). "An exponential model of the curve of mean monthly hourly air temperature". *Atmósfera* (4), 139-144.
- _____. (1994). "On the evaluation of the wet bulb temperature as a function of dry bulb temperature and relative humidity". *Atmósfera* (7), 179-184.
- TEJEDA-MARTÍNEZ, A., Conde-Álvarez, C. y Valencia-Treviso, L. (2008). "Climate change scenarios of extreme temperatures and atmospheric humidity for México". *Atmósfera*, 21 (4), 357-372.
- TEJEDA-MARTÍNEZ, A., I.R. Méndez-Pérez, N.C. Rodríguez y E. Tejeda-Zacarías (2018). *La humedad en la atmósfera: bases físicas, instrumentos y aplicaciones*. Universidad de Colima, Colima, p. 263. Obtenido de: www.ucol.mx/publicacionesenlinea/.
- UNIVERSIDAD VERACRUZANA. (2013). *Lineamientos de sustentabilidad para las edificaciones de la Universidad Veracruzana*. Xalapa: CoSustentaUV.
- _____. (2019). *Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad*. Obtenido de Misión, Visión y Objetivos: <https://www.uv.mx/cosustenta/mvobj/>.
- _____. (2019). *Presencia Universitaria*. Obtenido de <https://www.uv.mx/universidad/campus/>.
- UNIVERSITAS INDONESIA. (2018). *UI GreenMetric World University Rankings*. Obtenido de List University Ranking By Indicator 2018: <http://greenmetric.ui.ac.id/rankingindicator2018/?indicator=2>
- WIEDMANN, T., y Minx, J. (2007). "A Definition of "Carbon Footprint"". En C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends* (pp. 1-11). New York: Nova Science Publishers, Inc.

AGUA

MARÍA TERESA LEAL ASCENCIO
SOPHIA ESMERALDA LOZANO RODRÍGUEZ
AMY YAMILETTE LOEZA BEURETH
ANDRÉS BETANCOURT MENESES¹

INTRODUCCIÓN

Una universidad sustentable ha sido definida como una institución de educación superior que promueve y se compromete, a nivel regional o global, a minimizar los impactos negativos ambientales, sociales y de salud, generados por el uso de sus recursos durante el cumplimiento de sus funciones de enseñanza, investigación, vinculación y guía. De esta manera, se ayuda a la sociedad a transitar hacia estilos de vida más sustentables. Las comunidades de los *campi* representan un papel decisivo que se reconoce al estudiar los retos sociales y ecológicos a los que se enfrentan hoy y en el futuro (Hordijk, 2014). En los últimos treinta años, por lo menos, se ha apreciado y reconocido la función que las universidades juegan en acelerar la transición hacia sociedades más sustentables (Tukker *et al.*, 2008).

Con el fin de tener credibilidad en el papel de guías y ser congruentes con el discurso, las universidades tienen primero que actuar sabia y responsablemente en temas de sustentabilidad respecto al manejo de los recursos naturales, materiales y humanos en sus propios *campi*. El manejo del agua no se escapa a la necesidad de gestión y aunque puede parecer algo sencillo en una edificación universitaria, dadas las normas existentes, la realidad es que hay un enorme espacio de mejora y apren-

1. Universidad Veracruzana.

dizaje. Las mejoras sustantivas deben hacerse a través de acciones concertadas alrededor de un programa de gestión del agua que fuerce cambios sustantivos en el comportamiento de los usuarios (Romero *et al.*, 2013). Existen muchas acciones de ahorro de agua invisibles para los usuarios (v.gr. reductores de caudal en lavabos y tarjas o corrección de fugas) que tendrán un impacto limitado de no ampliarse a un programa de gestión que se ejerza a través de una constante capacitación para la comunidad respecto a la importancia que tiene darle un buen manejo al recurso hídrico y que los objetivos trazados por la institución sean alcanzados a través de campañas que influyan positivamente (Romero *et al.*, 2013).

La sustentabilidad en temas de agua en el entorno universitario implica conocer el patrón de consumo, medir el gasto de todos los tipos de agua y reducirlo, especialmente el del agua de primer uso; tratar, reusar y reciclar el agua que ya ha sido utilizada; acopiar y usar el agua de lluvia; recargar acuíferos; proveer agua segura para el consumo humano (potabilizando si el abasto público no es seguro), desfavoreciendo el consumo de agua embotellada y, sobre todo, mostrar estas formas de manejo del agua a la comunidad mediante programas de gestión que incluyan capacitación continua.

El consumo de agua en las universidades está asociado principalmente a su uso en las facultades y centros de investigación. Entre las instalaciones que usan agua están las de aseo personal y las de espacios: sanitarios, de potabilización, laboratorios de prácticas y de investigación, cafeterías y restaurantes, riego de áreas verdes, uso paisajístico en fuentes e instalaciones decorativas, albercas y duchas en instalaciones deportivas, contraincendios, compresores y enfriadores, entre otros (López, 2008).

El avance en la gestión del agua en las universidades se ha dado en diversos aspectos. Por ejemplo, la Universidad de Nottingham en Reino Unido cuenta con políticas de manejo de agua para minimizar el desperdicio y optimizar el uso de tecnologías de ahorro, captación y recuperación de agua. Se identificaron, entre otras cosas, las áreas de la universidad que consumen agua significativamente, se desarrollaron programas de mantenimiento preventivo de las instalaciones en las edificaciones, se implementaron tecnologías de ahorro de agua y de captación, y proveyeron a toda la comunidad universitaria de agua para beber (Denton, 2019).

La Universidad de California en Davis, Estados Unidos, ahorra anualmente el 9% del agua potable del campus (61 millones de galones) a través del uso de agua tratada en las torres de enfriamiento e instalando accesorios eficientes en agua, incluidos los de bajo caudal (BREEAM, 2018). Adicionalmente, ahorraron 383 millones de galones destinados para la investigación agrícola en 2018, comparado con su consumo en el 2013 (UCD, 2019).

En Colombia, la Universidad del Norte cuenta con dos plantas de tratamiento de agua residual para convertir este tipo de agua generada en el campus, en agua apta para riego de campos y jardines; casi el 100% del sistema de riego de las zonas verdes es automático, y el agua de lluvia captada por dos edificios se utiliza para el riego de jardines (Rincón, 2019).

Asimismo, la Universidad de Hokkaido, en Japón, se ha enfocado en reducir su consumo de agua, tanto pública como la de pozos. Del año 2015 al 2018 logró disminuir la dotación de la comunidad universitaria en 10.9 litros por persona al día (HU, 2019).

En México son pocas las universidades que han tomado medidas para mejorar la gestión del agua en sus *campi*. La Universidad Autónoma de Nuevo León lleva la delantera en el tema con su promoción de uso eficiente del agua, a través de la aplicación de políticas dirigidas a mejorar las instalaciones y equipo utilizado para conducir y distribuir el agua; un programa permanente de detección y control de fugas y otro de concientización del uso adecuado por parte de los usuarios, basado en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y a los responsables de las decisiones en todos los niveles. Estas acciones permitieron que el consumo per cápita bajara, ya que en 2011 se consumían 12.4 m³ y en 2018, 8.1 metros cúbicos. Además, gracias al programa de cero fugas, ahorraron un poco más de \$2 250 000 anualmente (UANL, 2019).

Del mismo modo, el ITESO en Guadalajara, cuenta con una red hidráulica que distribuye el agua de su pozo al domo deportivo, bebederos, cafeterías, cocinetas de oficinas y a su planta potabilizadora. Una vez usada el agua, se va al sistema de drenaje, se trata en su planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y se conduce al sistema de riego de áreas verdes (cerca de 49 ha.) (ITESO, 2018),

lo que permite la infiltración tanto del agua pluvial como del agua tratada al subsuelo, promoviendo que el nivel freático de su pozo se mantenga igual desde hace 25 años (Morán, 2017).

La Universidad Nacional Autónoma de México lleva operando desde 2008 el Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua (Pumagua), cuyas metas son reducir en un 50% el suministro de agua para uso y consumo humano; mejorar la calidad del agua para uso y consumo humano y la de reúso para riego de jardines; y lograr la participación de toda la comunidad universitaria en el manejo y consumo responsable del agua. Las acciones que se llevaron a cabo en los últimos años se han enfocado principalmente en el tema de balance hídrico, por lo que, mantener en funcionamiento y operación los micro y macro medidores, la sectorización, el programa de recuperación de caudales y el Observatorio del Agua, han sido fundamentales para el monitoreo del suministro del agua potable en Ciudad Universitaria (UNAM, 2018).

En la Universidad Autónoma Metropolitana se identificaron acciones inmediatas y estratégicas para mejorar el uso del agua en el campus Azcapotzalco. Entre ellas se encuentran cambiar a mingitorios secos, válvulas automáticas y llaves dosificadoras en los sanitarios, operar la planta piloto de tratamiento de aguas residuales y automatizar la red de riego por aspersión. Además, acciones como la cosecha de agua de lluvia, el reúso intensivo del agua tratada para sanitarios e involucrar a la comunidad universitaria en la vigilancia del sistema, están en proceso (González, 2009).

Como parte inicial e imprescindible de un programa de gestión se debe realizar un diagnóstico del uso del agua en la dependencia universitaria que se estudia. Esto significa determinar qué otros usos se tienen del agua, así como la cantidad que se gasta en cada uno de ellos. La importancia de esta medida reside en que se identifica el uso más importante en términos de volumen, se tiene información de aquellas acciones de mayor impacto y se proporciona conocimiento útil para la toma de decisiones de inversión en el programa. Por otro lado, da la información base para evaluar los resultados obtenidos después del inicio del programa de mejora, lo que permite identificar el ahorro generado, la efectividad de

las mejoras y caminos futuros más efectivos, ya que estas medidas deberán estar orientadas a reducir la pérdida en cantidad y calidad (Suárez *et al.*, 2014; Sandoval *et al.*, 2013, LEED, 2013).

Debe hacerse hincapié en que los diagnósticos iniciales de consumo son un insumo importante para el diseño del programa de gestión. Mientras más se ajuste el programa de gestión a un diagnóstico, mejores serán los resultados de su implementación. El objetivo de los balances y la medición de los diferentes gastos de agua es identificar los hábitos de consumo, así como los consumidores más importantes. Sobre todo, permite que el programa diseñado sea un traje a la medida de las necesidades. Por otro lado, es necesario el seguimiento continuo y puntual de los programas, ya que el resultado determina la efectividad de las medidas tomadas y da pie a ajustar las medidas subsecuentes, pero también aporta la información base para generar indicadores de sustentabilidad (ESAP, 2016). Este tema en particular se trata más adelante.

Se hace énfasis en que hay una gran diferencia entre mejorar la gestión del agua en un edificio ya existente a implementar un programa desde el diseño de una edificación universitaria que incluya el manejo adecuado del agua.

EDIFICACIONES UNIVERSITARIAS YA CONSTRUIDAS

Un edificio ya construido va a presentar restricciones al programa que se puede implementar en virtud de que no es posible introducir toda la gama de opciones posibles. Por ejemplo, es posible reducir fugas, cambiar mobiliario, introducir reductores de caudal y reducir la contaminación que llega al agua, pero no es posible separar los caudales de agua gris de aquellos de agua residual a menos que se remueva el piso y se modifiquen las conexiones sanitarias, se añada conducción, almacenaje y distribución separada para ambos tipos de agua.

El diagnóstico inicial, al que ya se ha hecho referencia previamente, proporciona información vital sobre el gasto de agua en la edificación, al igual que conocimiento sobre los usos que tiene el agua, lo que permite determinar la calidad de agua que se requiere para cada uso. Esto lleva a tomar decisiones sobre acopio, tratamiento, separación y reutilización del agua, ya que se diferencian usos en los

que es preciso contar con agua de primer uso, los factibles para agua gris, para agua de lluvia cruda o tratada, así como para agua residual tratada. En otras palabras, contrasta la calidad de agua requerida para cada fin y la que se tiene si se separa el agua gris, se acopia agua de lluvia o se trata agua ya utilizada.

Posteriormente, se pueden enlistar las necesidades de agua de cada tipo y, con base en esto, orientar las inversiones. Una vez tomadas las decisiones sobre las inversiones factibles, se avanza hacia la implementación de cada medida, se miden los resultados y se retroalimenta el programa.

Si bien el análisis de necesidades asociado a tipo de agua permite tomar decisiones sobre el tipo de tratamiento requerido para cierta calidad, la toma de decisiones sobre tratamientos es una cuestión tanto técnica como económica. Existen tratamientos para cualquier tipo de agua de entrada y para cada uso de agua que se pretenda. Sin embargo, el tipo de tratamiento impacta directamente sobre su costo, de tal manera que el uso pretendido del agua no es suficiente parámetro para tomar decisiones sobre las inversiones. La factibilidad económica de las propuestas tiene el mayor peso en la decisión. Si bien, el objetivo más importante es la reducción de caudales de primer uso y la recuperación de agua ya utilizada mediante el reúso, la factibilidad económica no puede ser dejada de lado o el tratamiento del agua no será una acción permanente, por el costo que implique, ni tendrá sentido el reúso del agua tratada.

Las decisiones pueden ser tomadas a través de un análisis de factibilidades técnicas con ayuda de un diagrama de manejo del agua (ver figura 2.1) y un análisis de costo-beneficio. Un ejemplo de factibilidad puede ser la inversión en acopio, uso e infiltración de agua de lluvia a los acuíferos. Esta medida incrementa la sustentabilidad de la edificación, mejora los índices de desempeño y de huella hídrica, además de que el costo por tratamiento, en caso de que se requiera, es bajo. De esta manera, la infiltración puede ser posible sin inversiones elevadas. Por otro lado, menos factible económicamente, puede ser la separación de agua gris y agua negra o residual, ya que es necesario cambiar el drenaje convencional, lo que implicaría romper pisos, cambiar la conducción, almacenamiento y distribución del agua en dos sistemas paralelos.

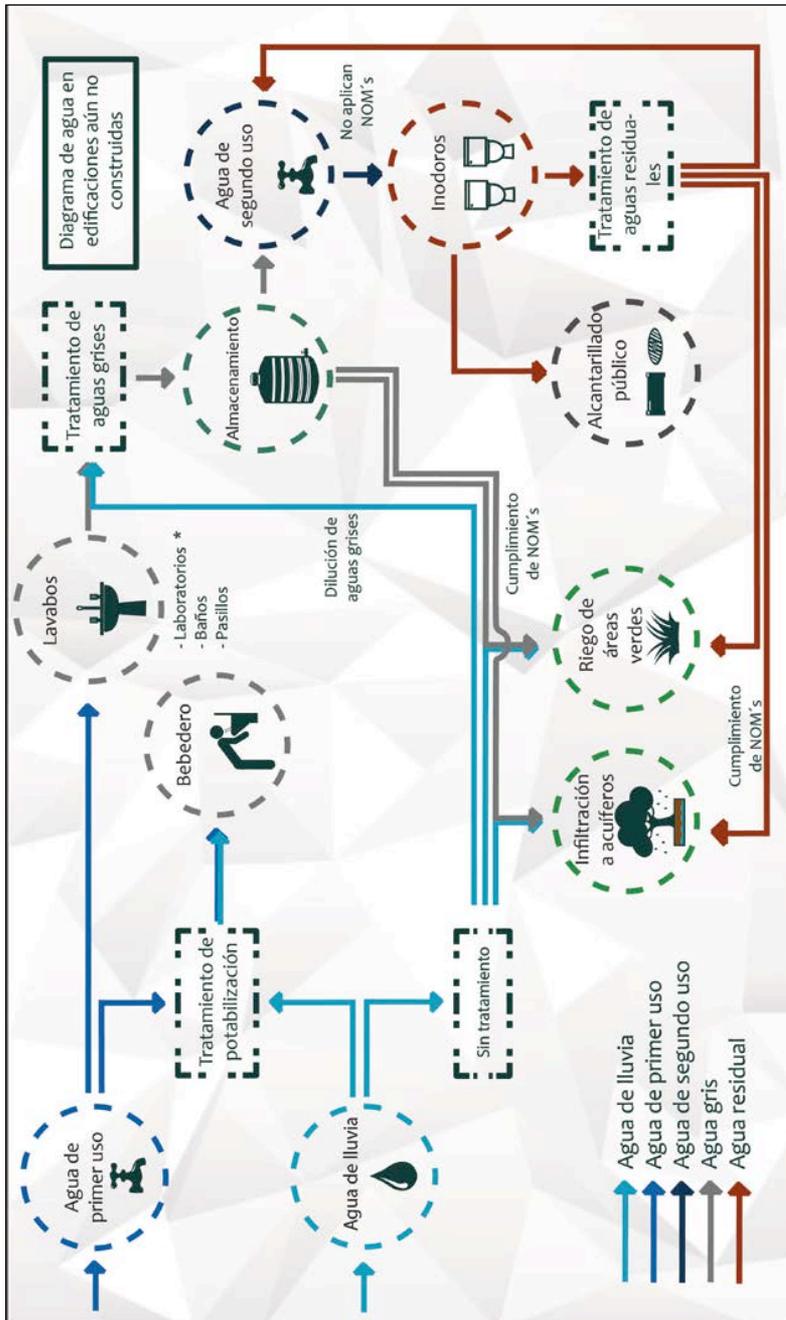


FIGURA 2.2. Diagrama de sistemas de agua y su interrelación en una edificación de nueva creación.

Fuente: elaboración propia.

EDIFICACIONES UNIVERSITARIAS DE NUEVA CREACIÓN

Las edificaciones nuevas no están limitadas en las posibilidades de gestión del agua, por lo que muchas de las opciones posibles pueden ser efectuadas si el costo lo permite. Si son consideradas desde el diseño de la edificación, lo primero será describir precisamente el límite técnico y económico de inversión que se puede alcanzar. De igual modo, es necesario efectuar un análisis de todos los usos que tendrá el agua en la edificación, para contrastarlo con la calidad de agua requerida para cada uso, dirigiendo las inversiones.

Una vez tomadas las decisiones sobre las acciones factibles y después de analizar el costo-beneficio, las decisiones para las inversiones se deben tomar por prioridad y efectividad. Es importante conocer si el agua tendrá tratamiento y si se cuenta con espacio suficiente para el almacenamiento y distribución de los diferentes tipos de agua. El objetivo siempre será conseguir una reducción de caudales de primer uso, recuperar y reusar el agua ya utilizada, al tiempo que se promueve un ahorro económico por este recurso. La figura 2.2 muestra el diagrama de un sistema de distribución que incluye diversos tipos de agua, que ayuda a imaginarse la distribución, tratamientos, interconexiones y redes particulares, entre otros.

A continuación, se presenta un análisis de los tipos de agua que es posible tener, con las recomendaciones de gestión para cada uno de ellos de acuerdo al uso. Deben analizarse las áreas de mejora en la gestión, las medidas exitosas y las inadecuadas, para que los avances sean significativos, tanto en edificaciones nuevas como en las ya existentes.

AGUA DE PRIMER USO

El agua de primer uso es definida como aquella proveniente de una fuente natural o almacenamiento artificial que no ha sido utilizada antes, como el agua que se recibe a través de la red pública de agua potable de la ciudad (Ley de Aguas Nacionales, 2016). Para lograr una gestión integrada de este recurso, es necesario tomar en cuenta por lo menos, los factores climáticos, sociales, culturales y eco-

nómicos; de esta manera, es posible disminuir el consumo y las descargas generadas (Manco *et al.*, 2012).

Para disminuir el consumo es primordial comenzar a actuar sobre los hábitos personales y contar con medidas de ahorro. Para iniciar, es necesario detectar las posibles fugas dentro del sistema instalado y una vez identificadas y reparadas se pueden implementar medidas de ahorro, como llaves de bajo caudal con temporizadores o sensores de proximidad; llaves economizadoras para las regaderas y tarjas; inodoros de bajo caudal y mingitorios secos; así como tener vegetación acorde al clima de la región en las áreas verdes, entre otros. Asimismo, es importante contar con medidores que funcionen correctamente para dar un seguimiento controlado al funcionamiento de los dispositivos, así como un mantenimiento preventivo y regular, que garantice la vida útil de estos.

En entidades académicas donde haya laboratorios que produzcan agua purificada por destilación, ósmosis o procesos similares, o se use agua para enfriamiento, se deben implementar medidas para evitar el desperdicio, tales como reincorporar el agua de rechazo de dichos procesos al agua limpia o desviarla hacia equipos de recirculación.

El agua de primer uso genera dos tipos de agua si se separan desde el momento de la generación: agua gris y agua residual. Estas dos pueden ser tratadas, almacenadas y distribuidas separadamente para su uso posterior (ver figuras 2.1 y 2.2). De no haber separación de estos dos tipos de agua, se tiene la desventaja de que no se cuente con agua gris o agua gris tratada para reúso. En cuanto al agua residual misma, se genera mayor caudal, lo que puede significar mayores costos por tratamiento, si es el caso.

AGUA POTABLE

El agua potable es aquella que ha pasado por un conjunto de operaciones y procesos físicos y/o químicos a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para uso y consumo humano (Secretaría de Salud, 2000). La declaración del agua limpia, suficiente y asequible como derecho humano en la Asamblea General de las Naciones

Unidas (2010), y que el objetivo número 6 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (2015), sea de agua y saneamiento, reconoce que el agua potable es indispensable para una vida humana digna y que es necesario que las universidades tengan la capacidad de proveer agua limpia, asequible y accesible para toda su comunidad y la población visitante.

Existen varias opciones para la distribución del agua potable: botellas individuales, garrafones y bebederos provistos de agua por sistemas locales de potabilización. Sin embargo, considerando los beneficios y costos sociales, económicos y ambientales, en instalaciones con alta demanda como son las universidades, se recomienda utilizar sistemas locales, compactos y sencillos de provisión de agua potable, tales como bebederos o llaves de consumo directo. En la región Xalapa de la Universidad Veracruzana se tienen instalados bebederos en más del 80% de sus facultades con agua potable. Estos sistemas constan de tres etapas: filtro para la retención de sedimentos, filtro de carbón activado y lámpara ultravioleta para garantizar la potabilización.

También hay razones de salud para favorecer la potabilización sobre el consumo de agua embotellada, ya que se ha demostrado que la interacción entre el agua y el plástico en presencia de cambios de temperatura, propician la formación y liberación de sustancias y microplásticos que son consumidos directamente (Andra *et al.*, 2012; Mason *et al.*, 2018; Alabi *et al.*, 2019; Praveena *et al.*, 2019). Al contar con otras opciones para el consumo de agua potable se disminuye el riesgo de consumo de agua con esas características y al mismo tiempo, se ofrece acceso libre y gratuito para el consumidor.

En cuanto al costo de la potabilización de agua, las diferencias son abismales. Los autores calcularon que en la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad, en Xalapa, el agua de bebedero tiene un costo de 0.10 pesos/L (incluye costo del agua, de la energía y mantenimiento del equipo), mientras que la de garrafón es de 1.5 pesos/L y de 15 pesos/L la de botella. Esto puede tener variaciones en las diferentes regiones y dependencias, dado que el costo de agua, de energía y de mantenimiento puede sufrir modificaciones.

AGUA DE LLUVIA

El agua de lluvia es un recurso disponible que, dependiendo de la latitud y temporada, puede ser excesivo, abundante, limitado o escaso. Es por eso que cada responsable de diseñar una edificación debe adaptar el diseño desde el momento de la planeación a la cantidad de lluvia esperada en la zona (López *et al.*, 2017). Para su disposición, lo más común es que en las edificaciones se conduzca el agua desde los techos hacia el drenaje sanitario. Los sistemas públicos de alcantarillado en México rara vez tienen separación de agua de lluvia, lo que significa que esta llega a las plantas de tratamiento y no es reincorporada a los acuíferos o ríos junto con el agua tratada, limitando el proceso de infiltración y recarga de acuíferos. Por ello, una medida sustentable en una edificación es conducir e infiltrar el agua captada a terrenos aledaños (sistemas pasivos); otra opción es el almacenamiento del agua para su empleo posterior (sistemas activos).

En términos de sustentabilidad, lo más deseable es que el agua de lluvia sea captada y almacenada para su uso posterior; sin embargo, conducirla hacia las áreas verdes, inmediaciones, riachuelos o arroyos, también es buena opción, ya que evita la llegada de agua de lluvia (de buena calidad) al sistema de drenaje (agua residual). En el caso de terrenos muy impermeables y que se inundan fácilmente, no es aconsejable que el agua de lluvia sea conducida hacia estos, ya que aumenta la probabilidad de saturación y posterior inundación. En el diseño debe incluirse el manejo de los excedentes y los caudales extraordinarios de lluvias. Esto significa que cuando ya no es posible almacenar porque se ha llegado a la capacidad máxima, el excedente se debe conducir hacia el drenaje o vías de salida para este tipo de caudales, ya que no pueden ser aprovechados. Este puede ser el caso en latitudes donde la lluvia es muy abundante o en el caso de lluvias extraordinarias de huracán.

El aprovechamiento del agua de lluvia es altamente deseable; sin embargo, es necesario calcular la capacidad de acopio de acuerdo a un promedio anual de lluvia y analizar si la inversión tiene sentido, particularmente en zonas de poca precipitación. En cualquier caso, se deberá contar con ciertos componentes principales: áreas de captación de materiales adecuados; es decir, techos con acaba-

dos que faciliten el escurrimiento; conducción, que puede ser a través de tuberías, rejillas o cribas para filtración de basura mayores a 1 cm; tratamiento de separación de sedimentos, acorde al uso propuesto en caso de que fuera requerido (por ejemplo, desarenadores, conos de sedimentación, filtros de grava/arena); almacenamiento que tome en consideración los excedentes; así como un sistema de distribución (FAO, 2013; Jalife *et al.*, 2018).

Para el caso específico de instalaciones universitarias, cuando las lluvias son limitadas o escasas, el almacenamiento será insuficiente para enfrentar las necesidades de agua y la inversión será de recuperación lenta. Una opción intermedia es dirigir el agua de lluvia hacia las áreas verdes y reducir con ello la necesidad de riego, lo cual requiere de muy poca inversión. Sin embargo, antes de tomar esta decisión, es necesario, primero, modificar el tipo de vegetación que se tiene en áreas verdes adaptando al clima de la región para no tener necesidades extras de riego. En una ciudad que recibe 1000 mm de precipitación anual y cuente con 100 m² de área de captación, podrá ser acopiado tal vez un 75% de la precipitación, en este ejemplo, eso significa unos 75 m³ al año como máximo. El tiempo que alcance el agua dependerá del gasto diario de la edificación y de los usos para los cuales se destine. Debido a que el agua llega en eventos independientes, de distribución temporal y azarosa, no es posible contar con una disponibilidad segura, ya que, además, el cambio climático ha modificado la climatología regional con consecuencias hasta ahora indeterminadas.

El agua de lluvia tiene, en general, una calidad adecuada para usos tales como riego, lavado de superficies, contraincendios, inodoros e incluso, usos domésticos. Sin embargo, su calidad se verá afectada por las condiciones climáticas, el material del acabado del sistema de captación, el de conducción y el de almacenamiento. Adicionalmente, el agua de lluvia puede ser tratada específicamente para su potabilización con el tratamiento adecuado, descrito en la sección Agua Potable. Se tiene el ejemplo en Xalapa donde la techumbre de áreas deportivas acopia agua de lluvia que se utiliza para el riego de las canchas de fútbol. Sin embargo, un acopio de 60 m³ es suficiente para solo cuatro días de riego.

AGUA GRIS

Como ya se dijo, el agua gris es aquella generada en un proceso poco contaminante, proveniente de tinajas, duchas, lavamanos, lavabos y lavadoras de ropa (MINISAL, 2018). En México no existe una definición por norma para el término de aguas grises, lo cual dificulta la visibilización del aprovechamiento de este recurso. Este tipo de agua es factible para reúso tras un tratamiento relativamente simple, el agua jabonosa es un buen ejemplo de ello. En principio, este tipo de agua puede ser usada casi directamente en inodoros, riego, lavado de superficies y contra incendios. Su uso reduce el consumo de agua de primer uso, disminuye el agua residual generada y también reduce el consumo de otros tipos de agua. Con el fin de reutilizarla, la edificación debe tener un sistema paralelo que permita su separación desde la generación, lo que significa tener dos sistemas desde ese punto, luego conducirla, almacenarla, distribuirla y usarla en forma separada del agua residual, para cualquier uso posterior. En otras palabras, toda la edificación deberá contar con un sistema duplicado de conducción, almacenamiento y distribución. Es posible y deseable tener puntos de unión del sistema de agua limpia y de agua gris por si fuera necesario la alimentación con agua limpia de este sistema secundario, ya sea para suplir escasez o por interrupción temporal de la generación de agua gris.

Los principales parámetros alterados que se presentan en agua gris son los sólidos suspendidos, la turbidez y un poco de materia orgánica. Esto hace necesario tener un tratamiento, cuya complejidad dependerá de la calidad y cantidad del agua generada, así como del uso que se le quiera dar. Dentro de los tratamientos se encuentran los filtros de grava/arena, sedimentadores, humedales, tanques de coagulación-floculación y filtros percoladores (Metcalf y Eddy, 1994; Wurochekke *et al.*, 2016). El agua gris, ya tratada, pasará a un sitio de almacenamiento adicional y, posteriormente, a su distribución.

Otras aplicaciones comunes para este tipo de agua son el riego de áreas verdes, el lavado de automóviles y superficies, el uso en áreas de recreación como fuentes y lagos o la infiltración a acuíferos. No obstante, es importante dar a conocer a los visitantes que el agua es tratada y que no está permitido el con-

tacto primario. En el Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes en Xalapa se separa el agua gris y se infiltra a acuíferos sin tratamiento. Debido a que los inodoros son secos, en este centro no hay necesidad de alcantarillado, drenaje, conducción ni descarga de agua residual. Es en centros pequeños donde es deseable la separación, alcantarillado, drenaje, conducción y descarga.

AGUA TRATADA

Ya sea que el agua gris se separe del agua negra y tratada, o que el agua residual en su conjunto reciba tratamiento, es posible tener agua tratada y disponer de un sistema de almacenamiento y una red de distribución, separada completamente de la red de agua limpia, para ser usada nuevamente. En este caso, es importante monitorear tanto el tratamiento como la calidad del agua de salida, de manera que su uso no represente un riesgo ambiental y de salud.

Son varias las opciones de uso del agua tratada, como el de riego de áreas verdes, lavado de vehículos, llenado de lagos artificiales (NOM-003-SEMAR-NAT-1997), infiltración a acuíferos (NOM-014-CONAGUA-2003) o uso en inodoros. Para algunos de estos usos hay estándares a cumplir establecidos por las normas oficiales mexicanas que pueden ayudar a reducir el gasto de agua de primer uso hasta un 40 por ciento. Como ya se mencionó, en la Universidad Nacional Autónoma de México y en la Universidad del Norte, en Colombia, ahorran agua de primer uso gracias al tratamiento de agua residual y su aplicación para riego de áreas verdes (Rodríguez, 2013; Rincón, 2019). El ITESO aplica el agua tratada a la infiltración de acuíferos, gracias a lo cual ha conservado su nivel freático por 25 años (Morán, 2017), y en Davis, la UC aplica agua tratada para torres de enfriamiento, lo que ha reducido en un 9% el consumo de agua de primer uso (BREEAM, 2016).

AGUA RESIDUAL

El agua residual es aquella de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Semarnat, 2016a). Es llamada agua negra por el color que presenta, el cual es desarro-

llado por las bacterias presentes. Si bien en la definición general se incluye todo tipo de agua ya utilizada, independientemente de la cantidad de contaminación presente, en realidad hay mucha diferencia entre un agua de bajo contenido de materia orgánica y bacteriana a una con alta carga de ambas. Por ejemplo, el agua residual generada por lavado de manos tendrá características muy diferentes al agua residual proveniente de un inodoro, por lo que en el primer caso se habla de agua gris, ya analizada renglones arriba, y en el segundo, de agua negra. El agua residual de la que se hablará entonces en esta sección se refiere al agua proveniente de inodoros o de la mezcla con esta.

En algunos estudios se ha demostrado que en las universidades el agua para inodoros y aseo personal puede representar hasta el 80% del uso total del agua en la institución (Manco *et al.*, 2017). Es por ello que la medida más importante para reducir el gasto de agua de primer uso es, principalmente, el ahorro en inodoros, ya sea a través de la instalación de inodoros de bajo caudal (3.8 l por descarga), de mingitorios secos o el uso de agua tratada.

Debido a los costos que conlleva: la necesidad de infraestructura, la inversión considerable, personal capacitado y reactivos químicos, el implementar tratamiento no debe ser tomado a la ligera, ya que las PTAR se hacen a la medida, pues dependen del tipo de agua que tratan, el caudal, el uso posterior, el clima, el espacio disponible, el costo de mantenimiento y la legislación aplicable, pues cuando la edificación está en una zona donde no hay alcantarillado, la ley obliga a dar tratamiento al agua residual (Semarnat, 2016b). Es enorme la disponibilidad de opciones de arreglos de tratamiento, por lo que no es posible dar una recomendación al respecto.

En caso de existir alcantarillado, el dar tratamiento es opcional. En cualquiera de los dos casos, es de suma importancia reducir los caudales de agua residual, ya que hay una relación directa entre los caudales, el tratamiento y los costos de inversión. Es por esto, que tomar medidas como la separación, tratamiento y uso del agua gris, cambiar a inodoros de bajo caudal y mingitorios secos e instalar dispositivos ahorradores de agua en tarjas y lavabos, se vuelve relevante, pues todas estas son de menor costo y complejidad, lo que redundará en una gestión adecuada del agua y mayor sustentabilidad.

En caso de desear medir la sustentabilidad aplicando los índices existentes, es necesario que se tomen en consideración medidas como el reúso y la infiltración a acuíferos, la inversión en la separación de los sistemas de agua residual y de agua gris, que son altamente significativas y de impacto.

ÍNDICES DE SUSTENTABILIDAD EN EL TEMA AGUA

Actualmente, hay diversas organizaciones internacionales cuyo objetivo es medir la sustentabilidad, como el sistema de certificación Leadership in Energy & Environmental Design (LEED), y específicamente para universidades, organizaciones como: Assessment Instrument for Sustainability in Higher Education (AISHE), Le Plan Vert, LIFE Index, UI Greenmetric, The Sustainability Tracking, Assessment & Rating System (STARS) y People and Planet (Zuñiga et al., 2015). Cada una de ellas tiene una forma distinta de medir la sustentabilidad y, particularmente en el tema del agua, se hace uso de índices que incorporan mediciones de usos de agua, información respecto a la eficiencia, infiltración, volumen del agua tratada usada, programas implementados de conservación de agua, entre muchos otros. Es deseable que se adentre en este tema antes de tomar las decisiones para edificaciones sustentables que se mencionaron en apartados anteriores, reconociendo el tipo de medidas que se desean incorporar y el tipo de indicadores que se puede y desea impactar.

CONCLUSIONES

En general, la gestión del agua en edificaciones universitarias se ha limitado a implementar dispositivos ahorradores y corrección de fugas, con poco avance hacia una gestión completa en la mayoría de las instituciones. Sin embargo, como se ha mostrado, hay algunas universidades que han hecho grandes avances, por lo que lideran el planteamiento de una gestión adecuada. Esto da la pauta del camino a seguir por parte de las demás instituciones, que debe ser emprendido a través de las opciones aquí mostradas y siguiendo el procedimiento de medición, acción, evaluación, retroalimentación y réplica. La creciente reducción de la disponibilidad de agua hace necesaria la toma de acciones y medidas hacia una gestión adecuada.

REFERENCIAS

- ALABI, O. A., Ologbonjaye, K. I., Awosolu, O., y Alalade, O. E. (2019). “Public and environmental health effects of plastic wastes disposal: a review”. *Journal of Toxicology and Risk Assessment*, Vol. 5 (Núm. 21), 1-13.
- ANDRA, S., Makris, K., Shine, J., y Lu, C. (2012). “Co-Leaching of Brominated Compounds and Antimony from Bottled Water”. *Environment International*, Vol. 38 (Núm.1), 45-53.
- BREEAM USA. (2018). UC Davis: BREEAM In-Use Excellent rating unlocks flexibility. Recuperado de Building Research Establishment: <https://www.breeam.com/case-studies/education/university-of-california-davis/>. Consultado en noviembre de 2019.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2003: Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada, *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México.
- DENTON, S. (2019). *Nottingham Trent University’s Water Policy*. Recuperado de Nottingham Trent University: Sustainability: https://www4.ntu.ac.uk/sustainability/document_uploads/191188.pdf. Consultado en octubre de 2019.
- ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA. (2016). *Diseño del plan de uso eficiente y ahorro de agua de la Escuela Superior de Administración Pública – ESAP*. Bogotá.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. (2013). *Captación de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile.
- GONZÁLEZ ARAGÓN, A. (2009). *Las alternativas para la valoración y reaprovechamiento del agua en las Universidades*. Memorias del Primer Foro Nacional de sistemas de Manejo Ambiental Universitario, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México.
- HOKKAIDO UNIVERSITY. (2019). *Toward a sustainable campus. Greenery for you and us*. Sustainable Report, Sustainable Campus Management Office, Sapporo.
- HORDIJK, I. (2014). “Position paper on sustainable universities”. *Journal of Cleaner Production*, 14, 810-819.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE, Universidad Jesuita de Guadalajara. (12 de enero de 2018). El ITESO y la UNAM, entre las universidades más sostenibles del mundo. Recuperado de ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara: https://iteso.mx/web/general/detalle?group_id=10272019. Consultado en octubre de 2019.

- JALIFE ACOSTA, S., Quiroa Herrera, J. A., y Villanueva Solís, J. (2018). "Captación de agua de lluvia: tipos, componentes y antecedentes en zonas áridas de México como estrategia de uso sustentable de agua". *Vivienda y comunidades sustentables* (Núm. 3), 63-85.
- LEADERSHIP IN ENERGY & ENVIRONMENTAL DESIGN. (2013). *Reference Guide for Building Operations and Maintenance*. Washington, DC, Estados Unidos: U.S. Green Building Council.
- LEY DE AGUAS NACIONALES. (2016). *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México.
- LÓPEZ ÁLVAREZ, N. (2008). *Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades*. Memorias del 9° Congreso Nacional del Medio Ambiente, Madrid.
- LÓPEZ HERNÁNDEZ, N. A., Palacios Vélez, O. L., y Anaya Garduño, M. (2017). "Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia: alternativa de abastecimiento hídrico". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 8 (Núm. 6), 1433-1439.
- MANCO SILVA, D. G., Guerrero Erazo, J., y Ocampo Cruz, A. M. (2012). "Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial". *Revista de Ingenierías*, Vol. 11 (Núm. 21), 23-38.
- MANSON, S. E., Welch, V. G., y Neratko, J. (2018). Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water. *Frontiers in Chemistry* (6), 407.
- METCALF y Eddy. (1994). *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. Nueva York, Estados Unidos: Mc Graw Hill.
- MINISTERIO DE SALUD. (febrero de 2018). *Proyecto de reglamento sobre condiciones sanitarias básicas para la reutilización de aguas grises*. Recuperado de Ministerio del Medio Ambiente: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/Reglamento-Aguas-Grisas.pdf>. Consultado en septiembre de 2019
- MORÁN, J. (4 de septiembre de 2017). Reducir la huella ecológica. CRUCE ITESO, *Universidad Jesuítas de Guadalajara*.
- PRAVEENA, B. G. (2019). "Health hazards of the plastic Use: strategies to handle the situations". *Innovation Journal of Nursing and Healthcare*, Vol. 5 (Núm. 3), 31-33.
- RINCÓN SAAD, D. (2019). *Agua*. Recuperado de Universidad del Norte: <https://www.uninorte.edu.co/web/ecocampus/agua>. Consultado en noviembre de 2019
- RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, N. (mayo de 2013). *Reutilización de agua tratada*. Recuperado de Gaceta Electrónica: <http://www2.iingen.unam.mx/es-mx/Publicaciones/GacetaE->

lectronica/GacetaMayo2013/Paginas/Reutilizaciondeaguatratada.aspx. Consultado en octubre de 2019

- ROMERO JARAMILLO, J. A., Moré Jaramillo, R. A., y Luna Castillo, L. Á. (2013). “Ahorro y uso responsable del agua en el sistema institucional de gestión ambiental SAURA en la Universidad del Bosque”. *Revista de Tecnología, Journal Technology*, Vol. 12 (Número 1), 20-44.
- SALVADOR MORENO, A. y Günther, M. G. (2013). “La gestión comunitaria del agua en México y Ecuador: otros acercamientos a la sustentabilidad”. *Ra Ximhai*, Vol. 9 (Número 2), 165-179.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (1996a). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996: Límites de máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México.
- _____. (1996b). Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996: Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México.
- _____. (1997). Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997: Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México.
- SECRETARÍA DE SALUD. (2000). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994: Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, *Diario Oficial de la Federación*. Ciudad de México.
- SUÁREZ LÓPEZ, J., Puertas Agudo, J., Anta, J., Jácome, J. A., Del Río, H., y Novoa, R. (2010). “Nuevas estrategias de gestión sostenible del agua en medio urbano”. *Spanish Journal of Rural Development*, 1-24.
- TUKKER, A., Emmert, S., Charter, M., Vezzoli, C., Sto, E., Andersen, M. M., y Lahlou, S. (2008). “Fostering change to sustainable consumption and production: an evidence based view”. *Journal of Cleaner Production* (16), 1218-1225.

- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN. (2019). *Uso eficiente del agua*. Recuperado de Secretaría de Sustentabilidad: <http://sds.uanl.mx/uso-eficiente-del-agua/>. Consultado en noviembre de 2019.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. (2018). *Informe de avances 2017*. UNAM, Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua. Obtenido de Pumagua: Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua en la UNAM.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA, Davis. (2019). *UCD Water Dashboard*. Recuperado de Office of the Vice Chancellor and Chief Financial Officer: <https://water.ucdavis.edu/#/>. Consultado en noviembre de 2019.
- WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. (2015). *The United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world*. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo, UNESCO, Italia.
- WUROCHEKKE, A., Mohamed, R. M., Al-Gheethi, A. A., Atiku, H., Amir, H. M., y Matias-Peralta, H. M. (2016). "Household greywater treatment methods using natural materials and their hybrid system". *Journal of Water and Health*, Vol. 14 (Núm. 6), 914-928.
- ZÚÑIGA VEGA, C., Benavides Benavides, C., y Arnáez Serrano, E. (2015). "Campus universitarios como agentes de la educación para la sostenibilidad ambiental". *Biocenosis*, Vol. 29 (Núm. 1-2), 24-28.

ENERGÍA

JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS¹

INTRODUCCIÓN

La Universidad Veracruzana no debe olvidar el importante papel que desempeña como referente cultural y las elevadas implicaciones sociales que emanan de esta influencia. De igual manera, debe tener presente su compromiso de crear y sostener una institución que más allá del cumplimiento de su labor sustantiva de formación académica, sea un referente en la participación y compromiso de temas urgentes de actualidad nacional: compromiso ecológico, sustentabilidad y transición energética, son algunos ejemplos en los que la postura universitaria debe ser firme hacia la sociedad, pero más firme y congruente al interior de la propia institución.

En los próximos años, las estrategias internacionales exigirán a los responsables de los edificios públicos reducir sus consumos energéticos, con la obligación de demostrarlos con certificados de eficiencia energética. Por lo que es momento de que, anticipándose a este irremediable futuro próximo, la UV asuma una posición de liderazgo.

El binomio desarrollo económico-consumo energético ha puesto en serio predicamento el futuro de la humanidad, las consecuencias de contaminación han impactado en el cambio climático y sus innegables consecuencias son ahora conocidas por todos nosotros.

1. Universidad Veracruzana.

El sector de la construcción y, en particular, el de la edificación, es un actor relevante en la lucha contra este cambio climático; ya que, por ejemplo, durante 2017, representó el 36% del uso final de energía y el 39% de las emisiones relacionadas con la energía y su producción (ASHRAE, 2010). En el presente capítulo se plantean las alternativas disponibles para el uso eficiente de la energía, las cuales deben, de manera ordenada, implementarse partiendo de un procedimiento secuencial de análisis que inicia con una revisión sustentada en el diseño bioclimático; posteriormente, utilizando simulación energética, con una selección de cuáles pueden ser las alternativas energéticas más adecuadas (Prindle *et al.*, 2007).

EL CONCEPTO CERO ENERGÍA

La urgente necesidad de que la Universidad Veracruzana transite hacia un escenario descarbonizado o de cero huella de carbón, puede obedecer –adicionalmente al compromiso social de la institución– a una estrategia para evitar las sanciones que acompañarán a las medidas restrictivas obligatorias. Dentro de las medidas reglamentarias emanadas de la Reforma Energética se indica que los llamados consumidores calificados de energía eléctrica deben comprobar al menos un 5% de generación de energía limpia (DOF, 2018), al inicio esto será voluntario, pero en el corto plazo se impondrán multas al no cumplimiento, como se ha ido implementando en otros países con la finalidad de asegurar los compromisos contraídos (ver tablas 3.1 y 3.2).

Para alcanzar la meta de cero huella de carbón y/o cero energía neta de manera rentable, es necesario revisar cuidadosamente las implicaciones energéticas de cada decisión de diseño o de adecuación desde el inicio del proceso, utilizando un modelo de energía preciso. Las demandas de energía radicalmente reducidas mediante modelos de arquitectura bioclimática resultan en ahorros de inversión principalmente en los sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire (HVAC por sus siglas en inglés), ya que estos siempre serán menores comparativamente a los edificios no revisados bajo la óptica del bioclimatismo; del mismo modo, los sistemas de generación renovable también serán menores al quitar o reducir la carga tan importante del acondicionamiento de aire.

Estos ahorros pueden hacer que el costo de implementar un modelo de cero energía sea alcanzable y competitivo, especialmente cuando se combina con incentivos disponibles y acceso a fuentes de financiamiento. Como muestra del nivel de compromiso de los responsables de la implementación de las políticas sustentables, los alcaldes de 19 ciudades a nivel mundial, en donde habitan 130 millones de personas, han reglamentado que sus nuevos edificios para 2030 serán cero emisiones (IEA. International Energy Agency, 2018).

Algunas de las acciones importantes que el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL por sus siglas en inglés) recomienda para hacer viable la energía neta nula incluyen:

1. Incorporación del modelado energético en el proceso de construcción y de operación de principio a fin.
2. Utilizar un proceso de diseño integrado y un enfoque completo de sistemas de construcción.
3. Identificar los ahorros del primer costo a través del diseño inteligente y la reducción de la carga para lograr los objetivos de energía dentro de un presupuesto de capital.
4. Integración de energías renovables después de perseguir todos los ahorros disponibles del lado de la demanda.
5. Coordinar el proceso de diseño para asegurar que todas las partes trabajen hacia la meta de energía neta cero.

LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

Una de las estrategias para comprobar este cumplimiento es obtener una certificación de energía para edificios;² pero, mientras que esto no sea aún de carácter obligatorio, la Universidad Veracruzana debe generar su propia Entidad de Auditoría

2. Las certificaciones más significativas en EU y Canadá es la Certificación LEED, mientras que en Europa es la certificación BREEAM, en sus categorías Platino, Oro, Plata y Bronce, dependiendo del nivel de sustentabilidad que incluyan en diseño y construcción o en su operación (Guerra, F., 2002).

Energética, que facilite y, en un momento dado, anticipe la certificación obligatoria. A nivel internacional el uso de programas de certificación está creciendo, con un aumento en el uso de la certificación voluntaria entre los sectores de edificios de alta gama como un medio para agregar valor a los inmuebles. Hasta el 2017, 85 países han establecido y adoptado programas de certificación de edificios.

La certificación energética de edificios debe incluir planes, programas y políticas que evalúen el rendimiento de un inmueble y sus sistemas de servicio de energía. La verificación puede centrarse en calificar el uso de energía operacional o el uso esperado (o teórico) de energía del edificio. Puede ser voluntario u obligatorio para todo o parte de un sector de edificios.

La uv ha propuesto las siguientes etapas para su certificación energética.

1. Levantar un censo de los consumos energéticos de electricidad por edificio y por medidor que la institución erogue.
2. Elaborar un censo con los consumos energéticos térmicos (calefacción de espacios o de albercas).
3. Elaborar encuestas de opinión energética (confort térmico, iluminación y enfermedades estacionales).
4. Elaborar índices de consumo energético para medir la eficiencia energética. Ejemplo (kwh/alumno), (kwh/empleados).
5. Elaborar presupuestos de intervención energética.
6. Planear la intervención energética: estrategias financieras, análisis de ciclo de vida y simulación energética.
7. Elaborar un programa a 5, 10, 15, 20, 25 y 30 años.

Para lograr lo anterior, la Entidad de Auditoría Energética debe tener el nivel de autoridad suficiente para aceptar, recomendar o rechazar tanto las nuevas construcciones como las remodelaciones o ampliaciones a la planta física de la uv, los impactos de estas acciones de auditoría serán de beneficio inmediato tanto en lo económico como en lo ambiental (ver figura 3.1).

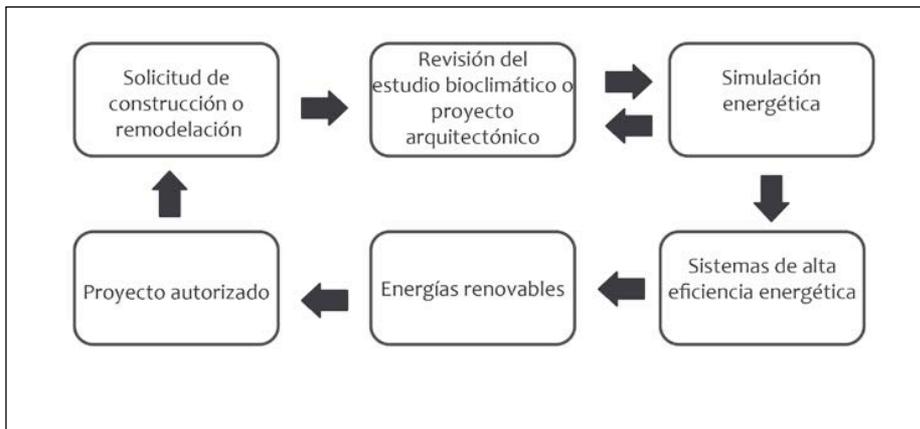


FIGURA 3.1. Ciclo de revisión y autorización de proyectos de construcción o remodelación en la propuesta de una Entidad de Auditoría Energética.

Fuente: elaboración propia.

A su vez, las acciones o medidas de eficiencia energética deben incluir estrategias de diseño que aseguren la reducción de cargas térmicas de la demanda, tales como: envolventes de alta eficiencia de aislamiento térmico, sistemas de barrera de aire, iluminación natural, control solar, junto con selección de las ventanas y su acristalamiento, calefacción solar pasiva, ventilación natural y la conservación de agua.

Después de reducir las cargas térmicas al mínimo, las mismas deben ser satisfechas con equipos y sistemas eficientes. Esto debe incluir iluminación, controles de iluminación eléctricos, sistemas de climatización de alto rendimiento y bombas de calor, incluso geotérmicas. Por otro lado, los dispositivos de conversión de energía, tales como los sistemas de cogeneración³ de calor y electricidad, microturbinas y motores de combustión interna, aunque pueden no provenir de

3. La cogeneración se define como la producción simultánea de electricidad y calor, a partir de una fuente de energía primaria. Por ejemplo, al producir electricidad en una planta de emergencia que funciona con diésel, se puede obtener a la vez electricidad y calor (de los gases de escape) (Cengel, Y., 2019).

fuentes de energía renovable, –salvo que produzcan su propio combustible–, deben tomarse en cuenta por la amplia posibilidad de ahorro en energéticos (entre 50 y 70%). En caso de utilizarse, es preferible que sean acompañados de estrategias de aprovechamiento de desechos para producir biocombustibles y así convertir la energía de combustibles en calor y electricidad y se puedan considerar como estrategias renovables de eficiencia energética.

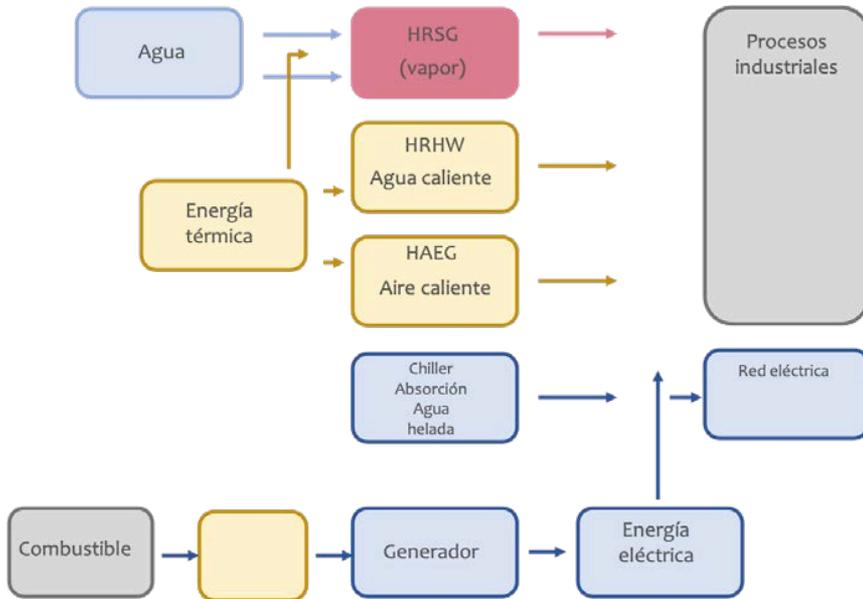


FIGURA 3.2. Etapas y secuencia de un sistema de aprovechamiento energético de poligeneración. Fuente: elaboración propia.

Una vez que se han incorporado las medidas de eficiencia energética, las necesidades de energía restantes se pueden cumplir utilizando las tecnologías de energías renovables. Las estrategias comunes de generación de electricidad en el sitio incluyen la energía fotovoltaica (photovoltaics PV), la calefacción solar del agua y las turbinas de viento. Los gráficos 1 y 2 muestran los resultados obtenidos en la

reducción del pago de energéticos entre un edificio con estrategias de uso eficiente de energía y otro sin estas estrategias.



GRÁFICO 1. Ahorros energéticos alcanzables en EO existente.

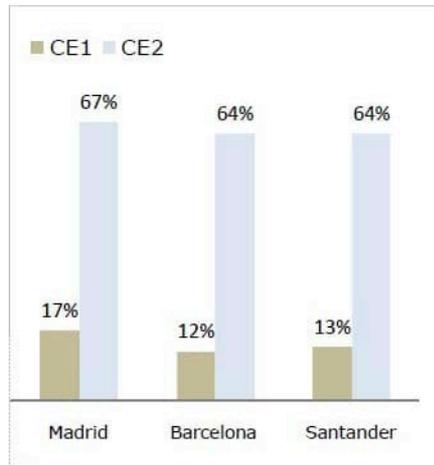


GRÁFICO 2. Reducciones de CO2 alcanzables en EO existente.

FUENTE: Ecofys para el Grupo de Trabajo de Construcción Sostenible de Fundación Entorno-BCSD España, 2013.

EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA EN LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA

Es necesario que las medidas sugeridas en la etapa de diseño bioclimático pasen por dos herramientas de análisis para darle a este diseño la seguridad de que es la mejor opción desde el punto de vista energético y de reducción de la huella de carbón o descarbonización del proyecto. Estas herramientas de análisis son la simulación energética y el análisis del ciclo de vida.

En la reducción del consumo energético (y, por lo tanto, la descarbonización) es fundamental simular el edificio energéticamente, buscando mejoras pasivas en el diseño integrado, aumentar el uso de tecnologías de mayor eficiencia y la

posible utilización de energías renovables o fuentes más limpias. Lo que significa una optimización del diseño bioclimático.

El cálculo de la predicción del comportamiento térmico se remonta a 1920 cuando en Francia, Nessi y Nisolle crearon el cálculo de análisis dinámico utilizando el método del factor de respuesta, desde entonces es posible estimar la demanda energética (Geissdoerfer *et al.*, 2017). A partir de esta fecha, se han ido desarrollando sistemas más veloces y confiables para la simulación energética, que es la implementación de cálculo computacional según la metodología indicada en ISO 1370, en la aplicación de programas para modelar el comportamiento energético y ambiental de un edificio o los sistemas dentro de un edificio. Para que estas herramientas tengan los resultados esperados se requiere elegir una aplicación que se adecue al usuario y al proyecto a realizar (Haberl *et al.*, 2004).

La utilización de las herramientas de simulación energética permitiría tanto la evaluación de los consumos de energía, como la obtención, mediante soluciones constructivas determinadas, de los mejores resultados de envolventes térmicas para conseguir una arquitectura eficiente, sostenible y respetuosa con el ambiente, garantizando así mismo condiciones de habitabilidad y confort para los humanos; es decir, edificios más sanos, mejor iluminados, con mayor confort térmico y con los consumos más bajos de energía, tendiendo al consumo nulo de energía (también conocido como *zero energy*).

Teóricamente, un modelo energético deberá tener capacidad para recibir datos de entrada (ASHRAE, 2010) para el clima; envolvente del edificio; ganancias térmicas internas de los ocupantes, de la iluminación, equipos y; calefacción, refrigeración, ventilación y sistemas y, de ser posible, los horarios tanto de los ocupantes como los horarios de operación de los equipos y de la iluminación. Así mismo, el modelado energético debe entregar resultados y salidas relacionadas con el uso de energía en las predicciones típicas y categorías de uso final, como: calefacción, refrigeración, iluminación, ventilación y diversos procesos electromecánicos. Además de las unidades de energía, y de aquí las toneladas de CO₂ emitidas, la mayoría de los programas y software pueden incluir las tarifas de electricidad como datos de entrada y así se pueden predecir los costos de energía.

El análisis del ciclo de vida

En los últimos años se ha desarrollado un enfoque sistémico para el análisis de los impactos ambientales asociados a procesos y productos. Los procesos industriales y de construcción no solo generan residuos, sino que también consumen recursos naturales, requieren infraestructura de transporte y combustible, utilizan insumos químicos, agua y principalmente energía y, por otra parte, generan productos que deben ser transportados, consumidos y, en algunos casos, reutilizados antes de su eliminación final.

En cada una de estas etapas se van generando impactos ambientales diversos, los cuales deben ser tomados en cuenta cuando se desea evaluar el efecto que un proceso o construcción tendrá sobre el medio ambiente. El análisis del ciclo de vida (ACV) consiste en valorar cada uno de los efectos ambientales generados a lo largo de la vida del producto; es decir, desde las fuentes iniciales de los recursos primarios que requerirá, hasta los recursos que utilizará en la operación y en la disposición final. De este modo, es posible cuantificar los impactos sobre las diferentes fuentes ambientales más allá de los límites de la construcción o fabricación. Dichos impactos inducidos pueden, en muchos casos, ser de mayor relevancia que aquellos ocasionados directamente por el proceso de construcción del producto.

El análisis del ciclo de vida fue originalmente implementado tras la crisis energética de los años ochenta. Al principio, solo se ocupaba de implementar balances de materia y energía durante el proceso de generación y consumo energético, tratando sobre todo de visualizar dónde se pudieran encontrar estrategias para eficientar la energía en el proceso constructivo o de manufactura. Dada la inevitable correlación que existe entre el consumo energético, el consumo de recursos materiales y las emisiones de CO₂, evolucionó hacia el método de análisis tal como hoy lo enmarcan la normas.

Según la Organización Internacional de Estándares (ISO por sus siglas en inglés), en su Norma ISO 14040 define: “el Análisis de Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto (en este caso, las edificaciones), compilando un inventario de las entra-

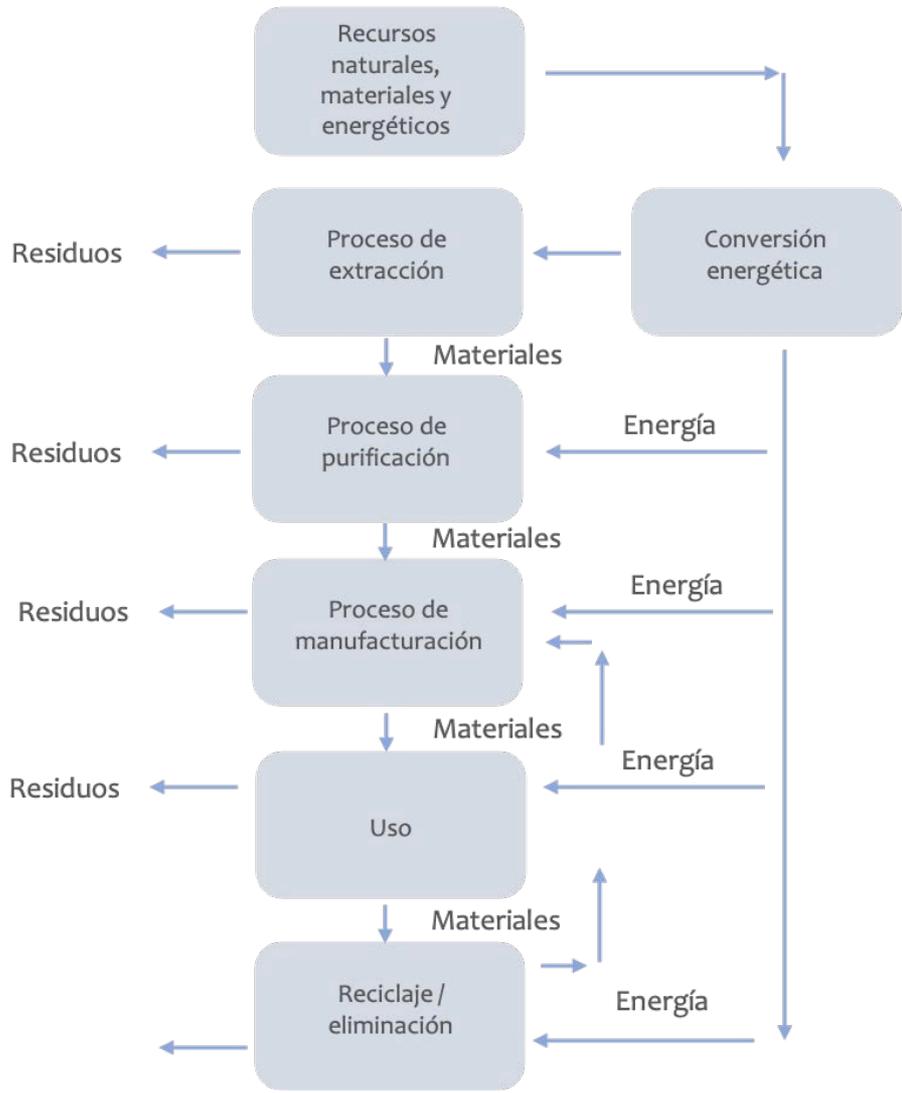


FIGURA 3.3. Diagrama de flujo del análisis de energía y residuos en las actividades de construcción.

Fuente: elaboración propia.

das y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”.

Normas para el análisis del ciclo de vida:

1. Norma ISO 14040: define los principios generales y requerimientos metodológicos del ACV de productos y servicios.
2. Norma ISO 14041: es una guía para determinar los objetivos y alcances de un estudio de ACV y para realizar el análisis de inventario.
3. Norma ISO 14042: es la guía para llevar a cabo la fase de evaluación de impacto ambiental de un estudio de análisis de ciclo de vida.
4. Norma ISO 14043: metodología para la interpretación de los resultados de un estudio de análisis de ciclo de vida.
5. Norma ISO 14048: especifica el formato de los datos que sirven de base para la evaluación del ciclo de vida.
6. Norma ISO 14049: posee ejemplos de la guía ISO 14041 que ilustran la aplicación.

Sistemas de alta eficiencia energética

Estos sistemas de elevada eficiencia deben ser introducidos en la simulación energética, para que, junto con el diseño de la envolvente, sea estimada su participación en el consumo energético y, por lo tanto, en la disminución de la huella de carbón.

1. Bombas de calor con tecnología *inverter*.
2. Microturbinas de gas y motores de combustión interna.
3. *Chillers*⁴ de absorción y/o adsorción, con bombas de velocidad variable.
4. Calefacción por piso radiante.

4. Un *chiller* es un sistema de aire acondicionado que funciona con agua helada como medio refrigerante (<https://es.scribd.com/document/51766721/Que-es-un-chiller>).

5. Iluminación con luces led.⁵

1. Bombas de calor con tecnología *inverter*. La bomba de calor es el elemento térmico más eficiente que se conoce (por kwh eléctrico suministrado, puede entregar de 3 a 5 kwh térmicos); puede proporcionar calefacción y frío con el mismo dispositivo, siendo más eficiente en modo de calefacción que en modo de enfriamiento, sin que esto signifique que no es eficiente enfriando, esto aunado a la recién desarrollada tecnología *inverter* que varía o ajusta la velocidad de compresión en función de la carga térmica demandada, con lo cual comparativamente consume el 50% de lo que consumen los sistemas convencionales. Otra de sus grandes ventajas es que se puede acoplar a otras tecnologías renovables como los colectores solares, logrando así cerca del 90% de ahorro.

2. Microturbinas de gas y motores de combustión interna. Estas forman parte de las tecnologías de cogeneración, donde con el mismo combustible se puede obtener energía eléctrica y térmica de manera simultánea. Esta energía térmica puede servir para agua caliente o para climatizar si se utilizan *chillers* de agua helada por absorción o adsorción. Obteniendo ahorros de 50% a 70% en el consumo de electricidad y gas (ver figura 3.2).

Si aunado a lo anterior, se pueden obtener biocombustibles provenientes de aguas negras o desechos orgánicos y plásticos, el ahorro es mayor y además está considerado en la categoría de fuentes renovables.

3. *Chillers* de absorción y/o adsorción. Estas tecnologías de enfriamiento sustituyen el compresor por una fuente de calor, con lo cual, si dicho enfriamiento proviene de sistemas de cogeneración, la reducción del consumo de electricidad se ve dramáticamente disminuida; sobre todo, porque el mayor consumo de electricidad en los

5. Led (abreviatura del inglés de Light Emitting Diode) es un tipo de elemento emisor de luz, mucho más eficiente en la transmisión lumínica que los tradicionales focos incandescentes e incluso que los focos fluorescentes o ahorradores (Segura, C., 2014).

edificios se debe a la climatización. Pueden acoplarse también a sistemas de captación solar de media temperatura o concentradores cilindro – parabólicos.

Estos sistemas de climatización están siendo desarrollados por marcas comerciales (Baxi, 2019), entre otras, lo que significa que han dejado atrás la parte experimental y ya se encuentran en plena aplicación tecnológica y comercial.

4. Sistemas de acondicionamiento térmico por piso radiante. Estos sistemas ampliamente utilizados en las zonas de frío extremo de Europa, Japón, Canadá y EUA, son poco conocidos en México, pero para la UV debe ser una parte importante de su estrategia, toda vez que se tienen instalaciones sometidas a temperaturas extremas sobre todo en las Casas UV,⁶ donde la solución hasta el momento ha sido utilizar sistemas de calentamiento por resistencias eléctricas mal seleccionadas y diseñadas, y que resultan ser altamente consumidoras de energía.

Los sistemas de piso radiante consisten en la instalación de una red de tuberías en el piso por las cuales se hace circular agua caliente. Esta puede provenir de aplicaciones geotérmicas (no confundir con energía de vapor geotérmico) o de las altamente eficientes bombas de calor en conjunto con aplicaciones solares, o de calderas de biomasa.

Estos sistemas de piso radiante geotérmico se fundamentan en la propiedad que tiene la Tierra de actuar como un gran acumulador térmico, ya que es capaz de mantener una temperatura de alrededor de 15 °C a unos cuantos metros de profundidad, lo que significa que si en el exterior se tienen temperaturas cercanas o por debajo de 0 °C, el hecho de circular un líquido por el interior de la tierra realmente lo calienta y basta complementarlo con unos cuantos grados adicionales para llegar a la temperatura confort⁷ (19-21 grados centígrados).

6. Casas UV: son instalaciones que tiene la Universidad Veracruzana en las comunidades rurales y semiurbanas para brindar servicios y apoyos mediante esquemas de vinculación de servicio social, estancia académica o residencia comunitaria, en ellas viven los estudiantes durante el período que dura la vinculación (<https://www.uv.mx/vinculacion/general/casas-uv-dgv/>).

7. Temperatura confort es aquella en la que el ser humano no percibe la sensación ni de frío ni de calor, siendo además una combinación entre temperatura y humedad. Siendo una cuestión de

SISTEMAS ENERGÉTICOS RENOVABLES

Es necesario realizar una clasificación de los sistemas energéticos renovables que pudieran aprovecharse por tipo de clima presente, pero estos deben dimensionarse después de haber pasado por las correcciones y adecuaciones de las dos etapas previas: diseño bioclimático y diseño de eficiencia energética.

Aplicaciones térmicas

Solar térmico: estas tecnologías ampliamente difundidas aún no se han aplicado en la UV, ejemplos tales como el deficiente servicio de confort térmico que presenta la alberca en Xalapa, Veracruz, nos habla del desconocimiento de su potencial de aplicación y sobre todo de ahorro. Este ahorro cercano al 80% y lo económico de esta tecnología aseguran un tiempo de retorno de la inversión menor a 2 años.

Existen colectores o captadores solares térmicos de baja y media temperatura. El intervalo de estas oscila, para los de baja temperatura, en aplicaciones de 25 hasta 85 °C y pueden utilizarse para calentamiento de albercas (alrededor de 28 °C) y para uso sanitario en regaderas de los gimnasios, zonas deportivas y clínicas (alrededor de 60 grados centígrados).

Existe otro tipo de captadores solares térmicos conocidos como de tubos al vacío, los cuales son muy eficientes en su transferencia térmica, alcanzando temperaturas de hasta 120 °C, el problema es que no están fabricados con cristal templado, lo que los vuelve vulnerables a granizadas o vientos fuertes. Su aplicación debe clasificarse en función de la durabilidad ante el clima al que estarán expuestos.

Solar fotovoltaico: estos sistemas de energía solar aprovechan el comportamiento de los fotones que se desplazan en el espectro de luz solar para impulsar a los electrones a desplazarse, generando electricidad en el llamado efecto fotovoltaico (Clarke, 2001).

Por su aplicación pueden utilizarse en los siguientes sistemas:

“sensación”, el lector puede o no estar de acuerdo con el intervalo propuesto y simplemente ajustar el termostato a su preferencia (Covarrubias, M., 2010).

1. Sistemas tipo isla. Son sistemas que generan la electricidad necesaria para energizar desde una luminaria hasta una vivienda, escuela, clínica o en alguna Casa UV. Su característica es que se aplican de modo independiente o alejados de la red eléctrica. Además de los paneles fotovoltaicos, deben llevar un controlador y unas baterías para almacenar energía, así como un inversor para convertir la corriente directa (CD) en corriente alterna (CA), que en este momento es la forma más común de consumir la energía eléctrica. El problema de diseño de estos sistemas aislados es el mal cálculo de los grupos de baterías que provocan que los sistemas que deben estar diseñados para dar servicio durante varios años, vean disminuida su vida útil. Y así se ven luminarias solares que a los pocos años de instaladas han dejado de funcionar.
2. Sistemas interconectados a la red eléctrica. Estos tienen la gran ventaja que al trabajar junto con la red eléctrica (la red de la Comisión Federal de Electricidad o CFE) no requieren baterías, dado que la red actúa como un gran acumulador, de tal forma que si por alguna razón de días nublados o de baja irradiación solar no existiera generación, el usuario simplemente toma la energía de la red y, por el contrario, cuando existe generación excedente en la edificación (en este caso en la UV sería durante los fines de semana, días festivos y períodos vacacionales), esta se entrega a la red y se contabiliza. Al final de cada período de facturación se realiza un “corte” y la diferencia será lo que se pague o se abone.
3. Sistema fotovoltaico híbrido. Es un sistema interconectado a la red con la posibilidad de respaldo de baterías; la ventaja que pudiera tener este sistema estará en dos posibilidades: a) contar con el servicio eléctrico en caso de falla de la red eléctrica y b) posibilidad de desconectarse intencionalmente de la red eléctrica en el horario punta.⁸ Esta última

8. Se conoce como horario punta, aquel horario en el que se encienden todas las luces de las ciudades, lo que conlleva a una simultánea y mayor demanda energética y por lo tanto a una necesi-

opción solo tendría alguna utilidad si la tarifa del usuario es tarifa horaria; es decir, que el tipo de contrato que tiene con la CFE le reconoce distintos precios dependiendo del horario de consumo, porque en las otras tarifas (las casi 32 tarifas restantes) no aplica este sobreprecio y desconectarse del servicio eléctrico no tendría ningún beneficio.

4. Sistemas de bombeo solar. Existe la posibilidad de realizar las actividades rutinarias de reposición de agua en los tinacos de las distintas instalaciones y edificios de la UV utilizando sistemas de bombeo solar. Estos sistemas anteriormente requerían de motobombas con motores especiales que fueran capaces de variar su velocidad de acuerdo a la irradiación; es decir, a mayor radiación, mayor velocidad de giro y por lo tanto mayor caudal. Actualmente, se han desarrollado sistemas variadores de velocidad tales que pueden adaptarse a cualquier bomba “convencional”. Por lo que ahora la inversión para transitar al bombeo solar solo requeriría de los paneles fotovoltaicos y este elemento convertidor de corriente directa y corriente alterna. Estos sistemas de bombeo solar no requieren baterías dado que lo almacenado es el agua o el líquido a bombear. Esto significa que se deberá incrementar la capacidad de almacenamiento para que, en caso de días nublados o baja irradiación, se tenga suficiente líquido almacenado.

SISTEMAS EÓLICOS

Estos sistemas requieren de la realización de estudios estadísticos y modelos de predicción que puedan, dentro de lo posible, garantizar la confiabilidad de la presencia del recurso eólico. Aunque es bien conocido que en las zonas costeras existen los dos movimientos ocasionados por la frontera entre el mar y la playa, los cuales por su diferencia de temperaturas propician los vientos conocidos como

dad de generar más energía eléctrica, normalmente tiene un costo de producción mayor, lo que a su vez origina un cargo más alto al usuario (app.cfe.mx > Aplicaciones > CCFE > Tarifas > Tarifas).

brisa marina, solo que al no estar exactamente frente al mar pueden variar en intensidad o altura, dificultando su correcta aplicación.

Las tecnologías que pudieran aplicarse deben revisarse para que de acuerdo al sitio en el que se instalarán, se encuentre la aplicación más estética posible. Para ello, existen una variedad de diseños, sobre todo en la tecnología vertical, que pudiesen aprovechar su diseño un poco más adaptable, comparado con las clásicas aplicaciones tipo hélice de avión.

En cuanto a su ámbito de aplicación, son exactamente los mismos que con la tecnología solar fotovoltaica; es decir, se pueden utilizar en sistemas aislados, de alumbrado, interconectados a la red o para bombeo.

En la mayoría de las ocasiones se apoyan con la energía fotovoltaica para combinarse adecuadamente, sobre todo en las zonas costeras, pues la brisa marina se presenta cuando la irradiación se empieza a generar; o bien, cuando se terminó de generar; si en este momento los aerogeneradores arrancan, el espectro de cobertura se amplía a una mayor cantidad de horas de generación renovable. Del mismo modo, la mayoría de nublados en las zonas costeras corresponden a días con presencia de vientos fuertes y en los días de casi ausencia de viento la irradiación solar es mayor, por lo que estas dos tecnologías se complementan muy bien.

BIOENERGÍA

Biogás de aguas residuales

Esta forma de obtener combustible proveniente de las aguas residuales tiene un múltiple efecto benéfico; por una parte, se “limpian” las aguas vertidas y estas, una vez tratadas, se pueden reutilizar en riego disminuyendo así el consumo de agua. Los lodos de desecho del proceso se pueden utilizar como abono orgánico de alta calidad y finalmente, también se puede obtener un combustible para generar energía eléctrica.

En cuanto a la huella ecológica, al evitar la formación y escape de gas metano a la atmósfera, producto de la descomposición de la materia orgánica y

al transformarlo en CO_2 (al aprovecharlo en un motor de combustión interna), se evita el efecto invernadero en una proporción 21 veces menor que el efecto del metano solo.

Este proceso de transformación de la materia orgánica en biogás se lleva a cabo en los llamados biodigestores, donde mediante un proceso anaerobio se activan las bacterias metanogénicas precursoras de la formación del gas metano.

Para que estos biodigestores produzcan una cantidad adecuada de gas combustible, es necesario que la carga orgánica concentrada sea suficiente, así se podrá utilizar en lugares de alta concentración de usuarios, como la Unidad Central en Xalapa, mientras que los campus de Boca del Río, Córdoba y Coatzacoalcos pueden ser candidatos a instalar esta tecnología.

Este gas puede generar energía eléctrica y térmica en motores de combustión interna o microturbinas de gas, con lo que el ciclo de reutilización de los desechos sería aún más virtuoso, pudiendo accionarse sistemas de acondicionamiento de aire por absorción con la energía calorífica proveniente del biogás de las aguas tratadas, en un claro ejemplo de economía circular (Fundación Ellen MacArthur, 2019).

Biogás proveniente de los desechos orgánicos

Para implementar este aprovechamiento se necesitan dos estrategias fundamentales: *a)* una cada vez más necesaria cultura de separación de residuos y, *b)* una periódica recolección de residuos orgánicos.

Estos desechos orgánicos poseen una gran cantidad de materia transformable en biogás, siguiendo el mismo modelo que los biodigestores de aguas residuales, aunque con algunas adecuaciones en su diseño para dar el tiempo necesario a la transformación que realizan los organismos metanogénicos.

Gasificación

Esta tecnología cae dentro de los procesos termoquímicos de alta temperatura, donde se oxidan los residuos maderables en un recipiente hermético o gasificador, añadiendo vapor para obtener un gas sintético de alto contenido de metano. Este gas se quema dentro de un motor de combustión interna y se obtiene tanto elec-

tricidad como energía térmica. Como resultado de este proceso, se obtiene carbón vegetal con buenas características para compostaje, sin necesidad de lombrices.

Para implementar esta tecnología es necesario concentrar el resultado de las podas en las diferentes áreas verdes o boscosas de la UV y decidir cuáles serían enviadas al gasificador o al biodigestor de desechos orgánicos (dependiendo la concentración de celulosa). La proporción de madera a energía eléctrica es de 1kwh por cada kg de materia maderable seca, aproximadamente.

Gasificación de plásticos mediante pirólisis

Este proceso termoquímico de media y alta temperaturas se realiza en ausencia de oxígeno, lo que garantiza un aprovechamiento completo de la materia a transformar. Se obtienen tres productos: gas sintético, aceite sintético y carbón (los tres combustibles) y, dependiendo de la velocidad y la temperatura, serán las proporciones de estos componentes (a mayor temperatura, mayor gas; a temperatura media, mayor cantidad de aceites). Este gas o aceite se puede utilizar en motores de combustión y generar energía térmica y electricidad.

Para llevar a cabo este proceso, nuevamente se requiere la cultura de separación de residuos. Aquí debe ponderarse la clasificación de los plásticos, pues no todos sirven para pirolizar debido a los posibles contenidos tóxicos que en el proceso se pudieran formar.

TABLA 3.3. Resumen de las tecnologías aplicables

<i>Tipo de Energía Aplicable</i>	<i>Tecnología</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Beneficio</i>	<i>Observaciones</i>
Solar térmica	Captador plano	Calentamiento de agua: regaderas, laboratorios.	Zonas con alta frecuencia de vientos fuertes o granizadas.	De ser necesario, tener respaldo y hacerlo con bomba de calor no con calentadores.

(continúa Tabla 3.3)

<i>Tipo de Energía Aplicable</i>	<i>Tecnología</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Beneficio</i>	<i>Observaciones</i>
Solar térmica	Tubos evacuados	Calentamiento de agua: regaderas laboratorios.	Zonas con muy poca probabilidad de vientos fuertes o granizadas.	De ser necesario, tener respaldo y hacerlo con bomba de calor no con calentadores.
Solar térmica	Colector desnudo	Calentamiento de albercas.	Aplicación de baja temperatura.	De ser necesario, tener respaldo y hacerlo con bomba de calor no con calentadores.
Solar fotovoltaica	Aislada	Alumbrado público.	Todos los campus e instalaciones.	Cuidar sombreado y orientación.
Solar fotovoltaica	Aislada	Bombeo Fotovoltaico.	Zonas sin servicio de electricidad.	
Solar fotovoltaica	Interconectado a la red	Edificios, Casas Institutos.	Reducción de carga térmica por sombreado en azoteas.	
Solar fotovoltaica con respaldo de baterías	Interconectado a la red	Edificios con tarifa horaria.	Reducir el sobre costo horario.	
Eólica	Igual que las aplicaciones solares fotovoltaicas		Existen aplicaciones verticales con buen diseño arquitectónico.	Se recomienda instalar junto con energía solar, debido a la alta variabilidad del viento.
Bioenergía	Biogás de aguas residuales			

(concluye Tabla 3.3)

<i>Tipo de Energía Aplicable</i>	<i>Tecnología</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Beneficio</i>	<i>Observaciones</i>
Bioenergía	Biogás de residuos orgánicos			
Bioenergía	Gasificación de residuos maderables		Maderas, resultado de las podas o de la basura.	Es necesaria una cultura de separación.
Bioenergía	Pirólisis de plásticos		Plásticos de envases de bebidas.	Es necesaria una cultura de separación.
Bioenergía	Biodiésel aceites		Proveniente de comedores.	Es necesaria una cultura de separación.

Fuente: elaboración propia.

Una reflexión final

La electrificación del transporte está cobrando impulso no solo en Estados Unidos, sino también en otros importantes mercados, como Europa y China. Por ello, aunque Estados Unidos abandone el Acuerdo de París, o en caso de que reduzca o incluso suprima los incentivos y subvenciones federales, se espera que algunos estados de la Unión Americana, junto con otros países del mundo, aceleren la transición hacia una economía limpia mediante la adopción de políticas que aumenten la penetración de los vehículos eléctricos (EV por sus siglas en inglés).

El transporte es un objetivo lógico en las iniciativas de reducción de las emisiones de carbono, debido a que este sector genera un tercio de las emisiones totales de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Conforme se intensifican los esfuerzos por reducir el impacto del calentamiento global, tanto los gobiernos como los científicos y fabricantes de automóviles trabajan contra reloj para acelerar la electrificación de los medios de transporte que actualmente emplean combustibles fósiles. Diseñar y construir vehículos eléctricos fiables, atractivos y accesibles no es el único reto a vencer, al parecer existen dos paradigmas que cambiar cuando se comparan con los automóviles de combustión interna: la confiabilidad

de funcionamiento, en cuanto a no quedarse con el vehículo parado por falta de energía y las pocas estaciones de recarga que existen o que llevaran al propietario a invertir además del precio del vehículo en su propia estación de carga casera. Estas restricciones están siendo superadas día a día, ahora los vehículos eléctricos puros (PEV), ofrecen hasta 400 millas de autonomía en una recarga (cerca de 640 kilómetros). Y, por otra parte, los propietarios de estos vehículos están cambiando a sistemas de energía solar en casa.

En este sentido, llegamos a esta reflexión obligada: en un futuro próximo, los autos que conducirán los miembros de la comunidad universitaria, poco a poco irán transitando hacia el uso de PEV, empezando por la flota de vehículos propios de la Universidad, los cuales necesitarán contar con sus estaciones de recarga. Esto obligará a rediseñar los estacionamientos de los funcionarios y de manera paulatina se extenderá a toda la comunidad universitaria (sea que se convierta en una prestación o un servicio cobrado), la UV deberá, dentro de un marco de congruencia, cumplir con las medidas de sustentabilidad y descarbonización y ofrecer estas estaciones de recarga. Anticiparse en la planeación de estos estacionamientos es un ejercicio obligado ante un futuro cercano que transitaremos en los próximos diez años.

Las opciones de generación de energía presentadas en este capítulo cobran una mayor importancia toda vez que el costo de la electricidad se incrementará sustancialmente debido a este cambio de paradigma en el transporte.

En adelante, el término “vehículo eléctrico” alude al segmento de los vehículos de motor ligeros que pueden conectarse y se alimentan total o parcialmente de la electricidad almacenada en una batería. Esta definición engloba a los vehículos híbridos eléctricos conectables (HEV) y a los PEV.

CONCLUSIONES

Como parte del compromiso que la Universidad Veracruzana tiene como actor social en el estado de Veracruz, debe ser una referencia en la implementación de estrategias que impulsen la transición energética y que garanticen la apropiación de la sustentabilidad en la cultura universitaria. Para lograr este liderazgo en la

parte energética, en el capítulo se hizo énfasis en la necesidad de implementar un departamento de auditoría energética, desde el cual pueda, a través de diagnósticos, cuantificar y establecer estándares e indicadores que ayuden a definir las estrategias para conseguir niveles cada vez más eficientes del aprovechamiento de la energía. Adicionalmente, se sugiere la necesidad de enmarcar la sustentabilidad en el diseño de las nuevas construcciones y las remodelaciones, mediante simulación energética y de análisis de ciclo de vida, nuevamente la figura de este departamento de auditoría energética cobra relevancia al tener la responsabilidad de asegurar la constante disminución en la huella ecológica universitaria.

Finalmente, se realizó un listado de posibilidades de aplicación de energías renovables o de alta eficiencia energética y se enfatiza este orden final, porque debe ser una solución implementada al final de la aplicación de las medidas correctivas en el consumo de energía y no como una solución inicial.

REFERENCIAS

- ASHRAE . (2010). ASHRAE 90.1 ECB. Obtenido de Ashrae 90.1 Energy Cost Budget: <https://901ecb.ashrae.org>
- BAXI. (2019). Baxi. Obtenido del sitio web de Baxi: <https://www.baxi.es/productos/bombas-calor>.
- CENGEL, Y., y Boles, M., (7 de marzo de 2019) *Termodinámica*. Sexta edición. pág. 589. Editorial Mac Graw Hill. USA.
- CLARKE, J. (2001). Energy simulation in building design. *Processing the building energy equations*. Taylor & Francis, Inglaterra, 99-125.
- COVARRUBIAS, M. (diciembre de 2010). *Determinación de Estándares de confort térmico para personas que habitan en clima tropical sub-húmedo*. Tesis de Maestría, IX Maestría en Energías Renovables. Universidad Internacional de Andalucía. España.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. (2018). *Ley de la Industria Eléctrica*. México: Secretaría de Gobernación.
- FUNDACIÓN ELLEN MACARTHUR. (2019). *Fundación Ellen MacArthur*. Obtenido de Ellen MacArthur Foundation.org: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf

- GEISSDOERFER, M., Savaget, P., Bocken, N., y Hultink, E. J. (2017). "The Circular Economy A new sustainability paradigm?" *Journal of Cleaner Production*, 757-768.
- GUERRA, Federico (1 de junio de 2022). Las 10 principales certificaciones de edificios sostenibles en México. Obtenido de: <https://futurociudades.tec.mx/es/edificios-sostenibles-mexico>.
- HABERL, H., Wackernagel, M., y Wrbka, T. (2004). "Land use and sustainability indicators. An introduction". *Science Direct*, 193-198.
- IEA. International Energy Agency. (2018). *Hacia un sector de edificios y de la construcción eficiente, resiliente y con cero emisiones*. Global Alliance for Buildings and Construction.
- PRINDLE, B., Eldridge, M., Eckhardt, M., y Frederick, A. (1 de mayo de 2007). *The twin pillars of sustainable energy: synergies between energy efficiency and renewable energy technology and policy*. Obtenido de ACEEE. American Council for Energy Efficient Economy: <https://www.aceee.org/research-report/e074>.
- SEGURA, César (julio de 2014) Estudio de la fiabilidad mediante ensayos acelerados de diodos ultravioleta de alta potencia. Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid. España.

RESIDUOS

NADIA ANGÉLICA CRUZ VÁZQUEZ

ANA LIZETTE SÁNCHEZ MEZA¹

INTRODUCCIÓN

Todas las actividades que el hombre realiza conllevan un impacto ambiental en el área donde se desarrollan, incluso en la construcción de edificaciones para fines educativos, de vivienda o administrativos; por esto es necesario identificar los factores de riesgo que puedan impactar durante todas las etapas del proyecto de construcción, siendo la generación de residuos una constante en esta actividad.

En este capítulo se abordarán los requisitos relacionados con el manejo adecuado de los residuos en las edificaciones, considerando todas las etapas de su ciclo de vida, debido a que es necesario realizar el control estricto de estos, por las afectaciones que pueden derivarse de su manejo incorrecto, así como por el impacto que pueden tener en la comunidad universitaria, independientemente del área de formación de cada uno de los actores de esta comunidad. Siendo las universidades un eje central de influencia en la sociedad, es necesario que todas las áreas del conocimiento tengan conciencia de los residuos que se generan en la edificación y en el uso de un espacio universitario, así como de su manejo adecuado.

Los procesos naturales están fundamentados en ciclos; un ciclo, según lo definido por la Real Academia Española (2018), es un período de tiempo que incluye una serie de fenómenos característicos. Esta repetición de etapas la podemos observar en la regeneración de elementos o sustancias químicas necesarias

1. Universidad Veracruzana.

para la vida (agua, carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, etc.), el proceso de un ser vivo (nacer, crecer, reproducirse y morir), así como actividades no relacionadas directamente con la naturaleza como lo es cualquier actividad productiva.

La ISO 14001 (2015), define el ciclo de vida como un conjunto de etapas consecutivas e interrelacionadas de un producto o servicio desde el momento en que se obtiene la materia prima hasta que se entregan al consumidor final, tomando en cuenta todos los riesgos y posibles impactos ambientales que se producen dentro de estas etapas.

La Ingeniería Civil y la Arquitectura clasifican las etapas de un proyecto constructivo en 4 fases primordiales interconectadas y secuenciales cíclicas:

1. Selección y preparación del sitio
2. Construcción
3. Operación y mantenimiento
4. Abandono del sitio

Por tal razón, desglosaremos la generación y manejo de residuos en dicho orden, respetando el ciclo de manejo de los mismos.

RECOMENDACIONES

Es necesario considerar el manejo adecuado de los residuos generados en todas las etapas de una edificación: desde las previas a la construcción, su operación y mantenimiento, hasta el abandono del edificio. Es así como las primeras etapas a considerar en este capítulo se refieren a las etapas anteriores a la construcción del mismo.

Selección y preparación del sitio

Durante la etapa de selección, los trabajos se limitan a la observación y análisis del sitio en donde se propone la instalación de la obra. En esta, la permanencia del ser humano es por tiempo limitado y no se realizan actividades de modificación del lugar. Por tal razón, los impactos ambientales, entre ellos, la generación de residuos es nula.

En la etapa de preparación es cuando realmente inicia la intervención del humano en el medio y esto incluye actividades como: retiro de la cobertura vegetal (hierbas, arbustos), derribo de árboles, desenraice, excavaciones con extracción del suelo, compactaciones; algunas de estas actividades ejecutadas con maquinaria y/o equipo manual (machetes, tijera, palas, etc.) y automático (motosierras, aplanadoras, retroexcavadoras, etcétera).

En esas actividades se ve la acción del hombre que, además de la alteración al medio ambiente natural, produce otros impactos por su presencia misma, tales como: generación de residuos orgánicos e inorgánicos, residuos peligrosos, aguas residuales, emisiones a la atmosfera de diversos tipos, ruido, entre otros; para lo cual, se deben establecer medidas de control para mitigar las afectaciones.

Dentro de la generación de residuos directamente relacionados con la actividad podemos mencionar: residuos vegetales (troncos, ramas, hierbas), residuos peligrosos derivados del mantenimiento a la maquinaria y equipo (residuos de gasolina, aceite gastado o materiales y suelos impregnados con estos); sin embargo, existen otros residuos que frecuentemente olvidamos considerar y que están ligados de forma indirecta a esta etapa: los residuos sólidos urbanos, tanto orgánicos como inorgánicos.

Tomando como referencia lo establecido en la NOM-115-SEMARNAT-2003 que, aunque es una norma para la construcción de pozos petroleros en tierra, resulta apropiada por la consideración de algunos lineamientos mencionados para la preparación del sitio de construcción, tales como:

1. Durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos para las actividades de desmonte y deshierbe. El producto de estas actividades debe ser dispuesto en el sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.
2. En la preparación del terreno se deben realizar las excavaciones, nivelaciones, rellenos y compactaciones con los materiales necesarios, considerando las obras de drenaje pluvial necesarias para evitar la acu-

mulación de agua que pudiera contaminarse con aceites, lubricantes y combustibles por el uso de equipo, maquinaria y proceso de sitio.

3. El material generado por los trabajos de nivelación del terreno y excavación se debe almacenar de manera temporal en los sitios especificados en el proyecto, evitando con ello la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a este y bordos que modifiquen la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto para su posterior reutilización en la etapa de restauración de la zona.

Asimismo, no debemos olvidar los residuos líquidos, mejor conocidos como aguas grises, producidas debido a las necesidades fisiológicas del personal que se encuentra trabajando en el sitio. La norma de sanidad de OSHA en la Construcción (29 CFR 1926.51) requiere que los empleadores provean servicios de inodoros accesibles para todo el personal y que aseguren que estos servicios sean mantenidos en condiciones de adecuada higiene; por lo cual, se establece la relación de este servicio con respecto al número de trabajadores (ver tabla 4.1).

Con la instalación y uso correcto de estos servicios se evita la contaminación del suelo y mantos freáticos por lixiviación de materia fecal, contribuyendo así a la procuración de la salud de los trabajadores y de la comunidad en general.

TABLA 4.1. Número de inodoros por empleados presentes en un centro de trabajo

<i>Número de empleados</i>	<i>Número mínimo de inodoros</i>
1 a 15	1
16 a 35	2
36 a 55	3
56 a 80	4
81 a 110	5
111 a 150	6
Más de 150	1 extra por cada 40 empleados

Fuente: elaboración propia con base en los Reglamentos OSHA para la industria en general.

Esta norma también señala que el desfogue de las aguas residuales de los servicios sanitarios no debe constituir un riesgo para la salud del trabajador; además, se debe prevenir la generación de daño alguno al suelo o afluentes. Derivado de lo anterior, es necesario que los desechos sean recolectados por empresas que garanticen su valorización y/o adecuada disposición de los mismos.

Los residuos sólidos urbanos (RSU) se presentan por las actividades de consumo y es necesario establecer acciones para el manejo adecuado de los mismos, que deben de iniciar con un programa de capacitación que incluya la concientización en esta materia, la correcta clasificación de los residuos de acuerdo a sus características, la colocación de contenedores apropiados para este fin, la valorización de los mismos, su disposición final adecuada, así como señalización informativa y obligatoria.

Los residuos más comúnmente generados en estas actividades son: residuos orgánicos (comida, restos de plantas, troncos y hojas), metal (aluminio, metales ferrosos y no ferrosos), plásticos (PET, PE, PS y PVC), papel y cartón, que deben de almacenarse de forma temporal en contenedores señalizados, evitando así su dispersión por el viento, el ingreso de agua de lluvia, la atracción de fauna nociva, así como la contaminación del suelo. Todos ellos deben colocarse en sitios específicos cerca de las áreas de generación.

Con el objetivo de facilitar la valorización de los residuos sólidos urbanos, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), emitió la Guía de Diseño para la Identificación Gráfica del Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (DOF, 2018), que tiene como objetivo homogeneizar criterios que puedan ser aplicables en cualquier parte del país y que la población, no importando su lugar de origen o residencia, pueda contribuir con las acciones locales en materia de gestión integral de residuos y de su aprovechamiento, a través de una correcta imagen iconográfica a nivel nacional de los símbolos que permita identificar de manera inmediata, clara y precisa los residuos sólidos en forma separada.

Esta guía presenta la iconografía para ocho residuos diferentes: orgánico, inorgánico, papel, plástico, metal, vidrio, madera y tela; que posteriormente agrupa en dos clasificaciones: primaria (orgánico e inorgánico) y secundaria

(papel, plástico, metal, vidrio, madera y tela), proporcionando el código de Pantone que deberá utilizarse para cada uno de los diseños, así como las retículas que ayudan a distinguir las dimensiones de cada imagen iconográfica. La tipografía empleada para todos los residuos complementa los elementos de diseño empleados en la elaboración de los íconos.

En esta etapa, los residuos peligrosos se generan como resultado de los procesos de mantenimiento al equipo y maquinaria utilizados, siendo necesario el manejo adecuado desde que son considerados materiales peligrosos y teniendo sumo cuidado en la administración de los mismos cuando se transforman en residuos, debido a los efectos a corto, mediano y largo plazo que pueden ocasionar al medio ambiente y a la salud de los trabajadores. Algunos ejemplos de estos son: aceites lubricantes gastados, sólidos impregnados con estos, residuos de combustibles, pinturas, brochas sucias, thinner, entre otros.

Para evitar que estos últimos entren en contacto con los residuos sólidos urbanos, se deberán depositar en contenedores con tapa hermética y señalizados con la leyenda RESIDUO PELIGROSO, colocados en una zona alejada de áreas operativas y de servicios (DOF, 2018), y deberán contar con un medio de protección al suelo, señalización de precaución, medios de extinción de incendios y de contención de derrames. Debido a las características intrínsecas de estos residuos, la Semarnat (2018), ha establecido procedimientos estrictos para todas las fases de su ciclo de vida. En primer lugar, deben ser transportados por empresas autorizadas, tanto por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) como por la Semarnat. Además, deberán someterse a tratamientos que garanticen la destrucción de las características que les confieren peligrosidad, siendo obligación del generador corroborar que ambos prestadores de servicios se encuentren en regla conforme a la legislación en esta materia, al igual que generar y conservar por cinco años los manifiestos de entrega – transporte y recepción de residuos peligrosos.

Construcción

El proceso de construcción de toda edificación, sin importar su finalidad, tiene una duración aproximada de un año y puede englobarse de la siguiente manera:

1. Compactación
2. Excavación
3. Armado de cimbra y enrejado de varilla (zapatas, columnas)
4. Levantamiento de muros
5. Construcción de losas
6. Pintura base
7. Instalación de la red eléctrica
8. Instalación de la red sanitaria e hidráulica
9. Instalación de herrería (puertas, protecciones, portones, etcétera)
10. Impermeabilización
11. Instalación de pisos
12. Colocación de muebles y equipos a utilizar (pizarrones, proyectores, etcétera)
13. Vida útil y mantenimiento

En el proceso de ejecución de cada una se generan tres tipos de residuos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP) (DOF, 2018). Ahora bien, durante la compactación del área no se generan residuos; sin embargo, existen otros impactos ambientales como la pérdida del intercambio gaseoso del suelo con el aire, la fragmentación de posibles rutas de paso de animales, la pérdida de las áreas de anidación subterráneas de insectos, mamíferos, anfibios, etcétera.

De la fase de excavación se obtienen grandes cantidades de tierra removida que debe ser dispuesta en sitios donde no exista riesgo de azolvar escorrentías de agua pluvial o producir taponamientos en las redes de drenajes municipales, para, posteriormente, ser incorporadas al proyecto en la misma área donde se generó u otros sitios dentro del mismo.

En el proceso de armado de cimbra y emparrillado se generan residuos de manejo especial entre los que se encuentran: restos de madera, fierro y alambón, mismos que son susceptibles de ser valorizados iniciando con la segregación de los mismos y la aplicación de un plan de manejo de residuos,

en el cual se establezcan los mecanismos para su aprovechamiento y reciclaje. Durante la etapa de levantamiento de muros y construcción de losas es necesaria la preparación de mezcla, variando su composición debido al uso que se le dará; por lo que los principales residuos generados en esta actividad se originan en la elaboración de la mezcla de los ingredientes sobre el suelo, siendo esta una de las actividades primordiales e indispensables en esta etapa de construcción.

Este método de preparación llega a incrementar la acidez del suelo, afecta la filtración de componentes por arrastre a las capas inferiores del estrato e incluso, contamina los mantos acuíferos someros por lixiviación; por lo tanto, se recomienda realizar esta actividad en suelos previamente impactados o con algún sistema previo que prevenga el contacto directo con el suelo (cemento, asfalto, etcétera).

Durante la fase de aplicación de pintura, se generan residuos peligrosos derivados de la utilización de elementos como trapo industrial y/o estopa ocupada para la limpieza de escurrimientos en el sitio, equipos utilizados en el desarrollo de la misma (cubetas, brochas, extensiones, etc.), los cuales terminan impregnados con solventes y pinturas; y cuando la superficie a pintar está conformada por material férreo que presenta oxidación, el retiro de este óxido generará polvos de fierro que son considerados residuos peligrosos, por lo que deberán ser concentrados y manejados tal como se mencionó en la etapa de preparación de sitio, para garantizar que no generen afectación alguna al medio ambiente.

Aunque en la actualidad la mayoría de las pinturas han reducido considerablemente su contenido de plomo y compuestos orgánicos volátiles (COV), se recomienda preferir aquellas que tienen menor concentración de las sustancias previamente mencionadas, para evitar su liberación al ambiente y el contacto con los trabajadores que la aplican y la comunidad universitaria que utilizará las edificaciones.

Sin importar las características de los tipos de pintura empleada, es necesario la utilización de mascarillas de protección respiratoria por parte de los trabajadores, ya que la NOM-116-STPS-2009 así lo marca.

En los procesos de impermeabilización, instalación de red eléctrica, sanitaria e hidráulica, así como en la instalación de mobiliario y equipo, se generan residuos de manejo especial debido al retiro de material de construcción (ladrillo, cemento, etc.), por la realización del acanalado de paredes y losas para insertar mangueras para el cableado eléctrico y sanitario; de igual forma, se encuentran presentes RSU como las envolturas de los cables, las herramientas y el material de desecho.

No debemos dejar de lado la importancia del correcto manejo del agua en esta fase (agua potable y aguas grises), recordemos que la red sanitaria e hidráulica aún no está presente, por lo que la provisión de agua para uso industrial (construcción) y humano (sanitarios) deberá ser proporcionada a través de pipas por una persona física o moral que cumpla con los permisos requeridos para la extracción y venta del líquido; así mismo, las aguas grises generadas por el uso de los sanitarios portátiles que se deberán instalar en el área de construcción deberán ser manejadas y dispuestas a través de un tercero que cuente con los permisos de transporte, tratamiento y disposición final necesarios. Lo anterior, en concordancia a lo descrito en la etapa de preparación del sitio.

En la fase de vida útil (operación) y mantenimiento de una construcción, cuya finalidad es ser utilizada como institución de estudios superiores, debemos de considerar las diferentes actividades que en ella se desarrollan: la actividad docente en aulas y laboratorios, actividades de esparcimiento, actividades de alimentación y convivencia, entre otras.

En este punto, las diferentes actividades realizadas generarán principalmente residuos urbanos, como son: envolturas de productos alimenticios; insumos escolares (lápices, plumas, borradores, etc.); desechos orgánicos, producto de la alimentación del personal que ocupa el lugar; papel, producto de las diferentes actividades docentes y administrativas.

El manejo adecuado de estos residuos debe buscar la reducción de su generación y su valorización, para lo cual es necesario el diseño e implementación de un plan de manejo basado en un diagnóstico inicial de la generación, el tipo de residuos y las actividades de aprovechamiento o disposición final aplicados de forma inicial.

Para garantizar la estricta aplicación de dicho plan, deberá de estar fortalecido por un programa integral de educación ambiental en la materia. Para su diseño se recomienda el involucramiento de un grupo multidisciplinario que incluya profesionales en Pedagogía, Psicología, Medicina o Enfermería, Ingeniería Ambiental y Química, sin ser estas limitativas, con la intención de fortalecer su diseño y técnicas de aplicación.

Así mismo, se deberán de buscar mecanismos que encaminen al reciclado o disposición final de los residuos de manejo especial, como lo son tóneres, plumones, papel y plástico; siendo posible el retorno de alguno de ellos a las entidades que fabricaron los materiales que originaron el residuo.

Además, se tendrá que optar por la instalación de la infraestructura adecuada para el almacenamiento segregado de los diferentes tipos de residuos generados; para lo cual podrá utilizarse la Guía de Diseño para la Identificación Gráfica del Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (DOF, 2018).

Tal y como se mencionó en la etapa de preparación del sitio, será necesario la implementación de un programa de capacitación que incluya la concientización en esta materia, la correcta clasificación de los residuos de acuerdo a sus características y la difusión del plan de manejo a toda la comunidad universitaria: desde administrativos, profesorado, estudiantes y personal de apoyo.

De igual manera, si las Instituciones de Educación Superior cuentan con laboratorios de análisis químicos, físicos, bacteriológicos, pétreos, de materiales, geológicos, biológicos, médicos o algún otro tipo de laboratorio, es importante reconocer, a través de estos, los residuos generados de las actividades realizadas para considerar si pueden ser peligrosos; para lograrlo se deberá de seguir el procedimiento marcado en la NOM-052-SEMARNAT-2005, en el numeral seis:

1. Si el residuo es peligroso y se encuentra en alguno de los listados de la norma.
2. Si el residuo no se encuentra en los listados 1 a 5 y es regulado por las NOM-004-SEMARNAT-2002, NOM-133-SEMARNAT-2000, NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, NOM-141-SEMARNAT-2003.

3. Si el residuo no está enlistado o no cumple con lo mencionado en el punto anterior, se deberán definir sus características de peligrosidad mediante alguna de las opciones que se mencionan a continuación:
 - Caracterización o análisis CRIT (corrosividad, reactividad, inflamabilidad y toxicidad) de los residuos.
 - Manifestación basada en el conocimiento científico o evidencia empírica sobre los materiales y procesos empleados en la generación del residuo.
 - Si el generador sabe que su residuo tiene alguna de las características de peligrosidad establecida en la norma.
 - Si el generador conoce que el residuo contiene un constituyente tóxico que lo hace peligroso.
 - Si el generador declara, bajo protesta de decir verdad, que su residuo no es peligroso.

De considerarse como peligroso, se deberá manejar según lo estipulado en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos:

1. Registrarse ante la Semarnat como generador de residuos peligrosos (autocategorización) (Art. 46, 47 y 48).
2. Manejar separadamente los residuos peligrosos y no mezclar aquellos que sean incompatibles entre sí o aquellos que sean susceptibles de valorización.
3. Envasar los residuos peligrosos generados de acuerdo con su estado físico en envases que cumplan con las condiciones de seguridad.
4. Marcar o etiquetar los envases que contengan residuos peligrosos con rótulos que señalen el nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén (Art. 46).
5. Contar con una bitácora para el registro de ingreso de los residuos al almacén temporal, que contenga como mínimo: nombre del residuo

peligroso, cantidad generada, características, área o proceso donde se generó, fechas de ingreso y salida del almacén temporal, señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén, nombre y número de autorización del prestador de servicios a quien se encomienda el manejo y nombre del responsable técnico.

Así mismo, se deberá garantizar que el manejo de estos residuos peligrosos sea adecuado durante las etapas que involucra, para lo cual el generador deberá cerciorarse que los terceros involucrados en este proceso cumplan con lo regulado en las leyes, normas y reglamentos aplicables a este rubro.

En la fase de mantenimiento se generarán residuos de manejo especial, como los electrónicos cuando son reemplazados (aires acondicionados, equipos de cómputo y telefonía, cableado eléctrico, luminarias de interior y/o exterior). Estos residuos pueden ser valorizados, a través de la venta o el reciclaje, para la cual, primeramente, será necesario el establecimiento de procesos administrativos para la baja de estos materiales en los inventarios correspondientes, y así, posteriormente realizar el proceso adecuado que evite la contaminación del ambiente.

De igual forma, durante las actividades de pintura y soldadura propias del mantenimiento se generarán residuos peligrosos, como las partículas de material férreo que se desprenden durante la actividad de corte y soldadura, reparación de herrería (puertas, protecciones de ventanas, portones, escaleras, etc.) y pintura desprendida de las superficies, mismos que deberán manejarse según lo mencionado en los párrafos anteriores.

Todos los residuos generados en esta etapa son de producción constante y debido a la fluctuación de la población en este tipo de establecimientos, es necesario la constante capacitación tanto de alumnos, catedráticos, personal de apoyo, contratistas, así como personal externo, para que la implementación del manejo de residuos propuesto sea posible con el paso del tiempo.

Abandono del sitio

Todas las actividades antropogénicas son finitas, por lo que el abandono de una instalación es la última fase del ciclo de vida de una edificación cuando esta ha cumplido con la función para la cual fue construida y no es posible continuarla.

Cuando se toma la decisión de abandonar la edificación es importante que existan las condiciones para que la naturaleza pueda reincorporarse al sitio con el paso del tiempo; para lo cual, se deberá retirar todo aquello que pueda causar contaminación por el intemperismo, como metales, equipo eléctrico y electrónico, almacén de materiales y residuos peligrosos y, si es posible, se procurará el desmantelamiento de la obra civil.

Lo anterior conlleva a la generación de residuos de manejo especial, residuos peligrosos y residuos sólidos urbanos. Dentro de los primeros, podemos incluir aquellos que puedan ser valorizados y reutilizados por un tercero en procesos diferentes a los que los generó: computadoras, cable eléctrico, partes metálicas, cerámica, vidrio, tuberías y conexiones, equipo eléctrico, escombros, residuos de material mineral, telas, plásticos de diferentes clases, entre otros. Su manejo adecuado incluye el transporte por empresas autorizadas por la Secretaría de Medio Ambiente del estado en donde se encuentre la edificación (Sedema, 2018), así como su traslado a sitios autorizados para su aprovechamiento o reutilización, con el fin de convertirlos en nuevos materiales.

Los residuos sólidos urbanos son generados por actividades similares a las mencionadas en la fase de preparación del sitio, las cuales se encuentran directamente relacionadas con el consumo y desecho de materiales por la presencia del hombre, y los residuos peligrosos, por el uso de maquinaria y equipo utilizado para el desmantelamiento de las construcciones; por lo cual se deberán de tomar las medidas mencionadas en el apartado referido.

CONCLUSIONES

La generación de residuos sólidos, ya sean del tipo urbano, de manejo especial o peligroso, es inevitable, debido a que son el resultado indirecto de cualquier actividad humana; sin embargo, esto no quiere decir que el impacto adverso que

puedan causar en el medio ambiente también lo sea. Por tal razón, es necesario el correcto control de los residuos desde su generación y clasificación para determinar las opciones de valorización óptimas y permitir que en lugar de ser residuos puedan convertirse en materiales utilizables nuevamente y sean aprovechados por otro sector, procurando así la economía circular.

Recordemos que la Unión Europea concibe a la economía circular como “aquella en la cual el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y en la que se reduzca al mínimo la generación de residuos”² y plantea como objetivos:

1. Transformación del modelo productivo e industrial tradicional o “lineal”
2. Menor daño medioambiental
3. Límite en el consumo energético
4. Disminución en el uso de recursos
5. Posible creación de riqueza y de nuevas posibilidades de empleo (Sánchez Galán, 2018).

Derivado de esto, se busca generar en las actividades diarias de los procesos de formación de profesionistas, las condiciones para disminuir la utilización de recursos materiales y naturales, así como la reintegración de los residuos al ciclo económico, plantando con esto la semilla del reciclaje en nuestros estudiantes, a fin de que sean capaces de aplicarlo en su vida profesional.

De igual forma, se obtendrán beneficios inmediatos para la institución, como el cumplimiento en materia de legislación ambiental, la disminución en costos de adquisición de productos, el mejoramiento de las instalaciones y la prevención de multas o sanciones por incumplimiento y mejoramiento de la imagen.

Si bien, todo lo anterior conlleva esfuerzos conjuntos de distintas áreas de esta institución, desde las administrativas hasta las operativas; se debe reconocer

2. <https://economiecirculaire.org/economie-circulaire/>.

la importancia de cada uno de estos para poder lograr el desarrollo sustentable de nuestra institución y así ser el ejemplo a seguir de nuestros estudiantes y la sociedad en general.

REFERENCIAS

- Anteproyecto de la Ley de Economía Circular de Castilla-La Mancha, España. Viceconsejería de Medio Ambiente. Castilla-La Mancha, España 26 de febrero 2019.
- Code Of Federal Regulation Standards - 29 CFR, U.S. Government Printing Office, Washington, DC. Consultado el 11 de junio de 2011.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (2008). Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008: Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo Condiciones de seguridad, Ciudad de México.
- _____. (2018). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Ciudad de México.
- _____. (2018). *Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos*. Ciudad de México.
- _____. (2014). *Reglamento de la Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos*. Ciudad de México.
- DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA, Real Academia Española, edición de tricentenario, 2018.
- GACETA OFICIAL DEL ESTADO DE VERACRUZ (2018). *Ley de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial para el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave*. Xalapa, Veracruz.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-115-SEMARNAT-2003. “Especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y mantenimiento de pozos petroleros terrestres para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas o terrenos forestales”. Consultado el viernes 27 de agosto de 2004.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (2015). “Norma internacional de sistemas de gestión ambiental ISO 14001”.

SÁNCHEZ, Galán, J. (2018). Economía circular. Economipedia. Haciendo fácil la economía.

Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/economia-circular.html>

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (2015). “Guía de Diseño para la

Identificación Gráfica del Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.

ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

RENA PORSEN OVERGAARD¹

INTRODUCCIÓN

Tener una igualdad de oportunidades para poder movernos, realizar actividades e integrarnos a la vida cotidiana es un derecho de todos. Esta igualdad conlleva a que cada persona, incluso con determinada limitación física, mental o sensorial (a esto comúnmente se le conoce como una discapacidad) pueda realizar sus actividades del día a día.

Según la Organización Mundial de la Salud en su documento *Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías* (Organización Mundial de la Salud, 2001), se describe la discapacidad como “toda restricción o ausencia (debido a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano”.

La discapacidad, además de estar relacionada con el término de “capacidad”, involucra factores como la actividad, la salud y la participación, mismas que se presentan en una esfera tanto individual como ambiental. Y estos factores requieren de especial atención para que una persona con discapacidad pueda integrarse a una vida cotidiana sin restricción alguna.

Llegar + Entrar + Utilizar + Salir = ACCESIBILIDAD

1. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

Ante este reto, el concepto de accesibilidad es la característica de la arquitectura y del entorno urbano, del transporte y de los medios de comunicación, que permite a cualquier persona su uso y la máxima autonomía personal, brindando integración y equiparación de oportunidades para todos. De esta manera, la accesibilidad resulta como una respuesta y una solución a las condiciones en que viven las personas con alguna limitación para realizar ciertas actividades.

La accesibilidad puede pensarse en diversos sentidos; por ejemplo, tener acceso a los servicios médicos, al transporte público, a las actividades deportivas, sociales y culturales, a los servicios básicos, al trabajo, a la educación, entre otros. Este último, sucede en espacios en donde se debe profundizar en el tema de accesibilidad, ya que los espacios educativos son lugares para el desarrollo de aprendizajes de las personas y donde a su vez se desarrolla su vida social y cultural a lo largo de distintas etapas de la vida. Por lo que, eliminar las barreras físicas (arquitectónicas) de las universidades es un compromiso que se debe asumir para permitir que las personas con discapacidad ejerzan sus derechos fundamentales en condiciones de igualdad y equidad.

Promocionar la accesibilidad y la supresión de barreras arquitectónicas, no es solamente necesidad para las personas con discapacidad sino una ventaja para todos los ciudadanos.

ROVIRA-BELETA

La mejora en materia de accesibilidad en las instituciones educativas es una tarea de todos y para beneficio de todos, pues un diseño adecuado permite no solo compensar las necesidades de las personas con discapacidad, sino que además brinda beneficios y facilidades al resto de la población. Al mismo tiempo, el diseño universal permite la inclusión² de todas las personas, aumentando la diversidad cultural y equitativa de una ciudad.

2. Nota de la autora: inclusión significa una integración en todos los ámbitos, la cual permite un desarrollo personal y profesional, sentando así las bases para construir un entorno accesible.

LA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL COMO BIEN SOCIAL

La accesibilidad universal se justifica con el derecho fundamental de tener acceso a circular libremente por la ciudad, derecho al trabajo y a la educación, a la recreación, a la cultura y a espacios sin barreras físicas ni sociales. Debe tomarse como un bien público y ser exigido como derecho ciudadano con el que toda persona pueda desarrollar sus actividades cotidianas, utilizar los espacios públicos para la convivencia y los espacios privados, de manera que todas las personas puedan llegar a ellos, acceder, usar y salir de manera autónoma, confortable y segura.

El bienestar social de una ciudad se logra a través de la satisfacción de aquellas demandas de las personas aceptadas como necesidades: personales, físicas, emocionales y sociales que elevan la calidad de vida de la población. En México, la problemática, las dificultades y las barreras que enfrentan las personas con discapacidad han sido expuestas y analizadas públicamente durante los últimos años y cada vez son más las personas, instituciones y asociaciones que se incorporan a la tarea de mejorar las condiciones de vida y bienestar personal de este grupo poblacional.

Una de las principales condiciones para que las personas con discapacidad puedan participar dentro de una vida social integral es la accesibilidad a todos los espacios públicos y privados, donde no existan barreras físicas tanto en el espacio urbano, en las diferentes tipologías de edificaciones, en la comunicación, en la señalización, así como en el transporte público.

Se estima que un 10% de la población mundial vive con algún tipo de discapacidad (Naciones Unidas, 2019). En México, según el XII Censo General de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010), 5 739 000 personas tienen algún tipo de discapacidad, equivalente al 5.1% de la población total. De esta población, se incrementa el porcentaje entre los 10 a 14 y 60 a 70 años. Este incremento tiene su origen en diversos factores: la pobreza, la falta de atención médica, la violencia general, los conflictos armados, los accidentes de tráfico y la disminución del índice de natalidad y mortalidad, provocando un mayor porcentaje de población con discapacidad en edad adulta.

No obstante, a pesar de los avances en normativas que tienen el objetivo de la incorporación de las personas con discapacidad a la sociedad y el buen ejercicio de sus derechos, es evidente la discriminación hacia las personas discapacitadas en nuestra sociedad, con manifestaciones cotidianas como violaciones a sus derechos humanos, discriminación, barreras económicas, culturales y físicas que dificultan su incorporación en la sociedad con igualdad.

Cuando el tema de la accesibilidad se refleja en niños y jóvenes, su importancia es aún mayor, porque lamentablemente es durante estos años cuando se forma la base de muchos problemas relacionados con la falta de oportunidades y de sustento en las personas con discapacidad. Solamente en Nuevo León hay una población con discapacidad de 4%, de la cual 7% se encuentra en estas etapas: 3.2% son niños y 3.8% son jóvenes. Al mismo tiempo, el 63.2% de niños y jóvenes con discapacidad tiene una discapacidad motriz y podrá llevar a cabo procesos educativos sin ningún problema. De los niños y jóvenes con discapacidad de 3 a 29 años, el 45.4% asiste a la escuela. Entre los niños y jóvenes sin discapacidad la cifra es del 56% (INEGI, 2016). De igual manera, la tasa de participación económica de adultos en México es de 29.9% para la población con discapacidad; en cambio, para la población global la cifra es de 53.8 por ciento.

Lamentablemente, esto significa que la población con discapacidad tiene mayores problemas para encontrar un plan de vida que les permita tener una educación, una vivienda y una familia por medios propios y cuando llegan a una etapa de vida laboral el problema se hace aún más grave. Es por esto que la integración del concepto de accesibilidad en edificaciones y espacios educativos para llevarlo a la práctica es una característica de aquellas universidades con un enfoque más humano, pues buscan otorgar posibilidades a este grupo de la población, ya sea para estudiar, trabajar, recrearse, entre otros. Y a su vez, procuran brindar oportunidades de independencia y autonomía para promover el desarrollo de toda la sociedad.

La integración de la accesibilidad en establecimientos educativos se logra a través de técnicas y lineamientos para la creación de espacios urbanos y edificaciones accesibles que conllevan a la modificación de la estructura urbanística, edificatoria, de transporte y de sistemas de comunicación, rumbo a la supresión de

las barreras arquitectónicas existentes. De esta manera, se contribuye a mejorar la calidad de los servicios ofrecidos a las personas y a la integración de personas con discapacidad en la sociedad, para desarrollar una ciudad apta para todos, con soluciones de diseño que en ocasiones pasan desapercibidas por la mayoría de usuarios, pero representan un gran impacto en la comunidad.

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS DE DISCAPACIDAD

Para discutir soluciones que deben presentar los espacios construidos, es conveniente definir previamente los tipos de discapacidad a tomar en cuenta en el momento de planear las soluciones técnicas en instituciones educativas. Como en todas las relaciones humanas, el término de discapacidad abarca diversas escalas y tipos, y es importante profundizar un poco en el tema. De acuerdo con el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE):

La discapacidad se caracteriza por excesos o insuficiencias en el desempeño de una actividad rutinaria normal, las cuales pueden ser temporales o permanentes, reversibles, surgir como consecuencia directa de la deficiencia o como una respuesta del propio individuo, sobre todo la psicológica, a limitaciones físicas, sensoriales o de otro tipo (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, 2019).

Para entender mejor el concepto de discapacidad, la Organización Mundial de la Salud distingue niveles diferentes:

1. Deficiencia: pérdida o anomalía de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica.
2. Discapacidad: restricción o ausencia (debida a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano.
3. Minusvalía: situación desventajosa para un individuo determinado, consecuencia de una deficiencia o de una discapacidad, que limita o

impide el desempeño de un rol que es normal en su caso, en función de su edad, sexo, factores sociales y culturales.

Por su parte, el INEGI hace la siguiente distinción:

1. Motriz: se refiere a la pérdida o limitación de una persona para moverse, caminar, mantener algunas posturas de todo el cuerpo o de una parte del mismo.
2. Visual: incluye la pérdida total de la vista, así como la dificultad para ver con uno o ambos ojos.
3. Mental: abarca las limitaciones para el aprendizaje de nuevas habilidades, alteración de la conciencia y capacidad de las personas para conducirse o comportarse en las actividades de la vida diaria, así como en su relación con otras personas.
4. Auditiva: corresponde a la pérdida o limitación de la capacidad para escuchar.
5. De lenguaje: limitaciones y problemas para hablar o transmitir un significado entendible.

Al mismo tiempo, es importante considerar que no todas las discapacidades son permanentes; sin embargo, al considerar obras de accesibilidad, es importante pensar en estos grupos que en corto y/o largo plazo tienen una incapacidad.

Se consideran también personas con movilidad reducida – temporales: mujeres embarazadas; personas con secuelas temporales por accidentes; mayores de 60 años con reflejos y capacidad física disminuidas; personas en rehabilitación posquirúrgica; personas que lleven carros para bebés o bultos pesados y en algunos casos, personas obesas.

LA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LA EDIFICACIÓN

La incorporación de criterios de accesibilidad universal en el espacio construido, es un tema que en cuestión de normativa debería incluirse como requisito para

toda edificación, tanto en el momento de obra nueva como de remodelación, así como también en espacios exteriores e interiores de las mismas.

Evidentemente, resulta más fácil generar espacios accesibles en los casos de obra nueva y para esto, basta con aplicar las soluciones recomendadas en los distintos manuales disponibles en el mercado.³ Cabe destacar que la incorporación de estas adecuaciones tiene un costo adicional muy reducido en el presupuesto de la obra.

Sin embargo, el verdadero reto para el diseño de soluciones de inclusión en un espacio físico, surge en obras dentro de recintos ya construidos, pues resulta más complicado alinear la obra de construcción e instalaciones existentes con las posibles modificaciones, además es necesario tomar en cuenta la diversidad de materiales constructivos, grados de mantenimiento, la antigüedad de la edificación, así como su integración en la construcción. Para estos casos, se recomienda llevar a cabo la ejecución de los ajustes en momentos en los que se considera la elaboración de otras obras de mantenimiento.

Para poder generar un diagnóstico de las necesidades y posibilidades de mejora de la accesibilidad, se recomienda la generación de un reporte inicial de análisis y del *statu quo*⁴ de las instalaciones en el que se evalúe dónde, cómo y por qué se deben realizar los ajustes. Este reporte también puede ayudar a organizar la obra y crear una línea de tiempo adecuada para su ejecución.

Cuando hablamos de accesibilidad en una institución educativa ya construida es importante señalar que puede ser difícil realizar las obras necesarias para que la escuela sea totalmente accesible; sin embargo, es un esfuerzo que se

3. Algunos ejemplos de los manuales de accesibilidad más utilizados en México son: la norma de accesibilidad especificada en “Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones del Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED), Vol. 3: habitabilidad y funcionamiento”, Guía Práctica de Evaluación de Bienes Inmuebles, elaborado por Libre Acceso, A.C. por Sarah Núñez y Manual Técnico de la Accesibilidad de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (Seduvi).

4. *Statu quo* significa ‘en el estado en que’ y se usa especialmente en la diplomacia, para designar el estado de cosas en un determinado momento. <https://www.wordreference.com/definicion/statu%20quo>.

puede y se debe realizar para asegurar que todos los estudiantes tengan acceso a la educación de manera equitativa. Antes de comenzar el proyecto, es importante diseñar una fase de planeación que debe incluir la elaboración de un diagnóstico del espacio físico donde se analizan los siguientes puntos:

En primer lugar, contar con un plano de las edificaciones existentes en el recinto. La mayoría de las universidades cuentan con este material en la Dirección de Proyectos y Construcciones (o su equivalente). En caso de no contar con estos planos, se recomienda utilizar programas de fotografía aérea en el que sea posible visualizar las diversas edificaciones dentro del área correspondiente a la universidad. En estas, se deberán distinguir los diferentes tipos de pavimento exterior, así como los elementos de mobiliario urbano, tales como bebederos, juegos y bancas.

Una vez que se cuenta con el plano, es posible realizar un estudio físico de la universidad. Para esto, es preferible realizarlo en dos etapas: primera, durante un horario en el que no haya actividades al aire libre dentro del campus y, segunda, en la que se debe observar la actividad de los usuarios en los espacios universitarios. De esta manera será posible diagnosticar el uso de las instalaciones en la universidad. El trabajo de documentación de los espacios con problemas de accesibilidad ubicados en el plano debe acompañarse con fotografías y descripciones de las áreas problemáticas.

La idea del diagnóstico es crear una ruta de usos diaria dentro del establecimiento educativo, en la que es importante estudiar:

1. El o los distintos accesos al campus desde la banqueta.
2. Las circulaciones y rutas; es decir, los senderos que conectan dicho acceso con las distintas aulas, oficinas, áreas de convivencia, sanitarios, así como espacios de uso común, tales como biblioteca, cafetería, auditorio, estacionamientos y áreas deportivas.

Entre las diversas características que se pueden observar en materia de accesibilidad dentro de un espacio universitario son: calidad de pavimentos, presencia de obstáculos en andadores y pasillos, presencia de rampas, soluciones en escaleras

y elevadores y presencia de señalamientos para débiles visuales. Una vez realizado el diagnóstico, se debe contar con un panorama del recinto que determine dónde y qué tipo de problemas de accesibilidad existen en la universidad. Y, a través de estas conclusiones, se recomienda realizar tres escenarios para el mejoramiento de la accesibilidad del espacio, para contar con diferentes soluciones tanto de tiempos de ejecución como de costos.

No es de extrañar que la selección de diferentes soluciones para mejorar la accesibilidad de un área problemática se defina por la disponibilidad económica de la institución. Por ejemplo, en el caso de la aplicación de mejoras de accesibilidad para la entrada a un edificio, probablemente en una etapa inicial se resuelva con la ubicación de una rampa en un acceso lateral. Y, después, con la consecución de fondos para este rubro, sea posible la instalación de un elevador en el vestíbulo. De modo que, poco a poco, sea posible ir madurando las soluciones hasta incorporar por completo la propuesta diseñada.

Al terminar las fases de elaboración de reporte y toma de decisiones, el equipo técnico puede comenzar a diseñar las propuestas específicas para cada área problemática ubicada en el diagnóstico, seguido por la construcción de las obras necesarias.

CASO DE ESTUDIO: INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY, CAMPUS MONTERREY

Existen diversas instituciones educativas que a lo largo de los últimos veinte años se han dado a la tarea de crear espacios universitarios inclusivos. En el caso del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, campus Monterrey, dentro del Centro de Diseño y Construcción se inició con la creación del programa *Accesibilidad Total* con el objetivo de incorporar técnicas de accesibilidad dentro de la industria de construcción en México. De esta iniciativa han surgido dos manuales: el primero es el *Manual de Accesibilidad Total*, el cual consiste en una serie de recomendaciones técnicas de accesibilidad para los edificios de índole público, redactado por Francisco Yeomans, Delma Almada y Karime Grajales. Pos-

teriormente, se redactó el manual *Ciudad Sin Barreras*, por Rena Porsen, Laura Narváez y Elder Emilio Vargas, mismo que incluye recomendaciones de accesibilidad para los espacios públicos de la ciudad.

Al mismo tiempo, en los diferentes campus del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey distribuidos en el país, se han realizado una serie de estudios y proyectos de accesibilidad universal en busca de mejorar los accesos a sus instalaciones a la población universitaria.

En la historia de la edificación del campus Monterrey, que inició en 1946, es importante mencionar que la forma espacial del campus se ha ido modificando con el paso del tiempo, a través de la edificación de diversas construcciones. Por lo tanto, no ha sido sencillo encontrar la manera de conectar las diferentes instalaciones de manera accesible.

Debido a la diversidad de edificaciones presentes en el campus, se observaron tres panoramas en su situación actual:

1. En algunos edificios no existe infraestructura de accesibilidad y estos son poco adaptables a la implementación de proyectos de accesibilidad.
2. Existe infraestructura de accesibilidad, pero se ha realizado fuera de la norma (es decir, existen rampas que no cumplen con la pendiente necesaria para ser accesibles).
3. Existe infraestructura de accesibilidad que cumple con la normativa, pero está desconectada de la diversidad de circulaciones al interior del campus.

En el período de fundación del campus, dicho espacio universitario estaba ubicado en una zona suburbana de la ciudad; sin embargo, el crecimiento de la misma ocasionó que ambos lugares se fueran integrando cada vez más de forma no planificada; de modo que esto ocasionó consecuencias como la falta de accesos al campus con criterios de accesibilidad, y por lo mismo, una dificultad actual para solucionar dicho problema.

Hoy en día, los edificios del campus están ubicados en una gran superficie de área verde y se caracterizan por ser parte de un campus que cuenta con diferentes estilos arquitectónicos, desde el estilo moderno hasta estilos más contemporáneos, en su mayoría de cuatro a seis niveles y ubicados en el eje norte-sur.

Para dar solución a sus interiores, se realizó un diagnóstico del campus y se generaron cuatro rutas accesibles que conectan las actividades del campus y al mismo tiempo tratan de someterse a su estructura física. Además, se ha logrado suprimir las barreras físicas en espacios exteriores, a través de acciones como la eliminación de escalones y el mejoramiento de las rampas de acceso a los edificios, de tal manera que tengan los ángulos y pendientes que aseguren el acceso cómodo en silla de ruedas. Al mismo tiempo, se han mejorado los accesos en los niveles superiores de los edificios con la instalación de elevadores. Por último, se ha trabajado en la construcción de baños accesibles para que una persona con discapacidad pueda usarlos con toda comodidad.

Posteriormente, el Instituto ha trabajado en acciones de mejoramiento en los accesos de los campus ubicados en la avenida Eugenio Garza Sada y avenida Fernando García Roel, a través del apoyo de Distrito Tec.⁵

En el acceso correspondiente a la avenida Garza Sada, se ha trabajado en la incorporación de elementos de accesibilidad que permiten el paso de peatones, personas en silla de ruedas y personas que llegan en bicicleta. Además, se han ampliado las banquetas de manera que pueda circular libremente una persona en silla de ruedas, se han instalado semáforos inteligentes y se han eliminado los escalones de la entrada para convertirlos en una rampa a todo el ancho de la misma, con una pendiente suave y prolongada.

En la esquina correspondiente a la avenida Fernando García Roel con calle Junco de la Vega, se ha realizado una regeneración de todo el espacio residual,

5. Distrito Tec es una iniciativa de regeneración urbana surgida en 2012, que impulsa y promueve el Tecnológico de Monterrey junto a ciudadanos, organizaciones y autoridades que tienen el interés y compromiso de colaborar en el beneficio de la comunidad. <https://distritotec.itesm.mx/acerca/>.

de tal manera que se ha habilitado un parque de bolsillo que funciona como un segundo acceso al campus. Dicho parque se ha abierto al público y actualmente opera como un sitio de convivencia para los estudiantes del campus y los vecinos de la zona. Además, la incorporación de un semáforo inteligente ha mejorado las condiciones para tener un cruce peatonal más seguro.

Estas acciones han logrado un campus más accesible para los estudiantes que tienen una discapacidad temporal o crónica, facilitando el uso de las instalaciones universitarias y mejorando la convivencia con el resto de usuarios del campus. Aunado a esto, la incorporación de criterios de accesibilidad ha permitido condiciones para la contratación de personas en silla de ruedas como colaboradores de la institución.

RECOMENDACIONES PARA EDIFICACIONES UNIVERSITARIAS

Aplicar medidas de accesibilidad en una universidad en México requiere de voluntad y planeación. Para lograr un espacio educativo accesible en una universidad ya construida es importante señalar que puede ser difícil la realización de las obras necesarias para que toda la universidad lo sea; sin embargo, a continuación se comparten algunas recomendaciones básicas para lograr este tipo de espacios dentro de la universidad.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, antes de comenzar el proyecto es importante realizar una etapa de diagnóstico para medir el grado de accesibilidad del espacio físico. Como resultado, se debe contar con información suficiente para crear una ruta de usos diaria dentro de la edificación universitaria, iniciando con el acceso al campus, seguido por el acceso peatonal que conecta con las edificaciones y aulas clase, los baños, las oficinas administrativas, las áreas de esparcimiento, el auditorio, la biblioteca, las cafeterías, etcétera.

Una vez que se cuenta con los resultados de dicho diagnóstico, se debe continuar hacia la fase de diseño de propuestas. En esta, se realizan diseños que muestran alternativas de solución a las áreas problemáticas en materia de accesibilidad detectadas en la universidad, la cual debe indicar dónde y en qué consiste

el problema de accesibilidad en el plantel, así como las soluciones preferentemente retomadas de los distintos manuales previamente mencionados. A partir de allí se deben realizar los planos correspondientes a cada solución.

Durante la etapa de ejecución se recomienda realizar pruebas de “urbanismo táctico” para evaluar el funcionamiento tentativo de las propuestas de diseño. Es decir, se puede usar pintura y rampas provisionales para observar si las rutas cumplen con las expectativas para su uso.

Durante el proceso de diseño de acceso al campus, es importante considerar que se trata del espacio de bienvenida a los estudiantes, profesores y colaboradores que acuden a la universidad. Por lo que los diseños deben considerar infraestructura en la que los visitantes se sientan bienvenidos y que a su vez pueda ser utilizada por todas las personas de cualquier condición. Un ejemplo a considerar es la incorporación de un diseño con banquetas en el acceso peatonal, así como infraestructura necesaria para quienes acuden en transporte público; por ejemplo, bahías de ascenso y descenso para las personas que llegan en autobús.

Posteriormente, para los criterios de accesibilidad en el diseño de las rutas peatonales que conectan el acceso con los espacios más importantes del recinto como la biblioteca, las aulas, las oficinas administrativas, las instalaciones de recreo y de esparcimiento, la cafetería y los baños, es importante detectar si se trata de rutas en espacios exteriores, y asegurarse que los elementos de mobiliario urbano estén contruidos bajo estos criterios.

El diseño de esta ruta de circulación deberá contar con una capa de pavimento de superficie uniforme y antiderrapante, con un ancho mínimo de 1.20 m libres; es decir, sin mobiliario urbano como postes de luz, botes de basura o vegetación. Es importante recordar que se necesita prestar especial atención a las esquinas y asegurarse que, por lo menos, cuenten con un ángulo mínimo de 1,52 x 1,52 metros.

Así mismo, se debe asegurar que los elementos de mobiliario sean accesibles. Por ejemplo, que los bebederos, las alcantarillas, las rejillas y los registros o la vegetación no obstruyan el paso o la visibilidad. Para el desplazamiento verti-

cal, estos deberán contar con rampas y sus respectivos pasamanos, y de ser posible, elevadores accesibles.

Con respecto al diseño de los espacios interiores, tales como salones, baños y oficinas, se recomienda que para la ejecución se inicien las obras de accesibilidad en planta baja, debido a que esta medida contribuye a la formación de zonas claramente entendibles para los estudiantes y profesores con discapacidad motriz. En estos espacios, el ancho de las puertas de acceso debe tener un mínimo de 0.80 m libres, además debe contar con áreas para maniobras y mobiliario que permita el uso de silla de ruedas.

Por último, es importante prestar atención a los baños, pues son espacios especialmente vulnerables, ya que se trata de áreas con constante humedad y alta afluencia de personas. Los baños accesibles deben tener un espacio suficiente de maniobra que considere el área de lavado de manos y acceso al sanitario. En términos generales, se recomienda que cada universidad incluya un baño accesible de dimensiones amplias para el uso exclusivo de los estudiantes con discapacidad.

CONCLUSIONES

En las obras de accesibilidad universal es donde se implementan y concretan todas las ideas de inclusión de la Arquitectura y de Diseño Urbano. A través de ellas, las instituciones tienen oportunidad de mostrarse como universidades con alta responsabilidad social, valores y principios éticos.

El hecho de ser una institución educativa con instalaciones de alto grado en materia de accesibilidad no representa una labor complicada, pues la mayoría de las veces es posible aplicar soluciones prediseñadas tal y como se muestran en los diferentes manuales disponibles. Sin embargo, para realizar un proyecto de esta índole, lo más importante es tomar la decisión de iniciar el proyecto y crear el hábito de ver a la institución como un espacio equitativo, donde se trata a cada universitario con respeto e igualdad.

Una vez tomada esta decisión, poco a poco se van incorporando los parámetros de accesibilidad en el quehacer de mantenimiento continuo y en muy

poco tiempo es posible notar los resultados en el campus para una población estudiantil y laboral diversa.

REFERENCIAS

- ALONSO, M. y Hernández, R. (s/f). Centro Cultural en Arantzazu. Recuperado el 18 de agosto de 2008, de: <http://www.ahasociados.com>
- ÁLVAREZ, E. (2001). Accesibilidad a la infraestructura, transporte, tecnología y comunicaciones. Santiago, Chile: Seminario del Banco Interamericano de Desarrollo.
- AMERICANS WITH DISABILITIES ACT. (1994). ADA Standards for Accessible Design. Estados Unidos de América: Department of Justice.
- _____. (1998). ADA Accessibility Guidelines for Building Elements Designed for Children's Use. Recuperado el 03 de febrero de 2008, de: <http://www.access-board.gov/Adaag/kids/final.htm>.
- Ayuntamiento de Gijón y Unión de Discapacitados del Principado de Asturias-UMA. (2008). *Manual de Parques Accesibles*. España: EMULSA/UMA.
- CABEZAS CONDE, G. (1974). *Supresión de Barreras Arquitectónicas*. Madrid, España: Ministerio de Trabajo, Dirección General de Seguridad Social.
- CENTRO ESTATAL DE AUTONOMÍA PERSONAL Y AYUDAS TÉCNICAS – CEAPAT. (2008). *Bibliotecas accesibles para todos; pautas para acercar las bibliotecas a las personas con discapacidad y a las personas mayores*. Madrid, España: Ministerio de Educación, Política Social y Deporte.
- COMISIÓN NACIONAL COORDINADORA DEL PROGRAMA PARA EL BIENESTAR Y LA INCORPORACIÓN AL DESARROLLO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD –CONVIVE. (2000). Criterios Normativos para el Diseño, Construcción y Operación de Espacios Físicos para su Acceso y Uso por Personas con Discapacidad. México, D.F.: Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia.
- COMITÉ ESPAÑOL DE REPRESENTANTES DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD CERMI. (2005). *Ayudas Técnicas y Discapacidad*. Recuperado el 10 de agosto de 2008, de: <http://www.cermi.es/NR/rdonlyres/9BE1CD3A-03CC-4BF6-9DC9-3591AEFC2D70/956/00Primeras.pdf>
- CORPORACIÓN CIUDAD ACCESIBLE. (2002). *Manual Diseño Accesible: construir para todos*. Chile: Corporación Ciudad Accesible.

- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. (10 de junio de 2005). Ley General de las Personas con Discapacidad. Recuperado el 3 de abril de 2008, de: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/Combo/L-149.pdf>
- INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO. (10 de septiembre de 2019). *Hablemos de discapacidad*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/issste/es/articulos/hablemos-de-discapacidad?idiom=es>
- INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL. (1993). Elementos de Apoyo para el Discapacitado Físico, Invidentes y Silentes. México: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- _____. (2000). Normas para la Accesibilidad de las Personas con Discapacidad. (2ª Ed.) México: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- INEGI. (2010). INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2010. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P>
- _____. (2016). La discapacidad en México, datos al 2014. Consejo Estatal de la Población. México. Obtenido de La discapacidad en México, datos al 2014: <http://coespo.groo.gob.mx/Descargas/doc/DISCAPACITADOS/ENADID%202014.pdf>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2001). Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías. Ginebra, Suiza.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. (mayo de 2019). Obtenido de NACIONES UNIDAS- Personas con Discapacidad: <https://www.un.org/development/desa/disabilities-es/algunos-datos-sobre-las-personas-con-discapacidad.html>

RIESGO Y RESILIENCIA

MAGALY EMILIA CORONA GARCÍA

MARCO MONTIEL ZACARÍAS

MIRIAM REMESS PÉREZ¹

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se parte de entender que tanto las perturbaciones de tipo climatológico como las de carácter antropogénico que inciden en el entorno habitable son resultados de procesos no sustentables imperantes en el estilo de vida actual. Así, un edificio se acercará más a la resiliencia en tanto manifieste criterios sustentables en su emplazamiento, diseño, construcción y uso.

La vida universitaria se lleva a cabo en instalaciones donde los estudiantes se forman para el ejercicio de su profesión. Sin embargo, es importante resaltar que las edificaciones educativas que albergan la vida universitaria también pueden ser aprovechadas como espacios para adoptar hábitos y aprendizajes que fortalezcan una conciencia más responsable y comprometida con las dimensiones social, económica, de salud y ambiental. Desafortunadamente, y por diversas razones, lo común en México es que las edificaciones educativas se caractericen por la falta de confort térmico, altos consumos de energía, problemas de abastecimiento de agua, presencia de contaminantes, iluminación y ventilación inadecuadas, ausencia de espacios que fomenten la convivencia, entre otros rasgos no sustentables que generan impactos incluso a una escala urbana.

1. Universidad Veracruzana.

ENFOQUE

Las universidades públicas suelen contar con edificaciones diversas en materiales, sistemas constructivos, temporalidades y desgaste en grados variados. A la par, cuentan con recursos económicos limitados para mantenimiento de la infraestructura, así como la necesidad de albergar más personas, más actividades, o bien, los usos se van transformando junto con el propio proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que plantea nuevas demandas de espacios bajo condiciones seguras.

La Universidad Veracruzana no es la excepción. Si bien tiene la responsabilidad de abatir el deterioro y rezago y contender con la demanda funcional y de seguridad de su infraestructura, carece de estudios específicos sobre la vulnerabilidad de los inmuebles, estudios que permitirían la consideración de criterios más sustentables y resilientes en las proyecciones futuras, tanto de remodelación y de mantenimiento como de edificación.

De esta manera, el objetivo de este apartado es observar los edificios educativos como un sistema en sí mismo, capaz de absorber perturbaciones de tipo social, económicas, de salud o ambientales, manteniendo su estructura y función originales, mediante la aplicación de instrumentos de evaluación cuyos resultados ayuden a expresar las recomendaciones de carácter técnico para la toma de decisiones que mejoren su funcionamiento y gestión del riesgo de desastre.

DESASTRES: CAUSAS Y COSTOS

A pesar de que han disminuido los decesos por desastres en nuestro país, desde 2010 el impacto económico y social ha aumentado. Entre los años 2000 y 2018 el costo promedio por año a causa de desastres fue de 47.1 millones de pesos.² La tendencia mundial es coincidente: hay menos decesos ante desastres, pero los desastres nos cuestan más como sociedad. La gestión integral del riesgo (GIR o GR), busca la reducción del riesgo de desastres (RRD) y una de sus características principales es la gestión para la reducción de la vulnerabilidad. La relación de la

2. Información disponible en: <https://www.milenio.com/politica/comunidad/revela-cena-pred-aumento-costos-desastres-47-1-mdp-promedio-ano>.

vulnerabilidad con la afectación es clara, en México tras los sismos de 2017, casi el 60% de los municipios que se declararon en situación de desastre compartían el rasgo de ser de grado alto o muy alto de marginación.³ Sabemos hoy que no hay desastres naturales, sino fenómenos naturales y riesgo de desastre que se construye socialmente. Las formas de vida y de desarrollo que carecen de un enfoque sustentable; es decir, de un razonable equilibrio socioambiental, van a nutrir diversas vulnerabilidades. Y un desastre, cuando sucede, lo que revela es aquello que el proceso de desarrollo no atendió. Esta relación es parte de lo que ocupa el presente capítulo.

Las universidades, por definición, detentan un compromiso de responsabilidad social (RS), para algunos –de hecho– es innecesario nombrarla, especialmente en las universidades públicas. La contribución de las universidades en materia de RRD es, primeramente, el compromiso de procurar las condiciones de seguridad para su comunidad; seguidamente, ese compromiso puede extenderse a los aportes para comprender el riesgo de lo que puede fortalecer capacidades, orientar la toma de decisiones, advertir amenazas, entender los qué y los quiénes nutren la vulnerabilidad, entre otras aportaciones de la academia.

El ejercicio de exploración de la vulnerabilidad de edificaciones de un campus enclavado en una región de profundas problemáticas socioambientales, puede –como base para una reflexión más amplia– pensarse como ejemplo para otras edificaciones de interés para la sociedad. Podría también sumar como una buena práctica a las acciones para la sustentabilidad que la Universidad Veracruzana realiza y con ello inspirar a otras instituciones de educación superior.

REDULAC/RRD: SU CAMPAÑA USR Y EL ISIU

REDULAC/RRD⁴ es una red que promueve la construcción de espacios de conocimiento y práctica para la construcción de procesos de cambio en las Instituciones

3. Información disponible en: <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/318-INFOGRAFADASTRESENMXICO-IMPACTOSOCIALYECONMICO.PDF>

4. Red Universitaria de Latinoamérica y el Caribe para la Reducción del Riesgo de Desastres.

de Educación Superior (IES), especializada en la incorporación de la RRD como un tema prioritario en la política institucional. Se fundó el 28 de septiembre de 2006 en la ciudad de Manizales, Colombia, por un grupo de profesionales universitarios de Latinoamérica, en un curso regional sobre gestión del riesgo de desastres, con el objetivo de promover comunidades de conocimiento y práctica para apoyar la implementación del Marco de Acción de Hyogo.⁵

Por iniciativa de la REDULAC/RRD, en el año 2016 surge la Campaña Universidades Sostenibles y Resilientes (USR), que, entre otras metas, busca apoyar proyectos de investigación, evaluar el nivel de seguridad ante desastres en instalaciones universitarias, fortalecer los centros de GRD en universidades, brindar capacitación para comunidades académicas, impartir cursos para funcionarios de alto nivel y la participación con propósitos de incidencia política de funcionarios de REDULAC/RRD en actividades internacionales, regionales y nacionales.

La razón por la cual la Campaña se orienta en las universidades, es debido a que son ámbitos cuya misión es participar en el abordaje de soluciones ante las problemáticas nacionales, en donde se gestan las ideas y en donde idóneamente se espera que participen en el uso sostenible de los territorios y sus recursos para lograr un equilibrio entre la sociedad y la naturaleza, que reduce la posibilidad de que sucedan desastres. La Campaña está dirigida a sensibilizar a los líderes y a la comunidad de educación superior para asumir este reto.

La misión se ve comprometida si las IES no tienen la capacidad de funcionar antes, durante y después de un desastre. La gestión de la resiliencia institucional es un factor crítico para la continuidad de la prestación de sus funciones esenciales como la investigación, la formación de recursos humanos y la extensión de la academia a la sociedad (García, 2015).

5. El Marco de Acción de Hyogo es el instrumento global de referencia para la implementación de reducción de riesgo que ha sido adoptado por 168 países miembros de las Naciones Unidas en la Conferencia Mundial sobre la RRD que se celebró en 2005 en Japón. Organización de las Naciones Unidas. Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf.

La participación de las IES es fundamental en el plan de las Naciones Unidas en cuanto a promover el uso racional de los recursos naturales y su protección como la base para alcanzar el desarrollo humano equitativo en el largo plazo. Se reconoce la participación de la ciencia y la tecnología como elementos primordiales para entender la interacción del ser humano con la naturaleza y generar información confiable y oportuna para la toma de decisiones.

Según el Marco de Sendai,⁶ las instituciones, el sector académico y las redes científicas y de investigación deben centrarse en los factores y las situaciones hipotéticas de riesgo de desastres, incluidos los riesgos emergentes de desastres a mediano y largo plazo; aumentar la investigación para la aplicación regional, nacional y local; apoyar las iniciativas de las comunidades y las autoridades locales y apoyar la interacción entre las políticas y la ciencia para la toma de decisiones.

Se busca mediante esta campaña, que las sedes universitarias sean sostenibles y resilientes,⁷ y que en su relación con el Estado y la sociedad, promuevan la transferencia de conocimientos y prácticas que permitan reducir la inequidad, la fragilidad ambiental, el impacto del cambio climático y los desastres. Por lo que la campaña persigue el desarrollo de capacidades en las instituciones de educación superior, a través de la construcción de universidades que trasladen esta cultura institucional a la sociedad. Por las características que tienen, se destacan:

1. Su liderazgo y participación en la generación de conocimiento y formación de profesionales.

6. El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 se adoptó en la tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas, celebrada en 2015 en Sendai (Japón) el 18 de marzo. Es el instrumento sucesor del Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015. El Marco de Sendai hace énfasis en la gestión del riesgo de desastres en lugar de en la gestión de desastres, un objetivo centrado en evitar que se produzcan nuevos riesgos, la reducción del riesgo existente y reforzar la resiliencia. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf.

7. Es decir, un sistema educativo capaz de anticiparse, resistir, absorber, manejar el estrés, adaptarse y transformarse.

2. Sus instalaciones, en especial las sedes universitarias, que concentran una gran cantidad de autoridades, profesores, científicos, investigadores, trabajadores, estudiantes, prestadores de servicios y visitantes que constituyen una masa crítica de gran valor social.
3. La generación de eventos científicos donde el tema sea relevante y contribuya a colocarlo como una prioridad en la agenda social.
4. Los programas de extensión y responsabilidad social tienen un impacto considerable en la sociedad, por lo que deben utilizarse para contribuir a la sostenibilidad y resiliencia.
5. Las IES administran zonas protegidas, museos, colecciones biológicas, y patrimonio cultural de alto valor histórico que pueden ser afectadas por el cambio climático y los desastres.
6. Las IES juegan un rol protagónico en los sistemas nacionales de planificación y las comisiones científicas relacionadas con la sostenibilidad y resiliencia.

La UV manifestó su interés por participar en la Campaña USR debido a la vulnerabilidad de los inmuebles, ya que sus autoridades son conscientes de que Veracruz es un estado de alto riesgo, en donde se producen calamidades que todo el año se alternan o se presentan al mismo tiempo. Sabedores de que es necesario preparar a la comunidad universitaria: empleados, estudiantes, profesores o usuarios de sus instalaciones, para saber cómo evitar o enfrentar los eventos y, a la vez, ejecutar acciones para el continuo diagnóstico de las condiciones de las instalaciones físicas.

Bajo este contexto, con base en un censo de los 411 edificios que alberga la institución, la Universidad determinó como prioritario atender cuatro de ellos localizados en la región Coatzacoalcos. En cada caso, se refiere a inmuebles que sirven para actividades de docencia e investigación, actividades sustantivas de la universidad. Aunque la situación de cada uno es particular coinciden en las afectaciones. Siendo el estado de Veracruz una región tropical, la humedad, la salinidad y otros efectos del agua, como lluvias y huracanes, son los agentes principales del deterioro de las construcciones y de su entorno.

CAMPUS COATZACOALCOS: TERRITORIO DE LA PRESENTE INDAGACIÓN

Las IES son entidades de interés público en donde la sociedad espera ver reflejadas las mejores prácticas y la aplicación de criterios inspiradores, ejemplares o innovadores. En el campus Coatzacoalcos de la Universidad Veracruzana se aplicaron los instrumentos del Índice de Seguridad en Instalaciones Universitarias, como parte de la Campaña Universidades Sostenibles y Resilientes, de la Red de las Américas y el Caribe para Reducción del Riesgo de Desastres. Ante las primeras indagaciones respecto del predio y del uso de las edificaciones del campus, el equipo académico a cargo del estudio consideró pertinente incorporar una herramienta de tipo cualitativo que permitiera una evaluación integral de la seguridad de la comunidad académica que utiliza el campus. Los resultados de este ejercicio nos muestran lo pertinente del mismo, la efectividad del instrumento usado, la necesidad de ser replicados estudios similares en otros campus y la impostergable condición de religar la sustentabilidad en la gestión del riesgo, de modo que sea integral y se busquen condiciones de mayor resiliencia desde las primeras decisiones para ubicar una instalación universitaria.

El municipio de Coatzacoalcos se localiza en la zona sur del estado de Veracruz y depende mayoritariamente de la actividad económica derivada de la industria petroquímica. La intensa actividad industrial en Coatzacoalcos y comunidades aledañas ha tenido como funesto resultado una contaminación constante y potencialmente mortal para toda forma de vida que se desarrolle alrededor de la cuenca del río Coatzacoalcos y los cuerpos de agua de la zona. No es extraño encontrar en medios de comunicación información sobre derrames de hidrocarburos, fugas de sustancias peligrosas como cloro y amoníaco, explosiones y otros incidentes que impactan directamente en la calidad de vida de la región.

Lamentablemente, el impacto humano sobre el medio natural no es la única crisis que se ha agravado en la región. Según los datos recogidos en la tabla siguiente sobre la percepción de inseguridad manifestada por ciudadanos, hay una sensación latente de inseguridad en los espacios públicos en los que diariamente realizan sus actividades. Lugares como centros de abasto, bancos, cajeros

automáticos o transporte público, son percibidos como inseguros por los habitantes de este municipio.

TABLA 6.1. Percepción social sobre inseguridad pública por ciudad de interés

Ciudad	Percepción social sobre inseguridad pública		Ciudad	Percepción social sobre inseguridad pública	
	Junio 2018	Septiembre 2018		Junio 2018	Septiembre 2018
Nacional	75.9	74.9			
Aguascalientes, AGS	60.0	63.6	Ecatepec, EDOMEX	93.0	96.3
Mexicali, BC	78.3	72.0	Ciudad Nezahualcóyotl, EDOMEX	81.9	88.6
Tijuana, BC	77.2	80.4	Morelia, MICH	68.6	79.7
La Paz, BCS	60.5	48.0	Uruapan, MICH	81.7	88.9
Los Cabos, BCS	45.8	44.2	Lázaro Cárdenas, MICH	81.4	78.6
Campeche, CAMP	48.1	46.1	Cuernavaca, MOR	83.5	82.0
Ciudad del Carmen, CAMP	70.0	67.7	Tepic, NAY	80.1	69.3
Saltillo, COAH	34.3	39.1	Monterrey, NL	73.8	79.7
La Laguna, COAH-DGO	57.2	54.9	San Pedro Garza García, NL	33.5	21.6
Piedras Negras, COAH	48.7	56.9	Apodaca, NL	63.7	62.0
Colima, COL	70.9	63.7	Guadalupe, NL	57.3	62.4
Manzanillo, COL	66.4	65.9	General Escobedo, NL	42.8	51.3
Tuxtla Gutiérrez, CHIS	76.0	75.8	San Nicolás de los Garza, NL	40.1	34.2
Tapachula, CHIS	87.4	90.4	Santa Catarina, NL	59.2	49.9
Chihuahua, CHIH	70.9	71.9	Oaxaca, OAX	85.3	83.1
Ciudad Juárez, CHIH	72.8	78.2	Puebla, PUE	77.6	84.9

(concluye Tabla 6.1.)

Ciudad	Percepción social sobre inseguridad pública		Ciudad	Percepción social sobre inseguridad pública	
	Junio 2018	Septiembre 2018		Junio 2018	Septiembre 2018
Región Norte, CDMX	93.7	87.7	Querétaro, QRO	63.6	60.3
Región Sur, CDMX	90.8	74.1	Cancún, QROO	94.1	92.8
Región Oriente, CDMX	93.7	89.5	San Luis Potosí, SLP	86.6	88.5
Región Poniente, CDMX	88.4	75.5	Culiacán, SIN	74.3	73.3
Durango, DGO	53.3	40.0	Mazatlán, SIN	56.6	59.4
León, GTO	80.3	80.2	Los Mochis, SIN	53.6	64.4
Guanajuato, GTO	81.7	84.3	Hermosillo, SON	71.1	75.1
Acapulco, GRO	87.4	86.8	Nogales, SON	63.2	66.6
Chilpancingo, GRO	89.1	89.8	Villahermosa, TAB	92.6	94.5
Ixtapa-Zihuatanejo, GRO	78.7	79.0	Tampico, TAMPAS	46.2	44.1
Pachuca, HGO	63.3	62.4	Reynosa, TAMPAS	97.2	94.3
Guadalajara, JAL	82.4	86.2	Nuevo Laredo, TAMPAS	77.8	79.4
Tonalá, JAL	78.0	74.2	Tlaxcala, TLAX	61.9	63.4
Tlajomulco de Zúñiga, JAL	78.5	73.5	Veracruz, VER	73.5	75.8
San Pedro Tlaquepaque, JAL	74.5	74.2	Coatzacoalcos, VER	91.9	89.8
Zapopan, JAL	73.8	67.6	Mérida, YUC	35.9	38.1
Puerto Vallarta, JAL	36.6	41.4	Zacatecas, ZAC	81.3	80.7
Toluca, EDOMEX	82.3	82.8	Fresnillo, ZAC	95.8	90.8

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Seguridad Pública, 2018.

Esta sensación de inseguridad recopilada por el INEGI cobra sentido si se revisan los medios de comunicación, que dan cuenta de asaltos, secuestros y otros delitos. Cabe señalar, que Coatzacoalcos forma parte del grupo de los 11 municipios veracruzanos para los cuales se declaró, el 23 de noviembre de 2016, la Alerta de Violencia de Género contra las Mujeres y Niñas por violencia feminicida.

Por último, entre los principales riesgos físico ambientales que se consideran a nivel ciudad y de acuerdo a un estudio realizado por el Fondo Sectorial para la Investigación en Desarrollo y la Innovación Tecnológica en Turismo Conacyt-Sectur, Coatzacoalcos tiene una superficie de 135.9 km² sujetos a inundación. Esta área representa 311 km² (el 44% de la superficie municipal). De la zona inundable, 92.4 km² corresponden a áreas con alta frecuencia de inundación (probabilidad del 50%), pero con bajo potencial de daño. Mientras que 43.54 km² (14% del territorio municipal) corresponden a áreas con menor frecuencia de inundación, pero con alto y muy alto potencial de daño (Bologaro *et al.*, 2016).

Antecedentes del crecimiento urbano del contexto del *campi* Coatzacoalcos

Originalmente, el sitio donde se encuentra ubicado el *campi* era una zona periférica de la ciudad muy cercana a la costa, dentro de terrenos naturales del sistema de dunas y médanos que regulan los flujos hídricos subterráneos y los escurrimientos superficiales que van al mar.

Con el paso del tiempo, esta condición se fue perdiendo hasta convertirse en suelos urbanizables, dejando prácticamente encerrado el sistema de médanos dentro del campus universitario. Los bardeados y construcciones colindantes que se fueron realizando han traído consecuencias negativas al emplazamiento del campus y consigo, amenazas, riesgo y vulnerabilidad para sus usuarios.

En esta imagen se puede apreciar la evolución urbana y el crecimiento demográfico del contexto inmediato al campus, gracias a la información histórica del registro satelital de la plataforma Google Earth que nos permitió documentar el contexto desde 2005 a la fecha (2019).



FIGURA 6.1. Vista aérea del campus Coatzacoalcos UV.

Fuente: elaboración propia con base en la ortofoto de Fernando F. Velasco Montiel.

Para la realización del presente trabajo de investigación, se decidió analizar únicamente cuatro edificios del *campi* para tener una primera muestra de resultados y evaluar, al mismo tiempo, la metodología de trabajo. Los edificios que se evaluaron fueron los siguientes:

- Edificio A: Administración general del *campi*
- Edificio B, C y D: Biblioteca USBI, CADI-Autoacceso e Idiomas
- Edificio E: Facultad de Contaduría y administración
- Edificio I: Laboratorio de mecánica pesada

Aplicación de la herramienta de evaluación

Como primer paso, se encuestó al personal del *campi* que integró cada equipo, quienes facilitaron la información como usuarios de los edificios para obtener los datos tanto del emplazamiento, como los concernientes a las dimensiones de



FIGURA 6.2. Comparación del crecimiento urbano en el contexto inmediato al *campi* Coatzacoalcos UV. Arriba: 2006. Abajo: 2019.

Fuente: elaboración propia con base en Google Earth.

seguridad estructural, no estructural y funcional de cada edificio. Se emplearon los formularios FOR-ISIU-02, que evalúa el sitio de emplazamiento del edificio y, por otro lado, el FOR-ISIU-03, que evalúa el rango de seguridad del edificio mediante la obtención de un Índice de Seguridad.⁸

8. USAID. REDULAC/RRD. CESUCA. Guía del evaluador. Índice de seguridad en Instalaciones Universitarias. ISIU. Septiembre de 2017.

Con este primer criterio se procedió a aplicar el Formulario 3 en un recorrido por las instalaciones de cada edificio. Se tomaron fotografías, se realizaron mediciones con cinta y flexómetro para corroborar la información de los planos arquitectónicos y se llenó el formulario.

RESULTADOS OBTENIDOS CON LA HERRAMIENTA ÍNDICE DE SEGURIDAD EN INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS ISIU

Una vez realizada la aplicación de los instrumentos de evaluación a los edificios seleccionados mediante los formularios ISIU, se presentan a manera de síntesis los resultados globales obtenidos en la siguiente tabla comparativa.

TABLA 6.2. Resultados globales de aplicación de los instrumentos de evaluación (FOR-ISIU-02 y FOR-ISIU-03). Las calificaciones de seguridad que se presentan son las ponderadas, que permiten integrar el Índice de Seguridad de cada edificio

	Edificio A Administración	Edificio B USBI Biblioteca	Edificio C CADI e Informática	Edificio D Centro de idiomas	Edificio E Facultad de Contaduría y Administración	Edificio I Laboratorio de Química pesada	Promedio de edificios evaluados
Sitio del emplazamiento	2.19	1.90	1.90	1.90	1.91	2.27	2.01
Clasificación	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo alto
Seguridad estructural	31.95	34.72	36.11	34.72	33.34	27.78	33.10
Seguridad no estructural	11.61	15.64	14.03	14.84	10.97	7.74	12.47
Seguridad funcional	6.34	5.61	5.61	5.61	7.07	2.20	5.39
Índice de seguridad	49.9	55.97	55.75	55.17	51.38	37.72	50.98
Rango de seguridad del edificio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio
Clasificación del edificio	C	B	B	B	B	C	B

Fuente: elaboración propia.

De aquí, se concluye de manera sistemática que el 100% de los edificios evaluados se encuentran emplazados en un sitio con clasificación de RIESGO ALTO. Siguiendo la metodología aplicada, los resultados señalan que los componentes bioclimático, ecosistémico, de contaminación ambiental y de seguridad pública del sitio, son los que presentan peores condiciones para el desarrollo de la vida, pues existe riesgo de desastres por ciclones, huracanes, sismos, temperatura ambiental alta y radiación solar UV extrema, asaltos dentro y fuera del entorno universitario y riesgos químicos por la presencia de la industria petrolera que pueden eventualmente lesionar la salud de las personas.

Respecto al rango de seguridad general obtenido por los edificios analizados en su conjunto es de RANGO MEDIO, existiendo cuatro edificios con un índice de seguridad por arriba de 50 puntos y dos edificios con índices de seguridad por debajo de 50 puntos.

Tal y como lo marca la metodología, este resultado promedio sugiere que los edificios continuarán funcionando en caso de desastres; sin embargo, se recomienda ejecutar la instalación de canaletas en cubiertas y ampliación de los sistemas de desfogue de aguas pluviales, canalización hacia el sistema de alcantarillado municipal y creación de pozos de absorción para mejorar la capacidad de respuesta al riesgo de inundación de los edificios en el mediano y largo plazo, contribuyendo ampliamente a mejorar el nivel de seguridad frente a desastres.

Para los dos edificios con menor puntuación (Edificio A y Edificio I), la recomendación es que en el corto plazo se realicen los trabajos de mantenimiento y protección de la instalación eléctrica y sus equipos en el exterior, además de retirar el mobiliario de archivo que obstruye los accesos a las salidas de emergencia, ya que las condiciones actuales de mantenimiento eléctrico y sobreocupación de mobiliario de los establecimientos ponen potencialmente en riesgo su correcto funcionamiento y a los ocupantes durante y después de un desastre.

EVALUACIÓN DEL SITIO DE EMPLAZAMIENTO

Como respuesta a la necesidad de una evaluación integral de las instalaciones universitarias seleccionadas, se marcó como prioritario integrar la aplicación

del formulario FOR-ISIU-02 que mide el Índice de Seguridad en las Instalaciones Universitarias respecto a la evaluación del sitio de emplazamiento. Esta decisión nos permite conocer la vulnerabilidad del sitio y poder ser conscientes que, independientemente del rango de seguridad bueno que pudiera llegar a tener la infraestructura universitaria respecto a sus aspectos de seguridad estructural, no estructural y funcional, puede existir un desastre que ponga en riesgo la salud e integridad de las personas debido a las características de su emplazamiento.

La aplicación de este formulario permite visualizar la respuesta de cada una de las células interdisciplinarias de trabajo respecto al entorno de cada uno de los edificios en cuestión. Para este formulario, el conjunto que conforman los edificios B, C y D, que funciona como un sistema al tratarse de edificios contiguos interconectados entre sí, la evaluación del sitio de emplazamiento es una para los tres.

El resultado de todas las evaluaciones se presenta en la siguiente gráfica, que permite visualizar cómo, en general, los componentes bioclimático, institución social y ecosistema, representan la caracterización de alto riesgo del emplazamiento. Siendo el conjunto de los edificios B, C y D, y el edificio E, los más vulnerables a un riesgo de desastre de tipo bioclimático. En este sentido, las variables de confort higrotérmico, calidad del aire, precipitación y tormentas representan los problemas de mayor peso.

Es importante mencionar, que el principal problema respecto al componente del ecosistema es la variable de áreas frágiles, pues al interior del *campi* se encuentra un médano cuyo equilibrio se ve amenazado por el crecimiento de la mancha urbana circundante y en cuyo interior habita una manada de coyotes, los cuales se acercan cada vez más a la comunidad universitaria.

Por su parte, los componentes de medio construido y geológico presentan los escenarios de menor riesgo para todos los edificios, siendo las variables de riesgo de deslaves, rango de pendiente, accesibilidad y acceso a los servicios, las situaciones que menor problema representan.

En un análisis FODA, se identifican como fortalezas los componentes de medio construido y geológico. Los componentes de oportunidad son el de interacción

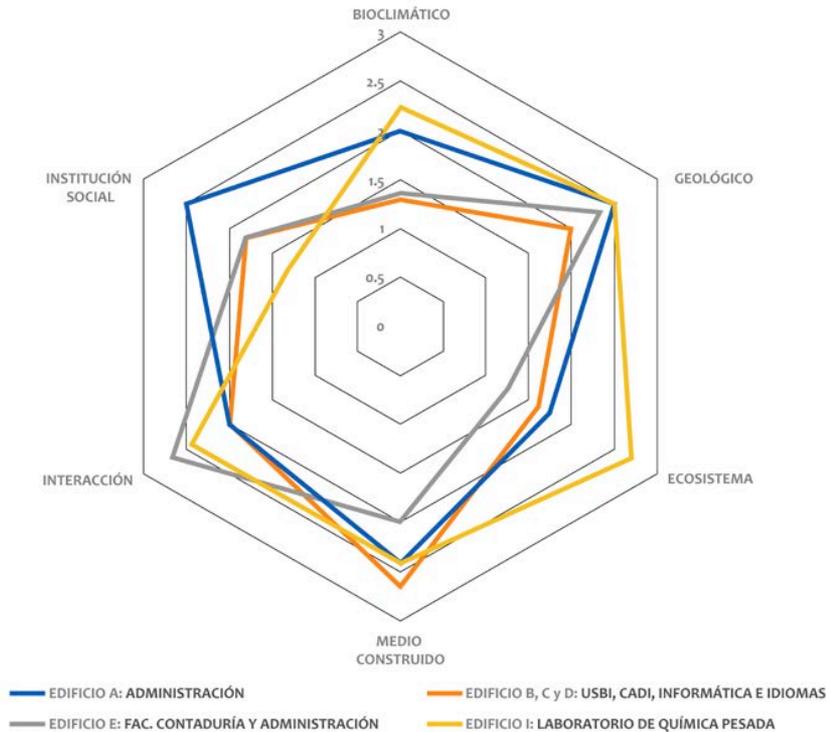


FIGURA 6.3. Resultados de la evaluación del sitio de emplazamiento por componente.

Fuente: elaboración propia.

y el de ecosistema, al proponerse la protección del médano existente como una Unidad de Manejo Ambiental (UMA) para la conservación de la vida silvestre. La debilidad, mientras no se atienda el control de la UMA, será la existencia de esa área frágil. Por su cuenta, los componentes bioclimático y de institución social son las amenazas más fuertes.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES UNIVERSITARIAS

La aplicación del formulario FOR-ISIU-03 evaluó la capacidad particular de cada uno de los edificios en su respuesta a las amenazas de un posible riesgo de desastre. La

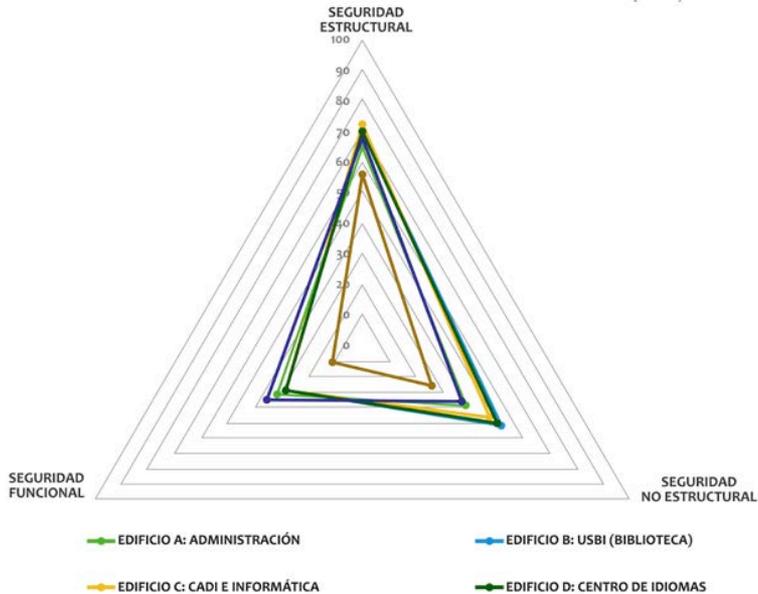


FIGURA 6.4. Resultados de la evaluación del Índice de Seguridad en Instalaciones Universitarias aplicada a los edificios seleccionados.

Fuente: elaboración propia.

evaluación contempla un total de 152 indicadores concentrados en tres grandes aspectos del sentido construido y funcional del edificio: la seguridad estructural, la seguridad no estructural y la seguridad funcional. Con la intención de identificar visualmente la implicación de los resultados, se presenta la siguiente gráfica.

Los aspectos que representan un mayor peso en los problemas de riesgo de desastre y por los cuales el rango de seguridad de los inmuebles es medio y bajo, son en mayor medida los referentes a la seguridad funcional; es decir, lo referente a cómo se usa la infraestructura, qué cuidado se le da y, sobre todo, qué tan preparada y organizada se encuentra la comunidad, especialmente en la implementación del plan de respuesta ante emergencias.

Por su parte, los aspectos relativos a la seguridad no estructural presentan problemas que, de ser atendidos con prontitud, elevarían considerablemente el rango de seguridad de los inmuebles, pues el estado de conservación de la infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones se advierte actualmente vulnerable al presentar deterioro, falta de elementos de protección y seguridad, así como riesgo de inundación del espacio que alberga el equipo de telecomunicaciones y cómputo del *campi* (SITE). De esta forma, se sugiere ampliamente trabajar en resolver puntualmente la activación formal del comité de emergencias y en iniciar una campaña integral de formación para toda la comunidad universitaria del *campi* ante emergencias y desastres, tanto de aspectos bioclimáticos como tormentas e inundaciones, como de fallos eléctricos masivos y de respuesta ante la vulnerabilidad social.

De no atender las sugerencias en el corto y mediano plazo para resolver los aspectos de seguridad no estructural y funcional, se corre el riesgo de caer en una situación de acumulación de irregularidades, malos usos y hábitos que enviciarán y entorpecerán por completo el funcionamiento óptimo de los inmuebles y con ello, estar propensos a un inminente desastre de consecuencias irreversibles tanto para los edificios como para la vida de sus usuarios.

La posibilidad de conocer con certeza los aspectos puntuales que hacen vulnerable la infraestructura de la Universidad Veracruzana, permite tener una visión completa de la realidad, así como los datos e información que deben tomarse en cuenta al valorar el estudio en profundidad de las características de los nuevos sitios de emplazamiento de futura infraestructura o la importancia de las acciones necesarias de mantenimiento.

Cabe mencionar, que dos de los aportes extra de este estudio dentro de la Campaña USR aplicado al campus Coatzacoalcos de la Universidad Veracruzana son: la integración necesaria de la evaluación de la percepción del entorno social –trasladado a datos cuantificables– que se vive en el *campi* y su contexto inmediato, fruto de las condiciones de vulnerabilidad que vive la ciudad y, la interacción de esta información junto con los datos de la evaluación del ISIU, para su traslado y transformación mediante software QGIS en datos multidimensionales.

Esta acción permite tener ahora mapeados mediante puntos georreferenciados, todas las capas de información con registro de las variables de los componentes del sitio de emplazamiento, como los fenómenos bioclimáticos de inundación, los aspectos críticos de seguridad al interior de los inmuebles, así como el registro físico de los indicadores de la vulnerabilidad social.

Dados los resultados que esta experiencia nos permitió conocer, se pueden identificar más a fondo los detalles de los elementos y aspectos que representan mayor problema, permitiendo así, abordarlos específicamente, por lo que se sugiere ampliamente la aplicación de los formularios a todos los edificios del *campi*, en un lapso no mayor a seis meses, para poder determinar cuál es el rango de seguridad de toda la infraestructura universitaria y llevar a cabo las acciones eficaces que mitigan la problemática identificada en la evaluación.

RECOMENDACIONES DE SUSTENTABILIDAD PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OCUPACIÓN DE EDIFICIOS UNIVERSITARIOS

Dado que el objetivo general del libro es proponer recomendaciones de sustentabilidad para el diseño, construcción y ocupación de edificios universitarios desde una visión integral como herramientas de fomento de formas de vida sostenibles, consideramos importante señalar algunas recomendaciones básicas en materia de riesgo y resiliencia.

Durante la etapa de diseño de los inmuebles:

1. La incorporación de los criterios de prevención de riesgos, como pueden ser la estratégica ubicación de los puntos de resguardo, seguridad y mitigación de interiores y exteriores del inmueble, atendiendo la reglamentación de Protección Civil y accesibilidad universal correspondientes.
2. El estudio y análisis de rutas de evacuación tanto del inmueble como de otros edificios e infraestructuras colindantes, tomando acuerdos en común para la ubicación de salidas de emergencia eficientes.

3. La redacción de un documento oficial a la entrega del inmueble con el manual de uso y mantenimiento de las instalaciones y un plan de respuesta a emergencias, realizando un diagnóstico participativo completo para detectar necesidades, oportunidades y características de los posibles riesgos que se pueden presentar, para así poder diseñar un plan estratégico de más alto impacto en la disminución de estos.
4. Considerar que los espacios universitarios no solo deben ser seguros desde la estructura, los materiales y los sistemas constructivos, sino que deben responder también al aspecto intangible de percepción de la seguridad ciudadana.⁹
5. Que los espacios universitarios garanticen que sus habitantes se sientan seguros y libres de amenazas que pongan en riesgo su salud integral.
6. El diseño de una estrategia institucional local para atender integralmente el problema de la inseguridad tomando en cuenta la vulnerabilidad a la que se enfrentan, en especial las mujeres de la comunidad universitaria.

Durante la etapa de uso de los inmuebles:

1. Capacitar a la población universitaria en protocolos para atender asertivamente cualquier evento que vulnere la seguridad en el *campi* ante peligros ocasionados por fenómenos naturales, accidentes laborales, presencia de fauna o inseguridad social.

9. Aquella situación donde las personas pueden vivir libres de las amenazas generadas por la violencia y el delito, a la vez que el Estado tiene las capacidades necesarias para garantizar y proteger los derechos humanos directamente comprometidos frente a las mismas. En la práctica, la seguridad ciudadana, desde un enfoque de los derechos humanos, es una condición donde las personas viven libres de la violencia proveniente de actores estatales o no estatales. (Humanos, 2009), citado en el Informe sobre percepción de la vulnerabilidad sociocultural de seguridad ciudadana, de la Campaña de Universidades Sostenibles y Resilientes de la Redulac.

2. Establecer estrategias institucionales para evitar actividades en horarios que pongan en riesgo la seguridad de la comunidad universitaria.
3. Establecer una estrategia interinstitucional para atender integralmente la problemática de la inseguridad ciudadana en el *campi* mediante un monitoreo permanente que analice las condiciones de inseguridad que se vive en los entornos inmediatos.
4. Seguir las recomendaciones del manual de uso y mantenimiento realizando reuniones permanentes del comité de emergencias.

CONCLUSIONES

Son más que evidentes las razones por las cuales la Universidad Veracruzana seleccionó el campus Coatzacoalcos como el sitio de estudio para la presente investigación. Es un lugar que requiere de la atención inmediata de distintos actores: de las autoridades federales, de los gobiernos estatal y municipal, de la sociedad en su conjunto y, por supuesto, de la propia Universidad.

Los retos presentes en el acontecer diario en el municipio de Coatzacoalcos son complejos. Se vienen entretejiendo vulnerabilidades de diverso origen, pero confluyen en la configuración de escenarios de riesgo robustecidos por la falta de capacidad en las acciones para contender con la crisis social, como por una inercia insustentable de la gestión ambiental.

La zona de estudio sufre los embates propios del entorno natural (altas temperaturas, vientos, lluvias, inundaciones, corrosión) pero aún más fuerte, la descomposición social que se ve reflejada en actos delictivos de toda índole que afectan a la comunidad académica y resto de la población, no solo en su integridad física y mental, sino también en su economía y desarrollo profesional. La población del municipio tiene cada vez menos posibilidades de escapar de los efectos de la vulnerabilidad social y ambiental que impactan la vida cotidiana, sin importar la ocupación, la edad, la ubicación y demás rasgos.

Se requiere que toda la comunidad universitaria de las cuatro regiones restantes, tanto como los programas institucionales vigentes se aboquen para

encontrar espacio, pertinencia e incidencia en el auxilio a la región Coatzacoalcos, cuyas comunidades –ubicadas en 5 puntos geográficos de la zona– están demandando ser acompañadas y fortalecidas, sobre todo con la solidaridad humana esperada de su misma familia institucional.

La investigación, como una de las actividades del quehacer sustantivo de la Universidad Veracruzana, cobra sentido cuando sirve de argumento para pronunciarse a favor de seres humanos que viven en condición de vulnerabilidad permanente en donde no se vislumbra un cambio en el corto plazo.

Una propuesta desde la perspectiva que cultivamos al hacer este ejercicio de valoración con el ISIU, es que los edificios universitarios no se consideren en tanto construcciones únicamente, sino que sean revalorados como espacios holísticos donde, idealmente, se privilegie el bienestar de las personas que ahí conviven, en equilibrio con su entorno social y ambiental y que, además, ayuden a transitar hacia formas de vida más sustentables.

Una de las reflexiones coincidentes entre estudiantes y profesores es sobre la importancia de sumar esfuerzos y trabajar en equipos multidisciplinarios y multisegmentos para llevar a cabo acciones más sustentables y a escala humana.

Ante la inminente presencia de los escenarios multiamenaza mencionados líneas arriba, se hace pertinente que las instituciones universitarias consideren como parte de su preparación y respuesta ante esta situación, prever modificaciones sustanciales en ámbitos diversos como: incluir contenidos de formación básica sobre riesgo y resiliencia dentro de la currícula de estudios; fomentar dentro de sus grupos de investigación o cuerpos académicos, las Líneas Generales de Aplicación del Conocimiento (LGAC) que tengan que ver con escenarios multiamenaza; crear laboratorios multidisciplinarios de investigación que estudien los fenómenos de riesgo y la vulnerabilidad, construyendo modelos y simulando situaciones mediante el uso del software para ofrecer resultados acertados.

La meta es incorporar a la cultura institucional las nociones de riesgo, vulnerabilidad y desastre, vinculando esto a la responsabilidad social universitaria y a los códigos de ética y comportamiento.

REFERENCIAS

- BOLONGARO CREVENNA RECASÉNS, A., Márquez García, A.Z., Torres Rodríguez, V., Anglés Hernández, M., Origel Gutiérrez, G., Márquez García, M.I. y Aldeco Ramírez, J. (2016). *Diagnóstico de la vulnerabilidad ante el cambio climático del destino turístico de Coatzacoalcos, Veracruz*. En: Bolongaro Crevenna Recaséns A. (coord.), *Estudio de vulnerabilidad al cambio climático en diez destinos turísticos seleccionados. Informe Técnico Proyecto 238980. Fondo Sectorial para la Investigación en Desarrollo y la Innovación Tecnológica en Turismo Conacyt-Sectur*. México: Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A.C. p. 369.
- COMISIÓN INTERAMERICANA DE DERECHOS HUMANOS. (2009). *Informe sobre seguridad ciudadana y derechos humanos*. Distrito Columbia, EU: OEA/Ser.L/V/II Doc 57.
- GARCÍA LEMUS, V. M. (2015). *Campaña Universidades Sostenibles y Resilientes*. USAID. Ciudad de Guatemala, Guatemala: REDULAC/RRD. CESUCA. UNISDR.
- _____. (2019) *Guía para el desarrollo de la Campaña de Resiliencia*. USAID. REDULAC/RRD. CESUCA.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ. (2011). *Atlas municipal de riesgos. Nivel básico. Coatzacoalcos*. Secretaría de Protección Civil. Editora de Gobierno del Estado de Veracruz-Llave. Recuperado de: <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2018/05/Coatzacoalcos.pdf>.
- IMAGEN DEL GOLFO MULTIMEDIOS. (2018). *Problemas ambientales en Coatzacoalcos por zona industrial*. Coatzacoalcos: Imagen del Golfo Multimédios, S.A. de C.V. Recuperado de: <https://imagedelgolfo.mx/coatzacoalcos/problemas-ambientales-en-coatzacoalcos-por-zona-industrial/446880>.
- _____. (2017). *Se fuga amoníaco en el complejo Cosoleacaque*. Coatzacoalcos: Imagen del Golfo Multimédios, S.A. de C.V. Recuperado de: <https://imagedelgolfo.mx/coatzacoalcos/se-fuga-amoniaco-en-el-complejo-cosoleacaque-/401817>.
- SAMPIERI, R. H. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F: McGrawHill.
- SECRETARÍA DE PREVENCIÓN Y SEGURIDAD CIUDADANA. Centro Nacional de Prevención de Desastres (2018). *Desastres en México. Impacto social y económico*. Recuperado de: [https://www.google.com/url?q=http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/318-INFOGRAFADDESASTRESENMXICO-IMPACTOSOCIALYECON-](https://www.google.com/url?q=http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/318-INFOGRAFADDESASTRESENMXICO-IMPACTOSOCIALYECON)

MICO.PDF&sa=D&ust=1593043956358000&usg=AFQjCNGWPRyIDN6w-Qmc3zs-T7QHCzybA6Q.

USAID, REDULAC/RRD, CESUCA. (2017) *Guía del evaluador. Índice de Seguridad en Instalaciones Universitarias*. isiu. Ciudad de Guatemala, Guatemala: REDULAC/RRD. CESUCA. UNISDR.

USAID, CESUCA, REDULACC/RRD, IESLAC/RRD. (2018) *Convocatoria para la implementación de la campaña Universidades Sostenibles y Resilientes*.

UNIVERSIDAD VERACRUZANA. (2018). *Proyecto: Evaluación de Vulnerabilidad de riesgos en edificios de la Universidad Veracruzana*, México.

_____. (2019). *Informe sobre percepción de la vulnerabilidad sociocultural de seguridad ciudadana, de la Campaña de Universidades Sostenibles y Resilientes de la Redulac*. Cuerpo académico Habitabilidad y tecnología sustentable UVCA-440. Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat.

ZAMBRANO, Jaime (2019). *Revela Cenapred aumento de costos de desastres: 47.1 mdp en promedio por año*. Puebla. Milenio Diario S.A. de C.V. Recuperado de: <https://www.milenio.com/politica/comunidad/revela-cenapred-aumento-costos-desastres-47-1-mdp-promedio-ano>.

MOVILIDAD URBANA

ISIS CHANG RAMÍREZ¹

No se pueden identificar las condiciones para una circulación óptima, sin decidir de antemano que la circulación en cuestión debe ser la locomoción de las personas y no de los vehículos.

IVÁN ILLICH, 1985.

INTRODUCCIÓN

La movilidad es un elemento fundamental para la conectividad en las ciudades, ya que vincula los espacios con las actividades de la población. Los viajes diarios al trabajo, a la escuela y otros elementos de equipamiento urbano como hospitales, espacios culturales y deportivos, comercios, oficinas administrativas, entre otros, se han convertido en una necesidad que va en notable aumento; sin embargo, el traslado que generan estas actividades también causa un impacto negativo en lo económico, social y ambiental, el cual es necesario revertir de manera urgente, a través de un cambio de paradigma en materia de planificación urbana, pensada en el diseño de ciudades compactas con usos de suelo mixtos y accesibles que induzcan a reducir las distancias de viaje y, por ende, la necesidad de transporte.

Retomando lo anterior, cabe mencionar que durante las últimas décadas, en México y otras partes del mundo ha habido un incremento alarmante en el uso del automóvil. De acuerdo con las Naciones Unidas (UN, 2019), más del 75%

1. Universidad Veracruzana.

de los vehículos de motor en los países pertenecientes a la OCDE son automóviles particulares, mientras que en México el incremento del parque vehicular privado ha ido de 6.2 millones en 1990 a 21.6 millones en 2010 (ITDP, 2012). Esto se debe, en gran parte, a que derivado del acelerado crecimiento de las zonas urbanas,² las ciudades tienden a desarrollarse de una forma dispersa, inconexa y expansiva, fragmentando el espacio urbano, aumentando las distancias y los tiempos de traslado, agregando al territorio una trama de circuitos saturados de autos que sustrae la necesidad básica de las personas: la movilidad. Este crecimiento ha traído como consecuencia diversos impactos negativos, como son gases de efecto invernadero, contaminación, obesidad, siniestros viales, congestión y ruido (ITDP, 2013).

Estas consecuencias negativas del uso del automóvil están estrechamente ligadas entre sí, cada una de ellas originando múltiples consecuencias, por ejemplo: una ciudad mal diseñada incentiva el uso excesivo del automóvil, el cual es fuente de congestionamientos viales, que se traducen en un aumento en las emisiones de CO₂, mismas que afectan la calidad del aire y generan contaminación atmosférica, poniendo en riesgo la salud pública al ocasionar enfermedades de diversa índole; por ejemplo, de vías respiratorias.³ Las ciudades diseñadas para el automóvil también incentivan el sedentarismo, que es un detonador de enfermedades como obesidad y problemas cardiovasculares. En situaciones extremas, las altas emisiones son motivo de alertas de contingencia ambiental, lo cual afecta, además, la dinámica económica y social de la ciudad. Por otro lado, el uso inadecuado del automóvil impacta en la seguridad vial de la población, pues es cau-

2. En 2015, cerca de 4 000 millones de personas vivían en ciudades y se prevé que ese número aumente hasta unos 5 000 millones para 2030 (UN, 2019).

3. México pierde anualmente 1 400 vidas por contaminación atmosférica, cuyo 64% es producido por el uso de combustibles fósiles (INECC, 2018) y un número poco documentado por falta de actividad física (ITDP, 2013). Además, desde 2016, el 90% de los habitantes de las ciudades respiraba aire que no cumplía las normas de seguridad establecidas por la Organización Mundial de la Salud, lo que provocó un total de 4.2 millones de muertes debido a la contaminación atmosférica. Más de la mitad de la población urbana mundial estuvo expuesta a niveles de contaminación del aire al menos 2.5 veces más altos que el estándar de seguridad.

sante de numerosos accidentes viales, figurando en el sexto lugar en el índice de causas de muerte en nuestro país (ITDP, 2012).⁴

Es en este punto donde vale la pena retomar lo planteado por Illich (1985):

La movilidad humana es el único patrón válido para medir la contribución que cualquier sistema de transporte haga a la circulación. Si por el transporte, el tránsito se ve restringido, el transporte hace declinar la circulación (...) y reconocer que el vehículo puede entorpecer la circulación triplemente: rompiendo su flujo, aislando categorías jerarquizadas de destinación y aumentando la pérdida de tiempo vinculada con la circulación.

Desafortunadamente en nuestro país, contrario a las mejores prácticas internacionales, las decisiones de planeación urbana han privilegiado el uso del automóvil particular. Esto se debe en gran parte a que las soluciones o medidas técnicas adoptadas, generalmente consisten en metodologías que modelan el tránsito bajo la perspectiva del ramo ingenieril, el cual se enfoca en aumentar la capacidad vial a través de la construcción de más infraestructura para el auto. Esto, sumado a la falta de inversión en transporte público y otras alternativas de movilidad no motorizada, han ocasionado que, en lugar de erradicar el problema, este se haga más grande.⁵

Por eso, es necesario que en la toma de decisiones urbanas se haga un replanteamiento de la inversión en infraestructura vial, disminuyendo los incentivos para el uso del automóvil y aumentando la creación de medidas y programas para el desplazamiento óptimo de las personas a través de modos de transporte

4. México pierde anualmente 24 000 vidas por accidentes de tránsito (ITDP, 2013), mientras que, mundialmente, los accidentes de tránsito causados por exceso de velocidad son la primera causa de muerte en jóvenes de 15 a 29 años (OMS, 2013).

5. En 2015, 15 de las 20 ciudades más importantes de México no registraron inversión en transporte público. Y está comprobado que en los lugares donde hay menos opciones de transporte, el parque vehicular crece más rápido. Entre 1990 y 2015, el número de vehículos creció 3,5 veces más rápido que la población, y 8 veces en casi 4 décadas (IMCO, 2019).

más efectivos, equitativos, accesibles, seguros, saludables y ambientalmente amigables: el caminar, el uso de la bicicleta y del transporte público. Es decir, se requieren políticas encaminadas hacia una movilidad urbana sustentable.

Incluir la dimensión de sustentabilidad en la movilidad urbana implica, por principio, tener un equilibrio entre el desarrollo económico, la equidad social y la calidad ambiental de las ciudades. Por ello, resulta sustancial enfocar el diseño urbano en la reducción de la contaminación del aire y del ruido, de las emisiones de gases de efecto invernadero y del consumo de energía, así como en la contribución a mejorar el atractivo y la calidad del medio ambiente urbano (ITDP, 2012).

En materia de sustentabilidad y movilidad urbana, dentro de los 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, promovida por las Naciones Unidas, se remarca, entre otras necesidades,⁶ la de mejorar la planificación y la gestión urbana para que las ciudades del mundo sean más inclusivas, seguras, resilientes y sustentables, teniendo como una de sus metas:

De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad. Objetivo 11 Ciudades y comunidades sostenibles (UN, 2019).

Aunado a esto, existen algunos acercamientos normativos en México relacionados con la movilidad urbana sustentable, cuyos contenidos incluyen un enfoque de impulso a la movilidad no motorizada y al transporte público, tales como la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley General de Cambio Climático y la Ley General de Asentamientos Humanos, también algunos planes municipales y estatales de desarrollo, reglamentos de desarrollo urbano, de trán-

6. ODS 3 - Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/>.

sito, entre otros,⁷ y para el caso de instituciones educativas, el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED, 2013), propone criterios de accesibilidad universal en su normativa para el diseño y construcción de edificaciones escolares.

UNIVERSIDADES Y MOVILIDAD URBANA

Las universidades, además de ser instituciones con la capacidad de contribuir a la solución de problemas urbanos desde su función naturalmente educativa y de generación de conocimientos, aportan un importante número de desplazamientos diarios en las ciudades ocasionados por los traslados de sus integrantes (estudiantes, personal docente y administrativo, etcétera). Esto sucede debido a que en estos espacios se concentran actividades de estudio y trabajo en determinadas horas del día: viajes de ingreso a los campus por las mañanas que generalmente ocasionan retrasos temporales en los accesos y en sus vías adyacentes; así como viajes hacia sus respectivos hogares en horarios vespertinos que también llegan a ocasionar demoras en el entorno cercano.

En México existe un dato nacional de movilidad cotidiana obtenido a través de una encuesta realizada en 2015 por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2015), que es importante mencionar. Dicha encuesta contiene entre otros conceptos, información sobre los desplazamientos de la población hacia las instituciones educativas y lugares de trabajo, según sus tiempos de desplazamiento y medios de traslado empleados. Esto es debido a que el tiempo que ocupa la población para trasladarse de su vivienda al lugar de estudio, depende además de la distancia en la que se ubica la escuela, del medio empleado para hacerlo y de las condiciones de las vías de comunicación entre el lugar de residencia y la escuela.

Tras un análisis de las cifras, se concluye que el 75.9% de las personas que se trasladan caminando a la escuela invierte hasta 15 minutos. Lo mismo ocurre

7. Por ejemplo: el (Reglamento de Desarrollo Urbano para el Municipio de Xalapa, Veracruz, 2016), (Reglamento de Tránsito y Seguridad Vial, 2015), (Plan Veracruzano de desarrollo 2019-2024, 2019), (Ley Núm. 241 de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial y Vivienda para el Estado de Veracruz, 2011).

para el 64.1% de los usuarios de bicicleta. Sin embargo, los problemas de movilidad se hacen evidentes cuando se utilizan vehículos motorizados, particularmente el transporte público. El 68.6% de las personas que se mueven en camión, taxi o combi invierten de 16 a 60 minutos en trasladarse, mientras que el 41.4% de los usuarios de metro, metrobús o tren ligero, necesitan más de una hora de viaje. Y con respecto al automóvil particular, el 39.9% de la población ocupa de 16 hasta 60 minutos en llegar a su lugar de estudio.

Ahora bien, en cuanto a los desplazamientos al trabajo, los problemas de movilidad son más evidentes; de igual forma, para los usuarios de transporte público: 64 de cada 100 personas invierten de 16 a 60 minutos en llegar al trabajo, mientras que 21 de cada 100 hacen más de 60 minutos. Y de quienes viajan en metro, metrobús o tren ligero, el 50.4% invierte más de una hora y el 45.6% de 16 a 60 minutos (INEGI, 2015).

Lo anterior hace evidente una necesidad de conexión efectiva en la relación escuela/espacio de trabajo – ciudad y remarca la importancia de la aplicación de estrategias que disminuyan los impactos negativos en la rutina diaria de los estudiantes y en su calidad de vida.

En el caso de las universidades, resulta sustancial hacer un frente común ante los retos del cambio climático, así como aportar los esfuerzos necesarios para crear estrategias hacia una movilidad urbana sustentable. Como parte de estos esfuerzos, diversas instituciones de educación superior del mundo (principalmente en Holanda y Reino Unido) cuentan con programas de sustentabilidad que incluyen medidas para incentivar el uso de formas de movilidad sustentable. Algunas de estas medidas son la creación de rutas seguras de más de 15 km para usuarios de bicicleta, el servicio de renta de bicicletas, descuentos y facilidades de pago en la compra de bicicletas y de accesorios de seguridad para ciclismo. También se han impulsado descuentos en desayunos y facilidades de duchas y casilleros para usuarios de bicicleta, mejoramiento de la conectividad del transporte público, plataformas para el uso de auto compartido, flotas de automóviles eléctricos universitarios y estaciones gratuitas de carga, entre otros (UI Green Metric, 2018).

En el caso de México, entre las universidades con acciones relevantes en materia de movilidad urbana sustentable se encuentran la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL, 2019), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2019), y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP, 2019). Las tres han aplicado estrategias que operan exitosamente desde hace varios años, como la implementación de rutas de autobuses universitarios que conectan los distintos campus distribuidos en la ciudad y con los principales nodos de población, sistemas de bicicleta pública universitaria y la presencia de áreas peatonales con criterios de accesibilidad universal, entre otros.

Estas transformaciones han ubicado a la UNAM y a la UANL en las mejores posiciones del apartado de Movilidad establecido por el UI Green Metric⁸ a nivel nacional, con el primer y cuarto lugar respectivamente.

Con base en todas estas experiencias, el presente capítulo aborda recomendaciones enfocadas en encaminar las acciones universitarias hacia una movilidad más sustentable, basadas en una perspectiva de democracia y equidad entre las diversas formas de desplazamiento universitario, dando prioridad al sector más vulnerable, el peatón, seguido del usuario de bicicletas, el usuario de transporte público y, por último, el automóvil.

NOCIONES Y PRINCIPIOS DE LA MOVILIDAD URBANA SUSTENTABLE

Distintas instituciones han realizado esfuerzos por definir la movilidad o movilidad urbana y la movilidad urbana sustentable. Algunos ejemplos son: de acuerdo con la Ley de movilidad urbana,⁹ la movilidad es el derecho de toda persona y de

8. UI Green Metric es una iniciativa cuyo objetivo es la autoevaluación en línea sobre la situación actual y las políticas relacionadas con campus verdes y sustentables de las universidades de todo el mundo. Con esto, se espera llamar la atención de los líderes universitarios para prestar más atención a la lucha contra el cambio climático global, la conservación de la energía y el agua, el reciclaje de residuos y el transporte ecológico. <https://greenmetric.ui.ac.id/about/welcome>.

9. Ley de Movilidad del Distrito Federal. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Ciudad%20de%20Mexico/w097270.pdf>.

la colectividad a realizar el efectivo desplazamiento de individuos y bienes para acceder mediante los diferentes modos de transporte, a un sistema de movilidad que se ajuste a la jerarquía y principios que se establecen en este ordenamiento, para satisfacer sus necesidades y pleno desarrollo. En todo caso, el objeto de la movilidad será la persona. O bien, es el conjunto de desplazamientos de personas y bienes que se realizan a través de diversos modos de transporte, que se llevan a cabo para que la sociedad pueda satisfacer sus necesidades y acceder a las oportunidades de trabajo, educación, salud, recreación y demás que ofrece la ciudad.

Ahora bien, movilidad urbana, de acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (Sedatu, 2016), es la capacidad, facilidad y eficiencia de tránsito o desplazamiento de las personas y bienes en el territorio, priorizando la accesibilidad universal y la sustentabilidad de la misma.

La noción de movilidad urbana sustentable propuesta en este texto, retoma como base lo mencionado anteriormente, pero además está basada en:

1. Los cuatro grandes principios en materia de diseño de calles que propone (Sedatu, 2018): inclusión, seguridad, sustentabilidad y resiliencia. Y que también parte de criterios tales como la perspectiva de género, la conectividad, la legibilidad y el diseño universal, entre otros (ver tabla 7.1).
2. La pirámide de movilidad,¹⁰ que establece claramente la jerarquía y prioridades entre los diversos modos de transporte, de acuerdo con la vulnerabilidad, eficiencia y costo de cada uno. Esto se ve reflejado en la figura de una pirámide invertida que otorga la prioridad a los peatones, colocándolos en la parte más alta, seguida de los usuarios de vehículos no motorizados para propiciar un uso más eficiente e incluyente del espacio vial, después a los usuarios de transporte

10. La pirámide de movilidad es una clasificación que facilita determinar el modo de transportarse que tendrá prioridad en el diseño de la calle (al ser más deseable) y cómo se dará la interacción con los otros modos menos deseables. Bajo esta clasificación, todas las personas pueden realizar sus viajes en condiciones inclusivas, de seguridad, sustentabilidad y resiliencia (Sedatu, 2018).

público, seguido del transporte de carga y por último los conductores de automóvil privado.

3. El concepto de recuperación de calle propuesto por (Alatorre Frenk, 2004), basado en esfuerzos innovadores de cambio cultural en busca de la equidad en el transporte y el diseño de políticas públicas que apoyen la movilidad peatonal, bicicleta y transporte colectivo (ver tabla 7.2).

TABLA 7.1. Relación entre principios y criterios de diseño vial urbano

<i>Principio</i>	<i>Criterio</i>
Inclusión	Perspectiva de género, diseño universal, prioridad a usuarios vulnerables.
Seguridad	Diversidad de uso, legibilidad, participación social.
Sustentabilidad	Conectividad: prioridad para la movilidad urbana sustentable (MUS), flexibilidad.
Resiliencia	Calidad, permeabilidad, tratamiento de condiciones climáticas: (agua, sequías).

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos de (Sedatu, 2018).

TABLA 7.2. Instrumentos de política pública para la recuperación de la calle como *res publicae*

<i>Instrumentos</i>	<i>Beneficios/acciones</i>
Instrumentos económicos	Impuesto a los combustibles, cargos por acceso, uso o estacionamiento.
Políticas de uso del suelo	Restricciones al crecimiento de la mancha urbana, revitalización de las zonas centrales, restricciones a los usos del suelo exclusivos y fomento a los usos mixtos (con el fin de reducir la necesidad de transportarse), fomento al crecimiento urbano a lo largo de corredores de transporte colectivo.
Restricciones al uso del automóvil	Calles peatonales, prohibición de estacionamiento en áreas saturadas, límites estrictos de velocidad.

(concluye Tabla 7.2.)

<i>Instrumentos</i>	<i>Beneficios/acciones</i>
Fomento a la movilidad peatonal	Mayores facilidades a peatones para cruzar avenidas, ampliación de banquetas, eliminación de obstáculos en banquetas.
Fomento al uso de bicicletas	Creación de ciclopistas o carriles exclusivos para bicicletas, instalación de estacionamientos, difusión de información sobre vías y estacionamientos ciclistas, creación de reglas de tránsito que favorezcan a los ciclistas.
Fomento al transporte colectivo	Creación de carriles exclusivos o corredores confinados, planeación eficiente de rutas, definición de paradas o estaciones techadas, establecimiento de tarifas de transferencia, difusión de información (mapas y horarios), promoción de vehículos de mayor capacidad, promoción de autobuses más cómodos para atraer a más usuarios, construcción de estacionamientos para favorecer el trasbordo automóvil – autobús.

Fuente: elaboración propia, retomado de (Alatorre Frenk, 2004).

Aunado a esto, vale la pena mencionar que la Ley de movilidad del Distrito Federal considera un listado de aspectos que, de igual forma, están alineados a lo antes referido y que vale la pena mencionar en el presente texto (ver tabla 7.3).

TABLA 7.3. Principios para el diseño e implementación de políticas, programas y acciones públicas en material de movilidad

<i>Principio</i>	<i>Beneficios</i>
Seguridad	Privilegiar las acciones de prevención del delito e incidentes de tránsito durante los desplazamientos de la población, con el fin de proteger la integridad física de las personas y evitar la afectación a los bienes públicos y privados.
Accesibilidad	Garantizar que la movilidad esté al alcance de todos, sin discriminación de género, edad, capacidad o condición, a costos accesibles y con información clara y oportuna.

(concluye Tabla 7.3.)

<i>Principio</i>	<i>Beneficios</i>
Eficiencia	Maximizar los desplazamientos ágiles y asequibles optimizando los recursos disponibles, sin que su diseño y operación produzcan externalidades negativas desproporcionadas a sus beneficios.
Igualdad	Equiparar las oportunidades de la población para alcanzar un efectivo ejercicio de su derecho a la movilidad, poniendo especial énfasis en grupos en desventaja física, social y económica, para reducir mecanismos de exclusión.
Calidad	Procurar que los componentes del sistema de movilidad cuenten con los requerimientos y las propiedades aceptables para cumplir con su función, producir el menor daño ambiental, ofrecer un espacio apropiado y confortable para las personas y encontrarse en buen estado, en condiciones higiénicas, de seguridad, y con mantenimiento regular, para proporcionar una adecuada experiencia de viaje.
Resiliencia	Lograr que el sistema de movilidad tenga capacidad para soportar situaciones fortuitas o de fuerza mayor, con una recuperación de bajo costo para la sociedad y al medio ambiente.
Multimodalidad	Ofrecer a los diferentes grupos de usuarios opciones de servicios y modos de transporte integrados, que proporcionen disponibilidad, velocidad, densidad y accesibilidad que permitan reducir la dependencia del uso del automóvil particular.
Sustentabilidad	Solucionar los desplazamientos de personas y sus bienes, con los mínimos efectos negativos sobre la calidad de vida y el medio ambiente, al incentivar el uso de transporte público y no motorizado, así como impulsar el uso de tecnologías sustentables en los medios de transporte.
Participación y responsabilidad social	Establecer un sistema de movilidad basado en soluciones colectivas, que resuelva los desplazamientos de toda la población y en el que se promuevan nuevos hábitos de movilidad, a través de la aportación de todos los actores sociales, en el ámbito de sus capacidades y responsabilidades.
Innovación tecnológica	Emplear soluciones apoyadas en tecnología de punta, para almacenar, procesar y distribuir información que permita contar con nuevos sistemas, aplicaciones y servicios que contribuyan a una gestión eficiente, tendiente a la automatización y eliminación del error subjetivo, así como a la reducción de las externalidades negativas de los desplazamientos.

Fuente: elaboración propia con datos de la Ley de movilidad del Distrito Federal.

RECOMENDACIONES DE MOVILIDAD URBANA SUSTENTABLE PARA LOS CAMPUS UNIVERSITARIOS

La movilidad en los espacios universitarios puede tener dos funciones: la primera, de dar acceso a las distintas edificaciones que componen un campus (aulas, auditorios, espacios públicos, espacios deportivos, bibliotecas u oficinas administrativas) y que, por su naturaleza, el diseño de las calles debe dar respuesta a cualidades como una notable presencia de modos de transporte no motorizados de baja velocidad y actividades estacionarias, entre otros. La segunda, en algunos casos, es la de conectar los campus localizados en distintos núcleos de una misma ciudad, en donde los universitarios generalmente están más involucrados con un mayor volumen vehicular y mayores velocidades, debido a una necesidad de conexión entre distancias más largas.

Por ello, antes de diseñar estrategias de movilidad universitaria sustentable, es recomendable identificar el tipo de movilidad que demanda el espacio universitario para diseñar acciones que respondan a sus necesidades particulares. Considerando lo anterior y tomando como punto de partida los principios y criterios de la movilidad urbana sustentable mencionados en la sección anterior, a continuación se describen las recomendaciones de movilidad urbana para espacios universitarios:

Planeación y gestión, desde el diseño participativo

1. Formar un equipo de colaboración con distintos actores universitarios (se recomienda la participación de un actor operativo del área de proyectos, una persona del área de finanzas, administradores, académicos y representantes de la comunidad estudiantil); o bien, favorecer la creación de un departamento de movilidad urbana universitaria en el que sea posible el desarrollo y la gestión de propuestas encaminadas al mejoramiento de los desplazamientos tanto al interior de los campus como entre ellos y la ciudad, así como la

investigación y difusión de la información enfocada en una movilidad urbana sustentable.

2. Codiseñar un documento rector en torno a las acciones de movilidad para su campus, con una visión clara a largo plazo, así como metas y acciones cuantificables a corto y mediano plazo, que servirá como un programa universitario de movilidad urbana sustentable de la institución. Se recomienda incluir en dicho documento, los indicadores de monitoreo y herramientas de evaluación para tomar las medidas correctivas correspondientes, así como procurar que este atraviese un proceso de aprobación, publicación y firma de acuerdo con tomadores de decisión institucionales.
3. Incluir la planeación de acciones de movilidad urbana sustentable para los campus universitarios en las asignaciones presupuestales de la universidad, o bien, definir en colectivo las formas de financiamiento de las propuestas especificadas en el programa universitario de movilidad urbana sustentable de la institución.
4. Incorporar procesos de diseño participativo en el desarrollo de las propuestas de movilidad universitaria, guiados y acompañados por el departamento de movilidad urbana, con la finalidad de fortalecer el involucramiento activo de manera informada, sumar las necesidades de los universitarios en la toma de decisiones públicas, e incluir la participación y opiniones de los vecinos en las colonias aledañas.
5. Desde el departamento de movilidad urbana universitaria, entablar diálogos con las empresas de transporte público para promover una conectividad efectiva de los campus universitarios con los núcleos de población.

Innovación administrativa

1. Al interior de los campus, considerar la creación de mecanismos administrativos innovadores para los empleados universitarios, que incenti-

ven la sustitución del vehículo privado por la movilidad no motorizada y el transporte público.¹¹

2. Establecer diálogos con entidades universitarias relacionadas con la operatividad y mantenimiento de las edificaciones e infraestructura de la universidad, para determinar la incorporación en su agenda de estrategias de bajo costo y alto impacto que generen mejoras en la cultura vial, favoreciendo aquellas relacionadas con la movilidad no motorizada y el transporte público.¹² Así como vincular estas acciones

11. Por ejemplo, en el caso de Perú se aprobó en abril de 2019, la Ley Núm. 30936, que especifica en su artículo 7.1. Las entidades públicas y privadas, en un plazo no mayor de tres años contados a partir de la publicación de la presente ley, independientemente de su reglamentación, adecúan sus espacios para estacionamientos de bicicletas, en una proporción del cinco por ciento del área que destinan a los vehículos automotores. Y, en su artículo 9.2. Los servidores públicos reciben una jornada laboral libre remunerada por cada sesenta veces que certifiquen haber asistido al centro de labores en bicicleta; para lo cual, cada institución del sector público formula e implementa las medidas necesarias para su desarrollo y certificación, en concordancia con las disposiciones emitidas por la Autoridad Nacional del Servicio Civil (Ley Núm. 30936. Ley que promueve y regula el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible, 2019).

12. La GIZ propone las siguientes medidas de bajo costo, que pueden ser implementadas por las autoridades:

- Incentivos económicos. Fijación de costo de los estacionamientos (precios altos en los espacios de mayor demanda y/o en los espacios públicos limitados). Cuotas de rodamiento (cargos por congestión).

- Medidas regulatorias y de planeación. Administración de los estacionamientos y reducción del suministro de estacionamientos, elaboración de un reglamento interno de construcción amigable para el peatón y ciclista (requerimientos mínimos de accesibilidad peatonal, instalaciones para el estacionamiento de ciclistas), elementos de restricción al uso del automóvil (bolardos, calles peatonales, etc.), integración intermodal, mejoras a la infraestructura peatonal y ciclista (zonas peatonales, zonas de pacificación de tránsito, límites de velocidad mínimos, cruces peatonales seguros, calles de un sentido con acceso a circulación en doble sentido para ciclistas, etc.), priorización de transporte público. Señalamiento de prioridades, carriles exclusivos para transporte público.

- Medidas en infraestructura. En caso de estar programada la construcción de una nueva calle, o la rehabilitación de una existente, se recomienda la integración de medidas de pacificación de tránsito (estrechamiento de carriles vehiculares, cruces peatonales elevados, diseño de calles que no sean en línea recta), optimización del transporte público (carriles segregados para transporte público, paradas de transporte techadas) y mejoras para el ciclista (carriles exclusivos) (GIZ, 2014).

con la entidad relacionada al área de salud universitaria, para evaluar resultados a partir de la implementación de acciones relacionadas con el cambio de hábitos en la movilidad estudiantil.

INFRAESTRUCTURA Y DISEÑO URBANO PARA LA MOVILIDAD

Legibilidad, seguridad y accesibilidad

1. Adoptar medidas para garantizar el uso del campus universitario de manera legible, tales como iluminación preferente a la movilidad activa, sistemas de navegación dentro del campus (*wayfinding*) y sistemas de señalamientos horizontales y verticales que garanticen que cualquier persona, particularmente mujeres, pueda hacer uso del campus en plenitud de condiciones.
2. En espacios exteriores de alta circulación peatonal, procurar la incorporación de elementos de sombra a través de arbolado urbano; o bien, la colocación de algunas techumbres que permitan el resguardo en temporadas de lluvia, con una altura libre de 3.00 metros.
3. Garantizar el uso del espacio público universitario por el mayor número de personas, incluidas las personas con alguna discapacidad: movilidad limitada, problemas auditivos, etc., a través de la incorporación de criterios de accesibilidad universal en las áreas peatonales universitarias. Por ejemplo, la construcción de rampas en cada acceso principal a un edificio universitario con pendiente máxima del 6% y, en espacios exteriores, en cada inicio y final de banqueta, pavimento podotáctil de advertencia y/o guía de dirección y señalamientos informativos en Braille.
4. Favorecer la movilidad no motorizada dentro del campus, con el apoyo de señalamiento vertical y horizontal que dé prioridad a peatones y ciclistas, con una altura libre de 2.10 m en banquetas y 2.30 m en ciclovías y ciclocarriles.

5. En el caso de construir infraestructura para la movilidad o realizar adecuaciones para el mejoramiento de la geometría vial, se sugiere apearse a programas de diseño vial.¹³
6. Considerar la elaboración de programas y talleres de educación vial desde el Departamento de Transporte, para su difusión e incorporación a los planes de estudio universitarios.
7. Implementar mecanismos de seguridad vial universitaria para garantizar la protección de la vida y de la integridad física de los universitarios, tales como: respetar la normativa de cumplimiento del límite de velocidad para zonas escolares de 20 km/h, o establecer zonas 30 en las áreas donde sea posible.¹⁴ A menores velocidades, mayor seguridad para todos los usuarios de la vía, en particular peatones y ciclistas.
8. Promover áreas peatonales de calidad dentro del campus, a través de la incorporación de una franja de mobiliario urbano y vegetación, ubicada a un costado de la banqueta, con un ancho entre 0.60 y 0.80 metros.
9. La dimensión de la franja de guarnición sugerida es de 0.15 a 0.40 metros.

Movilidad no motorizada y transporte público

1. En el caso de implementar algún mecanismo de prioridad peatonal que implique ajustes en la infraestructura vial, se sugiere considerar la aplicación de un urbanismo táctico¹⁵ como estrategia para un ade-

13. Por ejemplo, *Urban Street Design Guide* (NATCO, 2013), *Manual de calles, diseño vial para ciudades mexicanas* (Sedatu, 2018); o bien, el tomo IV del *Manual de Ciclociudades* (ITDP, 2011).

14. Una zona 30 es un área delimitada al interior de colonias, barrios, o pueblos, cuyas vías se diseñan para reducir el volumen y velocidad del tránsito, de forma tal que peatones, ciclistas y conductores de vehículos motorizados circulen de manera segura (SSP, 2015).

15. Urbanismo táctico es una intervención temporal de rediseño en un espacio vial, en el que se utilizan materiales de bajo costo y rápida implementación, con la finalidad de experimentar un cambio en el diseño del estado actual de la calle durante un período determinado, para tener

cuado diseño vial. Para el caso de ciudades mexicanas, se recomienda como material de apoyo, el Camina Kit (Camina, 2015).

2. Las intersecciones son espacios compartidos, por esta razón se sugiere implementar mecanismos de prioridad peatonal obligatorios, sobre todo en calles con alto flujo vehicular, que sean legibles, accesibles y permitan una amplia visibilidad, por ejemplo: cruces o pasos peatonales a nivel de calle, islas de seguridad peatonal en avenidas con más de 4 carriles, reductores de velocidad y uno por uno (1 x 1) en intersecciones con prioridad al peatón, entre otros. Dichos elementos se diseñarán bajo los siguientes principios: claridad, consistencia, visibilidad, perpendicularidad, creación de zonas protegidas, acortamiento de distancias de cruce y eliminación de puntos de conflicto (Sedatu, 2018).
3. El ancho destinado a la movilidad peatonal en banquetas sugerido para una óptima circulación en espacios universitarios es de 1.80 m para un flujo peatonal bajo y 3.20 m para un flujo peatonal alto (Sedatu, 2018).
4. Promover la instalación de biciestacionamientos en cada edificación o núcleo de edificaciones que componen los distintos campus universitarios, dando preferencia al modelo de U invertida (80 – 85 cm de alto, por 70 – 100 cm de ancho) para mayor seguridad de las bicicletas (CoSustentauv, 2013).
5. Considerar la implementación de sistemas de bicicleta pública universitaria, o sistemas de renta de bicicletas, para facilitar el transporte sustentable a los universitarios.
6. En caso de implementar un programa de bicicleta pública universitaria, aplicar las recomendaciones de infraestructura aptas para uso exclusivo de usuarios de bicicleta (ITDP, 2011). Para velocidades de operación vehicular de 30 km/h se recomienda dar preferencia a los ciclocarriles con un ancho mínimo de 1.50 m delimitado por señales horizontales.

una aproximación del impacto que generaría si se ejecutara. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/urbanismo-tactico-elemento-clave-en-la-recuperacion-post-pandemia>.

7. Promover la presencia de áreas de ascenso y descenso de pasajeros debidamente señalizados, con criterios de accesibilidad e iluminación adecuada dentro de los espacios universitarios.
8. Propiciar viajes intermodales a partir de la habilitación de *racks* para transportar bicicletas en autobuses universitarios.

Estrategias para la movilidad motorizada

1. Considerar un ancho de carril para la circulación vehicular de 2.50 m a 3.00 m máximo, con áreas de estacionamiento, áreas de carga y descarga, así como áreas de ascenso y descenso en el extremo derecho de la vía (Sedatu, 2018).
2. Reemplazar la consideración de requerimientos mínimos de número de cajones de estacionamientos en una edificación universitaria, por espacios que consideren todas las formas de transporte: bicicleta, motocicleta y autobús.
3. El ancho sugerido para los cajones de estacionamiento para personas con discapacidad es de 2.40 m más una franja en ambos lados, para el abatimiento completo de puertas.
4. Promover la actualización del parque vehicular universitario para retirar los que por su antigüedad ya no son viables para el uso institucional y evaluar su renovación por vehículos híbridos o eléctricos.
5. En caso de construir un estacionamiento nuevo para universitarios, y tomando en cuenta que es una medida enfocada en beneficio al vehículo motorizado privado, considerar un diseño con cada vez menos capacidad para autos y más espacio público, hacia una política de cero crecimiento en cajones de estacionamiento. Así como la aplicación de tarifas, mismas que puedan canalizarse hacia acciones de infraestructura de movilidad.
6. Delimitar espacios restringidos para el estacionamiento de vehículos en los lugares de mayor afluencia peatonal, así como espacios regulados de estacionamiento en la vía pública universitaria.

7. En caso de colocar bolardos para evitar invasión de automóviles al espacio peatonal y proteger al peatón, su colocación no será a una distancia mayor de 2.00 m, deberán ser visibles y de material semirrígido.
8. En estacionamientos universitarios, promover la presencia de jardinerías, jardines infiltrantes o franjas permeables que permitan la infiltración de agua de lluvia. Salvo el espacio reservado para el ascenso y descenso de personas con discapacidad, considerar el uso de adopasto en la superficie de los estacionamientos donde sea posible.
9. Considerar la transformación de alguna vialidad vehicular en una vialidad peatonal y/o compartida con ciclistas dentro del campus universitario, con el objetivo de hacer evidente una innovación en el uso del espacio público.

CONCLUSIONES

En materia de movilidad, una universidad sana es una universidad con espacios y vías públicas de calidad, áreas verdes, bancas, banquetas amplias y espacios que invitan a las personas de cualquier género, edad y condición física a llegar, permanecer y moverse en el campus de manera segura, eficiente y conectada en cualquier momento del día, para realizar actividades como convivir, conversar, trabajar, leer, estudiar.

Esto nos lleva a pensar en la movilidad universitaria no como el simple desplazamiento de un punto a otro, sino como el medio que vincula las actividades de la vida diaria universitaria entre los espacios educativos y de estos con la ciudad. Como conclusión a este capítulo, surgen tres reflexiones principales.

La primera: la democracia en la movilidad universitaria. Uno de los errores más comunes al construir una edificación (y esto incluye las edificaciones universitarias) es que, en materia de normativa y para efectos de autorización, en la gran mayoría de los casos existe un requisito indispensable que trata sobre la asignación de un espacio destinado a un número de cajones de estacionamiento en función de su uso y superficie de construcción. Esto nos hace reflexionar sobre la marcada preferencia que se da a la infraestructura para el automóvil, la cual

impacta directamente en la forma de conectar los campus universitarios con la dinámica de la ciudad. Sin embargo, está comprobado que en los lugares donde hay menos opciones de transporte el parque vehicular crece más rápido, y considerando que el aumento del parque vehicular genera una cadena de consecuencias económicas y socioambientales negativas, ¿por qué no incentivar un cambio de escenarios en busca de una mayor democracia en la movilidad universitaria?

Pensar en la democracia para la movilidad como una forma de convivencia en los campus universitarios en la que todas las personas son completamente iguales, conlleva a considerar la creación de políticas que promuevan mayor equidad para los usuarios que llegan y se mueven dentro de un campus a través de modos de transporte más sustentables, desde los que utilizan la propulsión humana, hasta los que llegan en medios motorizados colectivos. Estas políticas pueden reflejarse con infraestructura para lograr independencia del automóvil y una disminución del número de viajes motorizados, con más infraestructura a nivel de calle en la que es posible la interacción equitativa y respetuosa entre peatones, usuarios de bicicleta y de autobuses en campus diseñados bajo una perspectiva de escala humana, que permita a todos ser conscientes de la presencia de los demás y reemplazar el sentido de competencia por el de convivencia; por ejemplo, asegurar espacios accesibles y con sombra para los universitarios que llegan a pie, un espacio con biciestacionamientos seguros y cómodos para quienes se desplazan en bicicleta, así como la dignificación de las zonas de ascenso y descenso para quienes se transportan en autobús.

La segunda: cultura vial, un medio para fortalecer la construcción social del espacio. Una de las principales funciones de las universidades es la formación de sus estudiantes. Desde un enfoque de formación integral, resulta una gran área de oportunidad el fortalecimiento de la cultura vial de este sector de la población. Si bien es importante la infraestructura para los usuarios de cada modo de transporte, vale la pena dar prioridad a aquella que promueve valores éticos y fomenta la construcción social del espacio; es decir, los valores implícitos en el mejoramiento de la circulación, pues el cambio de comportamiento para una mejor cultura vial es mucho más trascendental que cualquier inversión en infraestructura.

Esto sugiere la valoración de distintas estrategias de bajo costo y rápida implementación que aportan grandes beneficios sociales en periodos de tiempo cortos: pasos a nivel de calle, intervenciones de urbanismo táctico para una redistribución vial, pintado de cebras peatonales colectivas e incluso políticas administrativas para alentar el uso de modos de transporte no motorizados. Todas ellas, enfocadas en incentivar cualidades como la educación, la convivencia, la cordialidad y el respeto hacia los demás, y así fortalecer el sentido comunitario. Es decir, estrategias para el encuentro entre personas y no la enajenación de las mismas en el tiempo y el espacio.

Un ejemplo de esto sucede en el caso de Xalapa, Veracruz, cuyas estrategias como el 1 x 1, los pasos a nivel de calle, las zonas 30 y las rodadas de colectivos ciclistas, han promovido una cultura de cordialidad en la que cada vez se ha vuelto más común ceder el paso al peatón, hacer un alto en las intersecciones viales para otorgar el paso a otros usuarios de la vía pública e incluso el fortalecimiento de una cultura de respeto al ciclista.

El factor clave de estas estrategias es el encaminamiento de las acciones desde un trabajo colectivo y articulado, que incluya la participación de los distintos actores que intervienen en la movilidad: grupos ciudadanos, autoridades y académicos, entre otros.

La tercera: los Objetivos del Desarrollo Sostenible como meta a largo plazo, desde los laboratorios urbanos. La Agenda 2030 de las Naciones Unidas ha sido el documento rector en materia de sustentabilidad para la elaboración de diversos planes municipales y estatales en nuestro país, pero además lo ha sido para muchos de los programas de sustentabilidad de diversas universidades. La diferencia es que, en el caso de los primeros, la visión se acota a los años que dura una administración, mientras que para los últimos, se abre una oportunidad para proponer metas a largo plazo, concretas y creadas desde la inteligencia colectiva universitaria, con una mayor posibilidad de seguimiento.

Si a esto sumamos la visualización de un campus como un laboratorio urbano para la generación de ideas que ayuden a encontrar soluciones a temas complejos como la movilidad urbana desde el trabajo multisectorial, entonces

habrá una gran oportunidad para la experimentación de proyectos piloto como prácticas locales de movilidad a menor escala, con una planificación integrada y participativa. Esta oportunidad se potencializa aún más cuando los laboratorios universitarios comienzan a funcionar como modelos a escala listos para el momento en que las autoridades municipales decidan entrar a un proceso de movilidad urbana sustentable y, de esta manera, fortalecer la importante relación entre la dinámica de los campus universitarios con el resto de la ciudad.

Los espacios universitarios no solamente deben ser considerados como simples construcciones, sino ser revalorados como espacios donde se da el desarrollo humano integral en equilibrio con su entorno social y ambiental, y observarse como herramientas con potencial para convertirse en espacios promotores de cambio, que ayuden a transitar hacia formas de vida más sustentables.

De esta manera, es posible una alineación entre las universidades con los ods, consistente en promover políticas públicas para un consumo más racional y equitativo de la energía, crear espacios, en nuestro caso, campus universitarios, libres de siniestros viales, reducir la huella ecológica de las universidades y más aún: hacer un frente común desde las instituciones de educación superior para enfrentar el gran reto socio ambiental del cambio climático.

REFERENCIAS

- ALATORRE FRENK, C. (9-13 de agosto de 2004). Inequidad social y transporte urbano: La saturación de un recurso de uso común. Obtenido de Décima conferencia bienal de la Asociación Internacional para el Estudio de la Propiedad Colectiva (IASCP): <http://hdl.handle.net/10535/120>.
- AYUNTAMIENTO DE XALAPA. (20 de enero de 2016). Reglamento de desarrollo urbano para el Municipio de Xalapa, Veracruz. Obtenido de: <https://ayuntamiento.xalapa.gob.mx/documents/39593/2115129/Reglamento+de+Desarrollo+Urbano+para+el+Municipio+de+Xalapa%2C+Veracruz.pdf/79ebcbca-90ba-7dc3-1d63-20a4cf1f314d>.
- BUAP. (10 de junio de 2019). Sistema de transporte universitario. Obtenido de Benemérita Universidad Autónoma de Puebla: <http://www.stu.buap.mx>.

- CAMINA. (2015). Camina Kit. Manual para intervención. Obtenido de Camina: http://camina.mx/manual/camina_kit.pdf.
- COsUSTENTAUV. (2013). Estacionamientos para bicicletas en espacios universitarios. Obtenido de Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad de la Universidad Veracruzana: <https://www.uv.mx/cosustenta/documentos-historicos/>.
- GIZ. (2014). Planes de movilidad urbana. Alcances nacionales y prácticas locales. Documento técnico #13 de transporte urbano sustentable. Obtenido de Corporación Alemana para la Cooperación Internacional: https://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/B_Technical-Documents/GIZ_SUTP_TD13_Urban-Mobility-Plans_EN.pdf.
- ILLICH, I. (1985). Energía y equidad, desempleo creador. México: Joaquín Mortiz / Planeta.
- IMCO. (2019). Índice de movilidad urbana. Barrios mejor conectados para ciudades más incluyentes. Obtenido de Instituto Mexicano para la Competitividad A.C.: <https://imco.org.mx/wp-content/uploads/20>.
- INECC. (18 de mayo de 2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>.
- INEGI. (2015). Principales resultados de la encuesta intercensal 2015. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825078966>.
- INIFED. (15 de octubre de 2013). Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Volumen 3. Habitabilidad y funcionamiento. Tomo II. Norma de accesibilidad. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/inifed/acciones-y-programas/normatividad-tecnica>.
- ITDP. (2011). Ciclociudades: Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas. Obtenido de Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo: <http://www.ciclociudades.mx>.
- _____. (2012). La importancia de la reducción del uso del automóvil en México. Obtenido de Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Importancia-de-reduccion-de-uso-del-auto.pdf>.

- _____. (2012). Planes integrales de movilidad, lineamientos para una movilidad urbana sustentable. Obtenido de Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Planes-integrales-de-movilidad-lineamientos.pdf>.
- _____. (2013). Hacia una estrategia nacional integral de movilidad urbana Sustentable. Obtenido de Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo: mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Movilidad-Urbana-Sustentable-MUS_.pdf.
- GOBIERNO DEL ESTADO PERUANO. (24 de abril de 2019). Ley Núm. 30936. Ley que promueve y regula el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible, Perú: Editora Perú. Obtenido de: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/294992-781-2019-mtc-01-02>.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ. (13 de abril de 2011). Ley Núm. 241 de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial y Vivienda para el Estado de Veracruz. Obtenido de: <http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/direcciones/direccion-general-de-desarrollo-urbano-y-ordenamiento-territorial/leyes-y-reglamentos-estatales/>.
- _____. (5 de junio de 2019). Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2024. Obtenido de: <http://www.veracruz.gob.mx/programadegobierno/plan-veracruzano-de-desarrollo-2019-2024/>.
- _____. (16 de junio de 2015). Reglamento de Tránsito y Seguridad Vial. Obtenido de: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Veracruz/wo103670.pdf>.
- NATCO. (2013). Urban Street Design Guide. New York, NY.: Island Press.
- OMS. (2013). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/es/.
- SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO. (28 de noviembre de 2016). Ley general de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano. Obtenido de Cámara de Diputados: http://www.diputados.gob.mx/Leyes-Biblio/pdf/LGAHOTDU_140519.pdf.
- _____. (2018). Manual de calles. Diseño vial para ciudades mexicanas. Obtenido de Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano: <http://mexico.itdp.org/noti->

cias/ya-puedes-descargar-el-manual-de-calles-diseno-vial-para-ciudades-mexicanas/.

SSP. (17 de agosto de 2015). Reglamento de Tránsito de la CDMX. Secretaría de Seguridad Pública. Distrito Federal, México: Gaceta Oficial del Distrito Federal. Obtenido de Secretaría de Seguridad Pública: http://www.ssp.df.gob.mx/reglamentodetransito/documentos/nuevo_reglamento_transito.pdf.

UANL. (30 de mayo de 2019). Movilidad. Obtenido de Universidad Autónoma de Nuevo León: <http://sds.uanl.mx/movilidad-sustentable/>.

UI GREEN METRIC. (2018). UI GreenMetric World University Ranking. Obtenido de UI Green Metric: <http://greenmetric.ui.ac.id/what-is-greenmetric/>.

UN. (2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>

UNAM. (06 de junio de 2019). Transporte. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: <https://www.unam.mx/transporte>

MODELO DE CAMPUS UNIVERSITARIO HACIA LA SUSTENTABILIDAD

ISIS CHANG RAMÍREZ¹

Para que las recomendaciones aquí planteadas puedan apuntar hacia un impacto con visión de largo plazo, uno de los aspectos más importantes será la formación de hábitos en los procesos de medición, acción, evaluación, retroalimentación y réplica.

Sin embargo, también es importante la formulación de políticas de sustentabilidad institucional, así como las normas y protocolos a seguir por parte de la comunidad universitaria, ya que el uso apropiado de los edificios será fundamental para lograr la transformación planteada en este texto. Es decir, no solo ajustes técnicos en las edificaciones, sino cambios sustantivos de comportamiento.

Aprovechando que los espacios universitarios tienen la oportunidad de alojar personas que se encuentran en una etapa formativa de su vida, es posible dar pauta para la visualización de una edificación educativa no solo como un espacio para necesidades específicas, que en este caso son trabajar o estudiar, sino como una herramienta que permita adoptar hábitos diarios, que generen aprendizajes hacia mejores estilos de vida. Y con esto, dimensionar la importancia de saber ocupar un edificio desde la conciencia de su huella de carbono y el papel de cada uno de nosotros como usuarios de una edificación para utilizarlo responsable y comprometidamente.

1. Universidad Veracruzana.

Si bien es importante la infraestructura, es necesario otorgar un lugar a la cultura y dar prioridad a aquella que promueve valores éticos y fomenta la construcción social del espacio, pues el cambio de comportamiento para una mejor cultura de sustentabilidad, es mucho más trascendental que cualquier inversión en infraestructura.

Colaborar en la formación de ciudadanos más conscientes y sensibles de su actuar sobre su entorno circundante a largo plazo, tendrá un resultado en la cultura y en la institucionalización de los valores y procesos que aquí se resaltan, logrando concretar un cambio generacional duradero.

Aunado a esto, valdría la pena aprovechar este texto para romper las parcelas disciplinarias y la separación de conocimientos, para dar oportunidad a la visualización de un campus universitario como un laboratorio urbano para la aplicación de ideas que ayuden a encontrar soluciones a temas complejos como la sustentabilidad. Una universidad para la experimentación de proyectos piloto como prácticas locales a pequeña escala, con una planificación integrada y participativa.

Además, es necesario hacer un frente común desde las instituciones de educación superior para enfrentar el gran reto socio ambiental del cambio climático, aprovechar las redes y consorcios entre diversas universidades para robustecer nuestra alineación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, y desde esta trinchera, promover políticas públicas para un consumo más racional y equitativo de los recursos y reducir la huella ecológica de los espacios universitarios.

Por último, para que las recomendaciones previamente planteadas puedan trascender, definitivamente necesitan estar en la agenda de las diferentes autoridades universitarias, pues para materializarse será necesaria una asignación presupuestal de la institución, por ello es fundamental introducir con eficacia y fuerza la sustentabilidad en edificaciones universitarias en los tomadores de decisiones.

Bioclimática

1. En las 5 regiones de la UV se recomienda enfriar los espacios de abril a octubre a través de una ventilación natural intensa y un uso moderado de aire acondicionado al medio día.
2. De noviembre a marzo en regiones como Coatzacoalcos, Minatitlán, Orizaba y Córdoba se recomienda enfriar en el día y calentar por la noche. Para calentamiento se aconseja ganancia solar moderada, así como la incorporación de masa térmica en la edificación para incrementar el amortiguamiento térmico.
3. De noviembre a marzo, en regiones como Xalapa, Orizaba y Córdoba se recomienda enfriar en el día y calentar por la noche. Para calentamiento se aconseja ganancia solar moderada, así como la incorporación de masa térmica en la edificación para incrementar el retraso térmico.
4. Durante la temporada fría en Xalapa, el objetivo de bioclimatización es calendar, para esto se recomiendan las estrategias de ganancia solar (directa o indirecta) durante el día e incorporación de masa térmica en la edificación para propiciar la emisión de infrarrojo durante la noche.
5. En las 5 regiones de la UV, la orientación óptima es N-S, con eje largo E-O. Considerar vanos frontales a los vientos dominantes. En todos los casos las habitaciones deben desarrollarse en una sola galería que facilite la ventilación cruzada. La configuración espacial a base de patios puede ser aceptable.
6. Uso y variabilidad espacial: En caso de contar con lugares de estancia, deben contar con dispositivos de sombreado.
7. En todos los casos se indican muros, pisos y cubiertas ligeros, éstas últimas con aislamiento y proveer a los espacios de algunos muros densos como elementos de inercia térmica. En techos, las cubiertas verdes a pesar de no ser ligeras son muy recomendables para todo tipo de clima.
 - a) Tamaño y disposición de vanos: tener la mayor área posible de vanos abiertos, entre 50 y 80% respecto del área de fachada.
 - b) Para Xalapa se sugiere área de vanos abiertos entre 30 y 50 por ciento. Estos deben disponerse a la altura de los ocupantes; provistos de dispositivos de sombreado como aleros, partesoles, pérgolas o similares; y lo más frontal posible a la dirección de los vientos dominantes. Se aconseja la menor área posible de vanos acristalados cerrados mientras reciban luz solar directa, excepto para Xalapa.
8. a) Tratamiento de fachadas: a) Se recomienda considerar fachadas lisas, sin pliegues y de color lo más claro posible (coeficiente de reflexión de 75% o superior); b) para casos como Xalapa, resulta favorable la incorporación de pliegues no mayores a 1 m de saliente, así como colores medios (coeficiente de reflexión entre 50 y 75%).
9. a) Se sugiere tener el menor contacto físico posible entre la base del edificio y el suelo (asentamiento), así como entre los muros y otros edificios colindantes (adosamiento).
b) Para climas como el de Xalapa si se recomienda asentamiento y adosamiento moderados.
10. Tratamiento de fachadas: a) Se recomienda considerar fachadas lisas, sin pliegues y de color lo más claro posible (coeficiente de reflexión de 75% o superior); b) para casos como Xalapa, resulta favorable la incorporación de pliegues no mayores a 1 m de saliente, así como colores medios (coeficiente de reflexión entre 50 y 75%).
11. Se recomienda la selección de materiales, sistemas, equipos y dispositivos de baja huella de carbono durante su ciclo de vida.
12. Se recomienda el uso apropiado de los edificios por parte de los habitantes.
13. Cuando la demanda de habitabilidad no pueda ser resuelta exclusivamente mediante medios pasivos y la utilización de sistemas de climatización artificial se haga obligatoria, deberá procurarse que éstos sean alimentados con energías limpias, cuya huella de carbono tienda a ser nula.



Fuente: elaboración propia con base en Gómez Azpettia (2019) e imagen aérea de Google Earth.

Agua

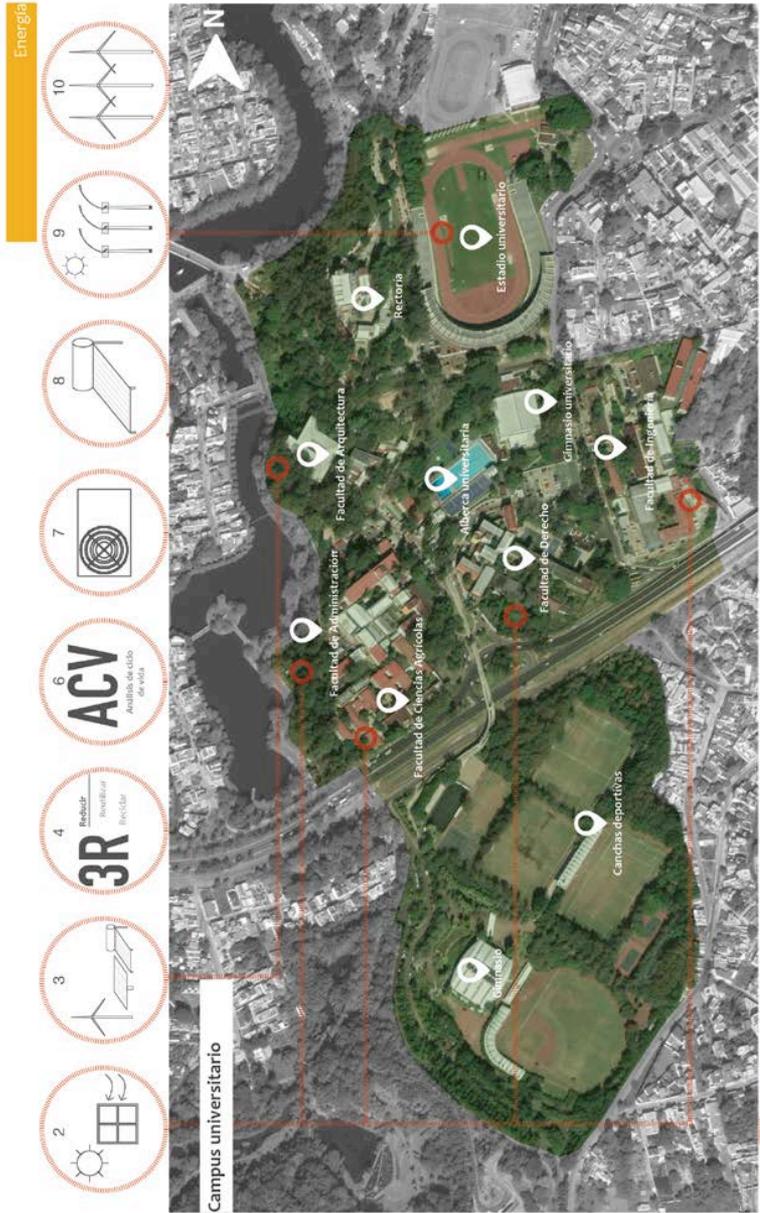
1. Se recomienda realizar un diagnóstico del uso del agua en la dependencia universitaria para determinar qué usos diferentes tiene el agua, así como la cantidad que se gasta en cada uno de ellos. Esto permitirá tomar decisiones sobre acopio, tratamiento, separación y reuso del agua.
2. Poner en marcha un programa de detección y corrección de fugas.
3. Disminuir el consumo y las descargas generadas: se pueden implementar medidas de ahorro como llaves de bajo caudal, con temporizadores o sensores de proximidad; llaves economizadoras para regaderas y tarjás; inodoros de bajo caudal, dispositivos ahorradores de agua y mingitorios secos.
4. En edificaciones nuevas, considerar la posibilidad de diseñar e implementar una instalación hidrosanitaria para separar aguas grises de aguas negras.
5. Procurar con el agua de primer uso: tratar, reusar y reciclar la que ya ha sido utilizada, por ejemplo, para recargar acuíferos.
6. Acopiar y aprovechar el agua de lluvia para riego, uso doméstico, lavado de superficies, etc., a través de un sistema cuyos techos faciliten el escurrimiento del agua y que incluya las etapas de filtración adecuadas. En este caso cribas para filtración de basura mayor a 1 cm, tratamiento de separación
7. Dirigir los excedentes de agua hacia áreas verdes y no al sistema de drenaje.
8. Desfavorecer el consumo de agua embotellada y proveer agua segura para el consumo humano, tales como bebederos o llaves de consumo directo diseñado de acuerdo a las características del agua que tiene la ciudad donde se implementa.
9. Instalar inodoros de bajo caudal (3,8 litros por descargas), mingitorios secos o el uso de agua tratada.
10. En el caso de construcciones pequeñas ubicadas en lugares donde no existe infraestructura de alcantarillado, drenaje, conducción, ni descarga de aguas residuales, se recomienda el uso de inodoros secos.
11. En el caso de construcciones medianas y grandes ubicadas en lugares donde no hay alcantarillado, se deberá implementar una planta de tratamiento de aguas residuales diseñada de acuerdo a las características de caudal, uso posterior, clima, espacio disponible y costos de mantenimiento.
12. Elaborar programas de capacitación continua.



Fuente: elaboración propia con base en imagen aérea de Google Earth.

Energía

1. Generar una Entidad de Auditoría Energética institucional que facilite y anticipe, en un momento dado, la certificación obligatoria. Mismo debe incluir planes, programas y políticas que evalúen el rendimiento de un edificio y sus sistemas de servicio de energía.
2. Incluir estrategias de diseño para asegurar la reducción de cargas térmicas de alta demanda, tales como envolventes de alto rendimiento, sistemas de barrera de aire, iluminación natural y control solar; junto con una selección de las ventanas y su acristalamiento, calefacción solar pasiva, ventilación natural y la conservación de agua.
3. Utilizar las tecnologías tales como la energía fotovoltaica, la calefacción solar del agua y turbinas de viento.
4. Procurar la reducción del consumo energético buscando mejoras pasivas en el diseño integrado, aumentar el uso de tecnologías de mayor eficiencia y la posible utilización de energías renovables o fuentes más limpias.
5. Utilizar herramientas de simulación energética para la evaluación de los consumos de energía.
6. Realizar análisis del ciclo de vida (ACV) para cuantificar los impactos sobre las diferentes fuentes ambientales, más allá de los límites de la construcción o fabricación y valorar cada uno de los efectos ambientales generados a lo largo de la vida del producto.
7. Utilizar sistemas de alta eficiencia energética tales como: bombas de calor con tecnología inverter, microturbinas de gas y motores de combustión interna, chillers de absorción y/o adsorción con bombas de velocidad variable, calefacción por piso radiante, iluminación con ledes.
8. Aprovechar el uso de tecnología solar térmica para uso sanitario en las regaderas de los gimnasios, zonas deportivas y clínicas (captadores solares térmicos planos o tubos al vacío).
9. Utilizar sistemas de energía solar (tipo isla, interconectados a la red eléctrica, sistemas fotovoltaicos híbridos) como una opción para el calentamiento de albercas, alumbrado público o bombeo fotovoltaico.
10. Si el edificio se encuentra en zona costera, considerar el uso de sistemas sísmicos como posibilidad para alumbrado, bombeo o interconexión a la red.
11. Considerar el uso de bionenergía: biogás derivado de las aguas residuales, biogás de los residuos orgánicos, gasificación de residuos maderables, pirólisis de plásticos y biodiésel derivado de los aceites.

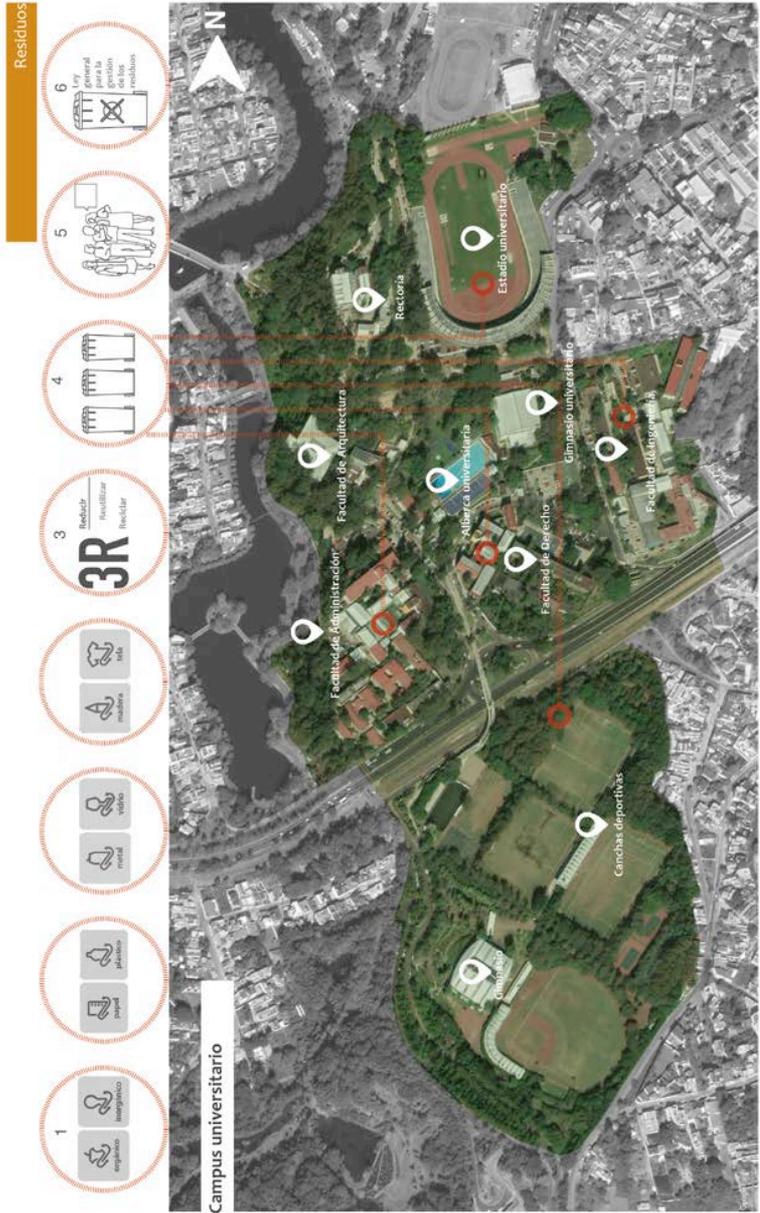


Bioenergía
11

Fuente: elaboración propia con base en imagen aérea de Google Earth.

Residuos

1. Implementar un sistema de separación de residuos sólidos y considerar el uso de la iconografía de separación realizada por Semarnat.
2. Durante un proceso de construcción, los residuos tales como trapos industriales, estopas, cubetas, solventes, alambrones, cemento, tubería, cableado, residuos de pintura, etc., se deberán almacenar de manera temporal en los sitios especificados en el proyecto. Y deberán
3. Durante el uso y mantenimiento de la edificación, se recomienda buscar la reducción de la generación de residuos.
4. Se sugiere la instalación de la infraestructura adecuada para el almacenamiento segregado de los diferentes tipos de residuos generados; así como la implementación de un plan de manejo basado en un diagnóstico inicial de la generación, tipo de residuo y disposición de los mismos.
5. Se recomienda fortalecer estas medidas con un programa integral de educación ambiental, desde un grupo multidisciplinario, que incluya la concientización en esta materia, la correcta clasificación de los residuos de acuerdo a sus características y la difusión del plan de manejo a toda la comunidad universitaria.
6. Si hay presencia de residuos peligrosos, se deberán manejar según lo estipulado en la Ley General para la Gestión Integral de los Residuos: separar, envasar, etiquetar y registrar los residuos generados.



Fuente: elaboración propia con base en imagen aérea de Google Earth.

Accesibilidad universal

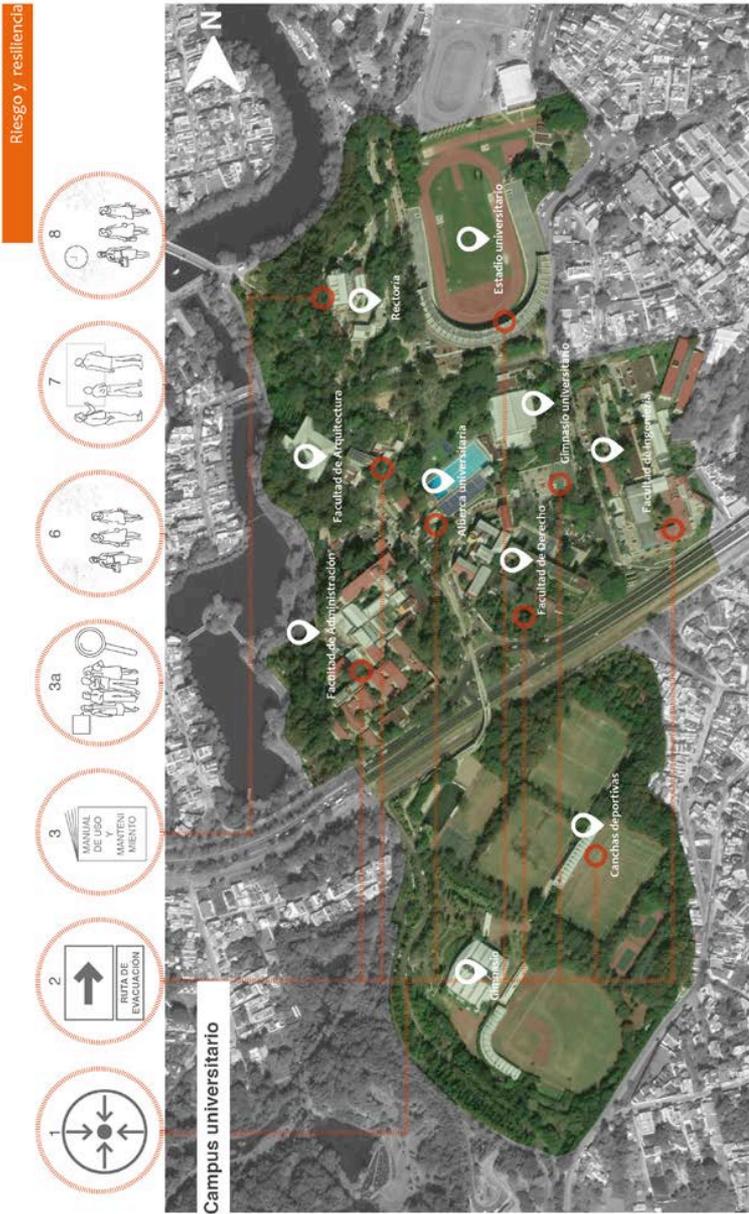
1. Realizar un estudio físico del campus para medir el grado de accesibilidad del espacio físico, identificando la actividad de los usuarios y el uso de las instalaciones.
2. Crear una ruta de usos diaria para estudiar los accesos al campus, las circulaciones y rutas: senderos de conexión con las aulas, oficinas, sanitarios, biblioteca, cafetería, auditorio, etc.
3. Las rutas de circulación peatonal deberán contar con una capa de pavimento de superficie uniforme y antiderrapante, con un ancho mínimo de 1,20 m libres.
4. Retirar los obstáculos presentes en los andadores y pasillos, tales como postes de luz, botes de basura o vegetación.
5. Promover la presencia de rampas y/o el mejoramiento de rampas de acceso a las edificaciones, de tal manera que tengan los ángulos y pendientes que aseguren el acceso cómodo en silla de ruedas.
6. Proponer soluciones en escaleras.
7. Promover la presencia de señalamientos para débiles visuales.
8. Adecuar los baños de manera accesible para que una persona con discapacidad pueda usarlos con toda comodidad: área de lavado de manos y acceso al sanitario con espacio suficiente de maniobra.
9. Considerar la posibilidad de ampliación de banquetas en donde sea posible.
10. En los cruces peatonales de acceso al campus, incorporar semáforos inteligentes y cruces seguros.
11. Realizar pruebas de urbanismo táctico para evaluar el funcionamiento tentativo de las propuestas de diseño.
12. Proponer bahías de ascenso y descenso para los estudiantes que llegan en autobús.
13. Asegurarse que el mobiliario urbano esté construido con medidas de accesibilidad: bebederos, alcantarillas, bancas, etc.
14. El ancho de las puertas de acceso deben medir no menos de 0.80 m libres.



Fuente: elaboración propia con base en imagen aérea de Google Earth.

Riesgo y resiliencia

1. Incorporar criterios de prevención de riesgos, tales como: la ubicación de puntos de resguardo, seguridad y mitigación de interiores y exteriores del inmueble, atendiendo la reglamentación de Protección Civil y accesibilidad universal correspondiente.
2. Realizar un estudio y análisis de rutas de evacuación tanto del inmueble como de otros edificios e infraestructuras colindantes, tomando acuerdos en común para la ubicación de salidas de emergencia eficientes.
- 3 y 3a. Redactar un documento oficial a la entrega del inmueble, con el Manual de uso y mantenimiento de las instalaciones y un Plan de respuesta a emergencias, realizando un diagnóstico participativo.
4. Considerar que los espacios universitarios no solo deben ser seguros desde la estructura, los materiales y los sistemas constructivos, sino que deben responder también al aspecto intangible de percepción de la seguridad ciudadana
5. Los espacios universitarios deben garantizar que sus habitantes se sientan seguros y libres de amenazas que pongan en riesgo su salud integral.
6. Diseñar una estrategia institucional local para atender integralmente el problema de la inseguridad tomando en cuenta la vulnerabilidad a la que se enfrentan, en especial, las mujeres de la comunidad universitaria.
7. Capacitar a la población universitaria en protocolos para atender asertivamente cualquier evento que vulnere la seguridad en el campí ante peligros ocasionados por fenómenos naturales, accidentes laborales, presencia de fauna o inseguridad social.
8. Establecer estrategias institucionales para evitar actividades en horarios que pongan en riesgo la seguridad de la comunidad universitaria.
9. Establecer una estrategia interinstitucional para atender integralmente la problemática de la inseguridad ciudadana en el campí mediante un monitoreo permanente que analice las condiciones de inseguridad que se vive en los entornos inmediatos.
10. Seguir las recomendaciones del manual de uso y mantenimiento realizando reuniones permanentes del Comité de emergencias.

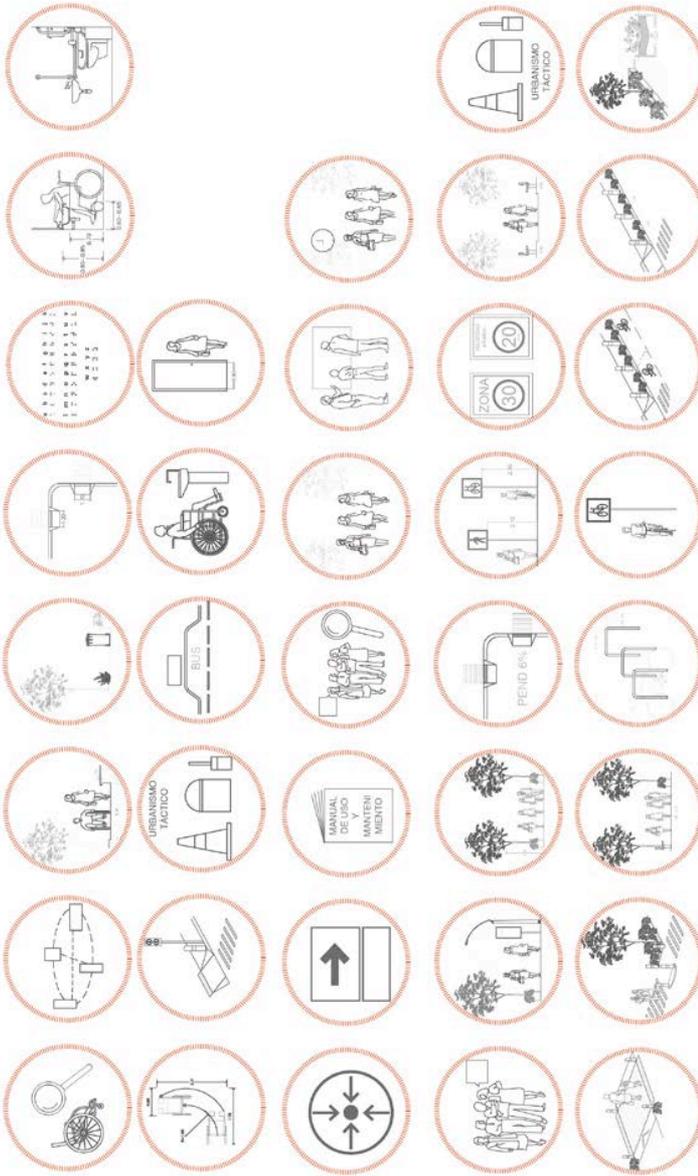


Fuente: elaboración propia con base en imagen aérea de Google Earth.

Movilidad urbana

1. Codiseñar un programa de movilidad urbana sustentable para el campus, desde una metodología de diseño participativo y a través de un colectivo conformado por distintos actores universitarios.
2. Incluir la planeación de acciones de movilidad urbana sustentable para los campus universitarios en las asignaciones presupuestales de la universidad.
3. Adoptar medidas para garantizar el uso del campus universitario de manera legible, tales como iluminación preferente a la movilidad activa, sistemas de navegación dentro del campus (wayfinding) y sistemas de señalamientos horizontales y verticales que garanticen que cualquier persona, particularmente mujeres, pueda hacer uso del campus en plenitud de condiciones.
4. En espacios exteriores de alta circulación peatonal, procurar la incorporación de elementos de sombra a través de arbolado urbano, o bien, la colocación de algunas techumbres que permitan el resguardo en temporadas de lluvia, con una altura libre de 3.00 m.
5. Incorporar criterios de accesibilidad universal en las áreas peatonales universitarias. Por ejemplo, la construcción de rampas en cada acceso principal a un edificio universitario con pendiente máxima del 6% y, en espacios exteriores, en cada inicio y final de banqueta, pavimento podotáctil de advertencia
6. Incorporar señalamiento vertical y horizontal que dé prioridad a peatones y ciclistas, con una altura libre de 2.10 m en banquetas y 2.30 m en ciclovas y ciclocarriles.
7. Implementar mecanismos de seguridad vial universitaria tales como el cumplimiento del límite de velocidad para zonas escolares de 20 km/h, o bien, establecer zonas 30 en las áreas donde sea posible.
8. Promover áreas peatonales de calidad dentro del campus, a través de la incorporación de una franja de mobiliario urbano y vegetación, ubicada a un costado de la banqueta, con un ancho entre 0.60 – 0.80 m.
9. En el caso de implementar algún mecanismo de prioridad peatonal que implique ajustes en la infraestructura vial, se sugiere considerar la aplicación de un urbanismo táctico.
10. Implementar mecanismos de prioridad peatonal tales como: cruces o pasos peatonales a nivel de calle, lisas de seguridad peatonal en avenidas con más de 4 carriles, reductores de velocidad y uno por uno (1 x 1) en intersecciones con prioridad al peatón.
11. El ancho destinado a la movilidad peatonal en banquetas sugerido para una óptima circulación en espacios universitarios es de 1.80 m para un flujo peatonal bajo y 3.20 m para un flujo peatonal alto.
12. Promover la instalación de bicicletacionamientos en cada edificación o núcleo de edificaciones que conforman los distintos campus.
13. Considerar la implementación de sistemas de bicicleta pública universitaria, o sistemas de renta de bicicletas.
14. En caso de implementar infraestructura para la bicicleta en el campus, se recomienda dar preferencia a los ciclocarriles con un ancho mínimo de 1.50m delimitado por señales horizontales.
15. En caso de colocar bolardos para evitar invasión de automóviles al espacio peatonal y proteger al peatón, su colocación no será a una distancia mayor de 2.00m.
16. En estacionamientos universitarios, promover la presencia de jardineras, jardines infiltrantes o franjas permeables que permitan la infiltración de agua de lluvia.







Siendo rector de la Universidad Veracruzana el doctor Martín Gerardo Aguilar Sánchez, *SUSTENTABILIDAD EN ESPACIOS UNIVERSITARIOS*, coordinado por Isis Chang Ramírez, se editó en diciembre de 2022. La corrección de estilo estuvo al cuidado de Esmeralda Hernández Cortés. La maquetación fue realizada por Aída Pozos Villanueva.

Ante la limitada incorporación de una perspectiva de sustentabilidad durante el diseño, construcción y uso de espacios universitarios, así como el papel que estos desempeñan de cara al cambio climático, este texto propone recomendaciones de sustentabilidad desde una visión en la que se invita a imaginar, visualizar y revalorar los campus como herramientas para el fomento de formas de vida sustentables.

Su contenido es una recopilación de diversas experiencias de especialistas en distintas disciplinas, quienes han considerado a través de sus recomendaciones, los aspectos fundamentales a incorporar en los campus.

Una invitación al aprendizaje colectivo, una reflexión profunda acerca de la importancia y urgente necesidad de un enfoque sistémico en la formación universitaria, que fortalezca el quehacer universitario y su capacidad resolutive ante las realidades globales, a través de cambios que contribuyan a la formación de ciudadanos conscientes, capaces de transformar el devenir del planeta, desde el diseño de espacios universitarios sustentables.