



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Maestría en Arquitectura

Modelo de evaluación para la sostenibilidad de los edificios altos de
vivienda en Mérida, Yucatán.

Tesis presentada por:

Ignacio Antonio Peralta Muñoz.

Becario CONACYT No. 293456

En opción al grado de Maestro en Arquitectura

Mérida, Yucatán, México.

2015

Tutor de la tesis:

Dr. Manuel Arturo Román Kalisch

Asesores:

Dr. Miguel Arzate Pérez.

Dra. Yolanda Fernández Martínez.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a quienes, con sus diferentes aportaciones, contribuyeron a materializar este proyecto.

Sin la ayuda de todas las personas especiales en mi vida, este camino hubiera sido muy arduo y pesado, contra lo enriquecedor e iluminador que terminó siendo.

Gracias.

RESUMEN

Las soluciones tecnológicas de los edificios altos de vivienda del norte de la ciudad de Mérida, Yucatán, presentan diversos grados de sostenibilidad que impactan en el medio ambiente natural y artificial, por lo que son necesarias herramientas confiables que las evalúen.

Para ello, en esta tesis se presenta una metodología de evaluación hecha a un caso de estudio, las Country Towers, conjunto de tres torres de departamentos de lujo localizados al nororiente de la ciudad de Mérida, Yucatán. Cada torre constar de 30 niveles y 85 departamentos para un estimado de 515 personas, una población total aproximada de 1 545 personas en un área en planta de treinta mil metros cuadrados, es decir, con una densidad media de 515 hab/Ha.

La selección del proyecto se debió a que es el edificio con mayor altura en la ciudad de Mérida, que cuenta con una capacidad de habitantes mayor que las de los demás proyectos de la zona y a que se localiza en una zona dentro de la ciudad, no en las afueras, lo que permite estimar la interacción con la urbe, al no estar separado de ella por la delimitación virtual que del Anillo Periférico.

Para determinar el grado de sostenibilidad de las Country Towers, se siguió la metodología ARTEBES, la cual se base en el análisis de cuatro escenarios ideales en los que se sitúa el objeto de estudio: Espacial, Tecnológico, Bioclimático y Ecológico. Con el desarrollo de parámetros de esos cuatro escenarios en los que se considera la normatividad y las soluciones técnicas, se concluyen las fortalezas y áreas de mejora del proyecto.

El seguimiento de la normativa fue un punto fuerte en el transcurso del análisis, así como su consumo energético y el aprovechamiento del agua, dado que el proyecto funciona energéticamente a base de los servicios de hidrocarburos de la red eléctrica federal y del consumo de agua de la infraestructura local, y cede sus desperdicios a la ciudad para que se dispongan adecuadamente, contribuyendo a generar un impacto en los servicios que Mérida ofrece.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
El objeto de estudio y su problemática	1
Hipótesis	3
Hipótesis general.	3
Hipótesis particulares.....	3
Objetivos.....	3
Objetivo general.	3
Objetivos específicos.	4
Justificación del tema	4
Delimitación del tema	5
Método de trabajo.....	7
CAPÍTULO 1. EDIFICIOS ALTOS.....	9
El impacto ambiental	9
Fundamento.....	17
Antecedentes históricos.....	19
Primer período: lo funcional.	19
Segundo período: lo estilístico.	20
Tercer período: lo moderno.....	21
Cuarto período: lo contemporáneo.....	23
La verticalización en Mérida	24
Situación urbana de Mérida	24
Edificios altos en Mérida	26
Conclusiones particulares.....	30

CAPÍTULO 2. LA SOSTENIBILIDAD EN LOS EDIFICIOS ALTOS.....	32
La sostenibilidad	32
El desarrollo sostenible.....	36
El edificio alto.....	41
El diseño sostenible.....	51
Conclusiones particulares.....	58
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DEL EDIFICIO SOSTENIBLE	60
La evaluación.....	60
La metodología ARTEBES	64
Conclusiones particulares.....	70
CAPÍTULO 4. CASO DE ESTUDIO: COUNTRY TOWERS	74
El proyecto hacia adentro	74
El proyecto hacia afuera	82
La metodología ARTEBES aplicada al caso de estudio.	91
Análisis espacial.....	92
Análisis tecnológico.....	100
Análisis bioclimático	111
Análisis ecológico.....	117
Resultados.....	123
Conclusiones particulares.....	128
CONCLUSIÓN FINAL	131
Referencias	136

INTRODUCCIÓN

El objeto de estudio y su problemática

En la actualidad, los aspectos de respeto al medio natural representan una prioridad social para el mundo. El uso racional de los recursos naturales entra en juego en todos los sectores productivos, dado que el uso indiscriminado de los hidrocarburos como fuente principal de energía, sin considerar sistemas alternativos y verdes puede llevar su a escasez, lo que repercutirá adversamente en la economía de la población y, en consecuencia, en su modo de vivir.

En cuanto a la preservación del entorno natural, enfrentamos cambios ambientales debido a que no se toma en cuenta el equilibrio frágil de la naturaleza cuando se proyectan conjuntos arquitectónicos. Por ejemplo, se estima que en México se pierden alrededor de 314 mil hectáreas de bosque al año (INECC, 2010), además de que existen valoraciones que elevan esa cifra a casi dos millones de hectáreas al año (Céspedes-Flores & Moreno-Sánchez, 2010); la consecuencia es que, combinadas con las pérdidas en todo el mundo, se generan más gases de efecto invernadero (GEI) y hay consecuencias de calentamiento global que repercuten climáticamente en todo el planeta, ayudadas por el alto consumo de hidrocarburos. La situación es detonada por el estilo de vida rápido, globalizado e intercomunicado demandante de soluciones rápidas en todos los campos, importando y exportando materiales físicos para manufacturar o construir, así como ideologías y formas nuevas de vivir, como es el caso de la vivienda.

La presencia de torres de departamentos en la ciudad de Mérida como una opción más de vivienda, representa una situación nueva que implica estructuras nunca vistas en la zona y que pueden significar posibilidades de construcción que miren a lo sostenible para minimizar los impactos negativos que puedan tener sobre nuestro medio natural, recursos económicos y estilos de vida.

La problemática, en relación al tema, es tener herramientas adecuadas y confiables que evalúen la sostenibilidad de tales construcciones, de forma que puedan servir de guía para proveer de vivienda que facilite y aliente las prácticas sostenibles de construcción y habitabilidad de esos espacios, al ser una aglomeración de gente con necesidades de recursos energéticos que, si no se abastecen eficientemente, pueden representar un gasto económico y de recursos injustificado; y que su figura en la ciudad pueda llegar a constituir una presencia que repercuta en daño ecológico.

Ese impacto que generen los edificios altos de vivienda en lo social, económico y ambiental, incluso físico, difícilmente quedarán circunscritos a los límites de sus terrenos, sino que se irradiarán en diferentes medidas en varios aspectos en la comunidad: desde la perspectiva visual que se tenga de ellos hasta los cambios en las vialidades para conectarlos o las fuentes de empleo que puedan generar, cambios que la sociedad en general deberá tener en cuenta para consolidarlos si los considera benéficos o para oponerse a ellos si son en su perjuicio.

Ante la falta de exponentes en Mérida de edificios altos de vivienda, hasta hace unos pocos años, no se cuenta con instrumentos específicos de evaluación de sostenibilidad aplicados localmente; sin embargo, desde el inicio del siglo XXI, estas formas arquitectónicas han empezado a hacer acto de presencia en el horizonte meridano, por lo que se vuelve pertinente del desarrollo de metodologías de evaluación orientadas a su carácter sostenible.

Por lo tanto, las preguntas que plantea la situación descrita, involucran a una parte del fenómeno de la verticalización que se está dando en la ciudad de Mérida, Yucatán, en el principio del siglo XXI, en una su zona norte, con un enfoque en el edificio de vivienda, tomando a las torres de departamentos como el objeto de estudio, desde el punto de vista del eje del entorno natural de la sostenibilidad, pero sin dejar de lado los ejes económico y social que lo acompañan, para responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el grado de sostenibilidad que presentan los edificios altos de vivienda?
- ¿Cómo afectan los edificios altos de vivienda al entorno natural inmediato en cuestión de calidad de vida?
- ¿Cuáles son los modelos de evaluación que pudieran ser utilizados para evaluar los proyectos de los edificios altos de vivienda o los edificios altos de vivienda ya construidos?

Hipótesis

Hipótesis general.

- La utilización y aplicación de modelos de evaluación para los nuevos proyectos de edificios altos de vivienda sostenibles por arquitectos y urbanistas, permitirá proveer a la ciudad de Mérida de vivienda que aliente las prácticas sostenibles de construcción y disminuya el impacto ecológico causado en el Estado de Yucatán.

Hipótesis particulares.

- La adecuación de modelos de evaluación a la realidad de los edificios altos de vivienda de Mérida, Yucatán, permitirá el desarrollo de propuestas de mejora en el aspecto de sostenibilidad de tales edificaciones.
- Con la aplicación de los modelos de sostenibilidad a los edificios altos de vivienda se podrá caracterizar el grado de sostenibilidad de ellos.

Objetivos

Objetivo general.

Establecer el grado de sostenibilidad, en el aspecto tecnológico, de los edificios altos de vivienda, así como el impacto que causan en la infraestructura y en el entorno natural inmediato, por medio de análisis basado en parámetros de sostenibilidad.

Objetivos específicos.

- Analizar el diseño sostenible en los edificios altos.
- Adecuar una metodología de evaluación de sostenibilidad al caso de la ciudad de Mérida, Yucatán.
- Clasificar indicadores generales para evaluar un edificio alto sostenible.

Justificación del tema

La investigación de los aspectos de sostenibilidad en la tecnología constructiva o de las estructuras e instalaciones de los edificios altos de vivienda de Mérida, Yucatán le es relevante a la sociedad en cuanto a que el medio físico que comparten está siendo alterado por la presencia de dichos edificios, tanto en su etapa de construcción como una vez puestos en funcionamiento. Interesa saber cómo es ese impacto, en qué grado se presentará y qué representará directa e indirectamente para la calidad ambiental natural y artificial en la zona de incidencia.

En lo arquitectónico, la investigación se torna relevante por el hecho de que esas construcciones son una propuesta nueva de edificación en Mérida, con estructuras y métodos constructivos acordes que difieren de lo que se hace cotidianamente, además de que presentan una fisonomía y escala distintas del entorno de viviendas.

Hacer la investigación desde la perspectiva de la sostenibilidad también ofrece nuevos panoramas para el abordaje de los problemas de la puesta en marcha de las soluciones de habitabilidad en este tipo de edificios, que permitirá empezar a establecer criterios para calificar las interacciones energéticas, en primera instancia, de las torres y edificios similares con nuestro medio. El tema de la sostenibilidad se debe contemplar en cada proyecto arquitectónico, así como la capacidad de vida que tiene el planeta, la cual debe servir de base para que el ser humano conviva con la naturaleza de forma respetuosa, y una forma de evaluarlo abre la posibilidad de empezar a generar conocimiento que se vaya acumulando para diseñar mejores proyectos integrados sus lugares.

Particularmente, es un trabajo que me parece pertinente llevar a cabo por el interés que tengo en desarrollarme en el campo profesional de la investigación de cómo se vincula la arquitectura con las ecotecnologías y el aprovechamiento sostenible de los recursos, en mecanismos de evaluación y certificación que me permitan hacer propuestas que se integren al entorno de manera óptima y amigable, que permitan un uso cómodo de los espacios, al tiempo que causen el menor impacto posible en sus alrededores.

Delimitación del tema

La investigación se centrará en el norte de la ciudad de Mérida, donde se están desarrollando la mayoría de los conjuntos de edificios altos de vivienda. La temporalidad abarcará los primeros catorce años del siglo XXI, cuando fueron desarrollados y edificados esos proyectos.

El objeto particular de estudio serán los edificios altos de vivienda, los cuales plantean soluciones muy específicas en su diseño arquitectónico y tecnológico. Se evaluarán esas características con criterios seleccionados de sostenibilidad reconocidos, en especial a la metodología conocida como ARTEBES, que se presentará detalladamente más adelante, la cual enfatiza el aspecto de la relación con el medio natural y con la ciudad a la que pertenecen, en conjunto.

Debido al hecho de que un edificio no es un ente aislado, sino que forma parte de la trama compleja que es la ciudad, es pertinente analizar lo que estas nuevas formas de vivienda representarán para ella, siendo el enfoque utilizado el del eje del entorno natural del desarrollo sostenible. Involucrar los otros dos ejes (el económico y el social), sin duda arrojaría un documento integrador, pero demandaría más tiempo y recursos de los disponibles. Sin embargo, no significa que esos ejes no serán considerados, puesto que un desarrollo que se llame *sostenible*, no puede ser juzgado desde uno solo de sus ejes. Los otros dos necesariamente serán abordados a través de la metodología de evaluación.

El caso estudio seleccionado son las Country Towers, el cual es un conjunto de tres torres de departamentos de lujo localizados al nororiente de la ciudad de Mérida, Yucatán.

Cada torre constará de treinta pisos y ochenta y cinco departamentos para un estimado de quinientas quince personas, lo que significa una población total aproximada de mil quinientas cuarenta y cinco personas en un área en planta de treinta mil metros cuadrados; como referencia, la zona metropolitana de Mérida tiene 4.5 habitantes por hectárea (hab/Ha) (Iracheta & Bolio Osés, 2012), mientras que las Country Towers, presentan una densidad de 515 hab/Ha.

La selección de este proyecto se debió a que:

- a) Es el edificio con mayor altura en la ciudad de Mérida, lo que demandará sistemas mayores de funcionamiento que los demás de su tipo. Los otros exponentes mayores son San Angelo 08, dos torres de trece niveles y cincuenta metros cada una; y la Torre Onze, de once niveles y cuarenta y dos metros de altura.
- b) Tiene una capacidad de habitantes mayor que las de los demás proyectos de la zona. San Angelo 08, con un estimado de 450 residentes, y Torre Onze, con 162.
- c) Se localiza en una zona dentro de la ciudad, no está en las afueras, lo que permite estimar la interacción con la urbe, al no estar separado de ella por la delimitación virtual que supone el Anillo Periférico (Grupo Desur, 2014) (Inmobilia Operadora, 2015) (Desarrolladora Habitación S.A., 2014).



Figura 1. Localización en Mérida de la Torre Onze, San Angelo 08 y las Country Towers (Grupo Desur, San Angelo 08 y Grupo Inmobilia). (Obtenida el 12 sep. 2014).

Método de trabajo

La recopilación de la información se efectuó en bibliografía y hemerografía especializadas, así como en revistas especializadas, periódicos y documentos electrónicos de fuentes confiables, para la construcción del aparato crítico que dará soporte al contenido de la tesis.

El trabajo de campo se basó en visitas a los sitios donde se localizan los objetos de estudio, toma de fotografías; también se realizaron entrevistas a proyectistas y constructores de los edificios altos de vivienda, así como a las autoridades respectivas.

Por último, se obtuvo información de la asistencia a foros y congresos con temática de vivienda y/o sostenibilidad, como actividad complementaria que aportó información relevante y actual sobre el tema de estudio.

Para realizar la investigación se diseñaron herramientas sobre las que se apoye, como pueden ser un catálogo de edificios altos en la ciudad de Mérida, para caracterizarlos según su uso y determinar la muestra poblacional correspondiente a vivienda, pertinente a investigar, mapas o planos de ubicación de los edificios altos de vivienda para territorializar el problema, fichas bibliográficas para catalogación de fuentes de información, catálogo fotográfico, como registro de las actividades de visitas a obra, diseño de entrevistas, matrices u hojas comparativas de las características encontradas en los edificios altos de vivienda, para confrontarlas con los parámetros de instituciones reconocidas en materia de sostenibilidad.

Se trabajó utilizando la metodología ARTEBES, que se basa en el análisis de parámetros que, cuando se relacionan, evalúan el comportamiento de un proyecto en términos de sostenibilidad, desarrollándose esta forma de evaluación aplicada al objeto de estudio en el capítulo 3.

CAPÍTULO 1. EDIFICIOS ALTOS

En este capítulo se abordan los antecedentes del objeto de estudio, primeramente discutiendo acerca del concepto del impacto ambiental y sus diferentes definiciones, para luego entrar en materia de los inicios históricos y la evolución del edificio alto, de forma general hasta que entran en escena en la ciudad de Mérida; estos temas quedarán plenamente vinculados el capítulo 3, concerniente a la evaluación. De la revisión historiográfica e identificaron cuatro períodos en el edificio alto, de los que se mencionan sus características y sus representantes más icónicos.

Luego se tiene la discusión del fenómeno de la verticalización, localizándolo en Mérida, para establecer un contexto de espacio y tiempo que servirá de escenario para el desarrollo del documento.

El impacto ambiental

El impacto ambiental y urbano que generen los edificios altos de vivienda es una interrogante alrededor de la cual gira el problema de investigación, dado que un producto arquitectónico, al estar enclavado en un terreno físico, invariablemente producirá un impacto en su ambiente. El concepto de impacto ambiental ha sido discutido por autores, coincidiendo en ciertos puntos.

Se ha tenido en cuenta que las obras públicas como la construcción de una carretera o un edificio, un pantano o un puerto deportivo, las ciudades, las industrias, una zona de recreo para pasear por el campo o hacer escalada, una granja o un campo de cultivo tiene un impacto sobre el medio (Echarri, 1998) y que es la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio ambiente, causada por cualquier forma de materia o energía resultante de las actividades humanas (García Parra, 2008). También está la concepción de que es la alteración que se produce en el ambiente cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad.

Por su parte, Wathern en Díaz Coutiño, establece que es todo cambio en un parámetro ambiental, en un determinado periodo y en una determinada área, que resulta de una actividad dada, comparado con la situación que ocurriría si esa actividad no hubiera sido iniciada (Díaz Coutiño, 2011).

Entonces, se concluye que el impacto ambiental es una variación en las condiciones iniciales de un entorno ambiental dado, por alguna acción humana, como la incorporación a él de los edificios altos de vivienda. Dicha alteración no siempre es negativa. Puede ser favorable o desfavorable para el medio, dependiendo de cómo sea la integración del elemento estudiado al ambiente.

Por ello, y para el estudio de los impactos ambientales hay que tener en cuenta que presenta características particulares, las cuales son su signo, que puede ser positivo cuando sirve para mejorar el medio ambiente o si negativo si degrada la zona; su intensidad según si destrucción del ambiente es total, alta, media o baja; también está su extensión, dependiendo de si afecta a un lugar muy concreto y se llama puntual, o a una zona algo mayor – parcial –, o a una gran parte del medio – impacto extremo – o a todo – total –. Hay impactos de ubicación crítica, como un vertido en un río poco antes de una toma de agua para consumo humano: se trata de un impacto puntual, pero en un lugar crítico (Echarri, 1998).

Otra característica importante es el momento en que se manifiesta y se distingue el impacto latente, que se manifiesta al cabo del tiempo, como la contaminación de un suelo como consecuencia de que se vayan acumulando pesticidas u otros productos químicos, poco a poco, en ese lugar; otros impactos son inmediatos o a corto plazo y algunos son críticos como puede ser ruido por la noche, cerca de un hospital. De la persistencia se dice que es fugaz si dura menos de un año, que es temporal si dura de uno a tres años, que es pertinaz si dura de cuatro a diez años; si es para siempre, se lo cataloga como permanente. De ello surge el concepto de recuperación, según tenga la complejidad en su reparación, se tienen los grados irrecuperables, reversibles, mitigables, recuperables, etc.

En ocasiones, la alteración final causada por un conjunto de impactos es mayor que la suma de todos los individuales y se habla de un efecto sinérgico. Por ejemplo dos carreteras de montaña, pueden tener cada una su impacto, pero si luego se hace un tercer tramo que, aunque corto, las una y sirva para enlazar dos zonas antes alejadas, el efecto conjunto puede ser que aumente mucho el tráfico por el conjunto de las tres; esto se conoce como suma de efectos. Finalmente, la periodicidad distingue si el impacto es continuo, como una cantera; discontinuo como una industria que ocasionalmente desprende sustancias contaminantes; o periódico como incendios forestales (Echarri, 1998).

Cuando se aborda un elemento arquitectónico, y para relacionarlo con los edificios altos de vivienda, los autores hacen referencia consistentemente a un concepto indicador del impacto que genera, la huella ecológica, definiéndola como el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesaria para generar los recursos usados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico indefinidamente, donde sea que se encuentre (Wackernagel & Rees, 2001), por lo tanto, su valor clarificador y su potencial didáctico, hacen de la huella ecológica una referencia clave para lo relacionado a la sostenibilidad (Busquets Rubió & Carrera Gallissa, 2014).

La filosofía de la huella ecológica tiene en cuenta que para producir cualquier producto o realizar cualquier actividad, independientemente del tipo de tecnología utilizada, se necesita un flujo de materiales y energía, producidos en última instancia por sistemas ecológicos, se necesita sistemas ecológicos para reabsorber los residuos generados durante el proceso de producción y el uso de los productos finales.

Se ocupa espacio con infraestructuras, viviendas equipamientos, etc. reduciendo así las superficie de ecosistemas productivos y se basa en la estimación de la superficie necesaria para satisfacer los consumos asociados a la alimentación, a los productos forestales, al gasto energético y a la ocupación directa del terreno.

Una vez estimado el valor de la huella ecológica, se calculan las superficies reales de cada tipología de terreno productivo (cultivos, pastos, bosques, mar y terreno urbanizado) disponibles en el ámbito de estudio. La suma de todos ellos es la capacidad de carga local y está expresada en hectáreas por habitante.

La comparación entre los valores de la huella ecológica y la capacidad de carga local permite conocer el nivel de autosuficiencia del ámbito de estudio: si el valor de la huella ecológica está por encima de la capacidad de carga local, la región presenta un déficit ecológico. Si, por el contrario, la capacidad de carga es igual o mayor a la huella ecológica, la región es autosuficiente. Por tanto, el déficit ecológico nos indica que el objeto de estudio no es autosuficiente, ya que consume más recursos de los que dispone.

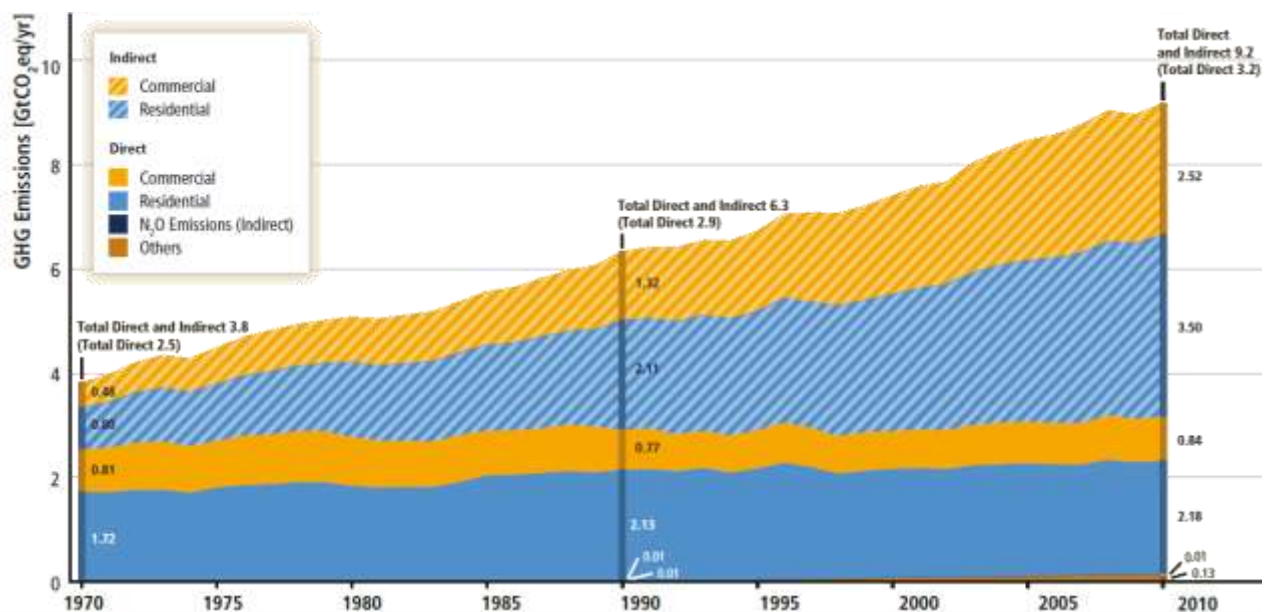
Este hecho nos indica que la comunidad se está apropiando de superficies fuera de su territorio, o bien, que está hipotecando y haciendo uso de superficies de las futuras generaciones, contraviniendo los principios de la sostenibilidad; dado que en ese contexto, el objetivo final de una sociedad tendría que ser el de disponer de una huella ecológica que no sobrepasara su capacidad de carga, y por tanto, que el déficit ecológico fuera cero.

La huella ecológica es un índice ambiental de carácter integrador del impacto ejercido de la actividad humana sobre su entorno para satisfacer lo que consume y para absorber sus residuos. El análisis de huella ecológica compara la demanda humana sobre la naturaleza, contra la capacidad de la biosfera para regenerar los recursos, y vincula la eficiencia tecnológica con la eficiencia ecológica y el desafío de reducir el consumo humano con el de mejorar la calidad de vida (Wackernagel & Rees, 2001).

También es pertinente mencionar el concepto de mochila ecológica, que se define como la suma de materiales movilizados y transformados durante todo el ciclo de vida de un bien de consumo, desde su creación hasta su papel como residuo, es la cantidad de materiales que intervienen y hay que mover en el ciclo vital de un producto y que quedan como residuos que se desechan.

La mochila ecológica refleja los flujos ocultos de recursos necesarios para fabricar un producto pero que no forman parte del mismo ni son valorados; para un producto determinado, se trata de la cantidad de materiales que se suma durante todo el ciclo de vida de ese producto. Por ejemplo, una bandeja de madera de kilo y medio de peso tiene una mochila ecológica que pesa más de dos kilos, o los movimientos de materiales necesarios para su fabricación superan los dos kilos. Pero una bandeja de cobre que preste los mismos servicios puede tener una mochila de media tonelada, contabilizando el mineral explotado, el agua consumida y contaminada, los movimientos de materiales en la cadena de transporte (Universidad Abierta y a Distancia, 2014).

Como delimitación, esta tesis se enfocará al uso vivienda de los edificios porque ellos impactan más al medio circundante, sobre todo en lo ambiental y el consumo energético, según los números que reporta la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que hacen la comparativa entre lo residencial y lo comercial en los edificios, arrojando que los edificios fueron responsables del 20% de la emisión de GEI en 2010; y que además, usaron el 32% de la energía total mundial, siendo que los edificios habitacionales sumaron el 24% en contraste con los edificios de uso comercial, que representaron solo el 8% (Lucon, Zain, & Bertoldi, 2014).



Gráfica 1. Emisiones directas e indirectas de GEI por edificios (Lucon, Zain, & Bertoldi, 2014).

En América Latina, el uso habitacional consumió 1.9 megavatios per cápita (MW/cáp) en 2010, mientras que los edificios de uso comercial consumieron apenas 0.5 MW/cáp; y la tendencia continúa, ya que se prevé que en esa región del mundo, para 2050, el consumo de energía de los edificios de vivienda y los de comerciales sea el triple y casi se duplique, respectivamente.

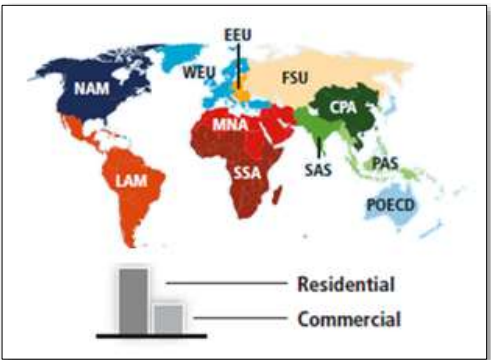
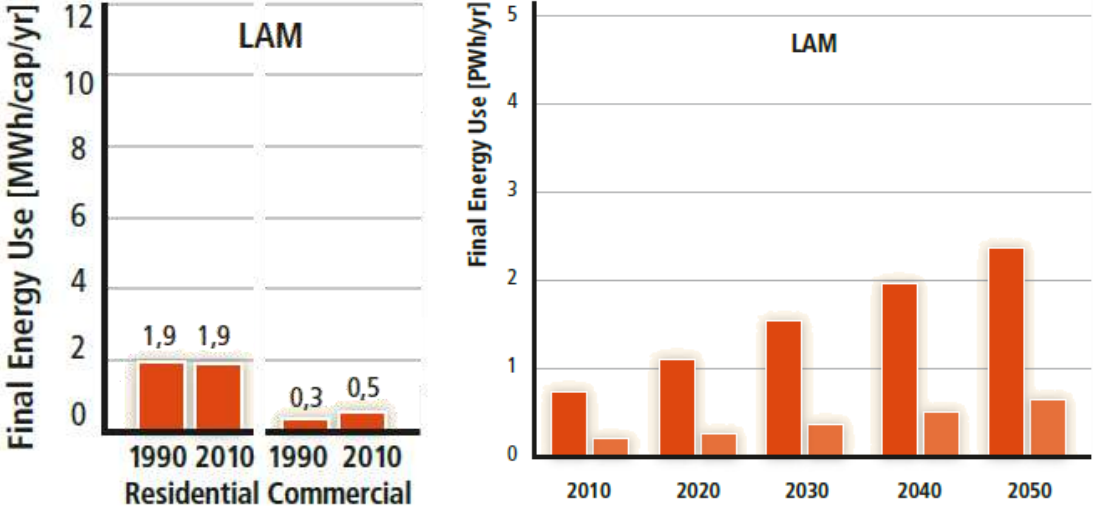
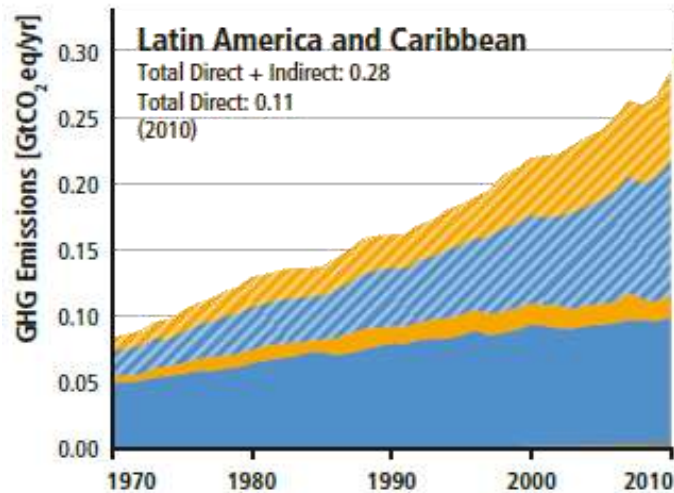


Figura 2. Regiones del mundo, reporte ONU del cambio climático. (Lucon, Zain, & Bertoldi, 2014).



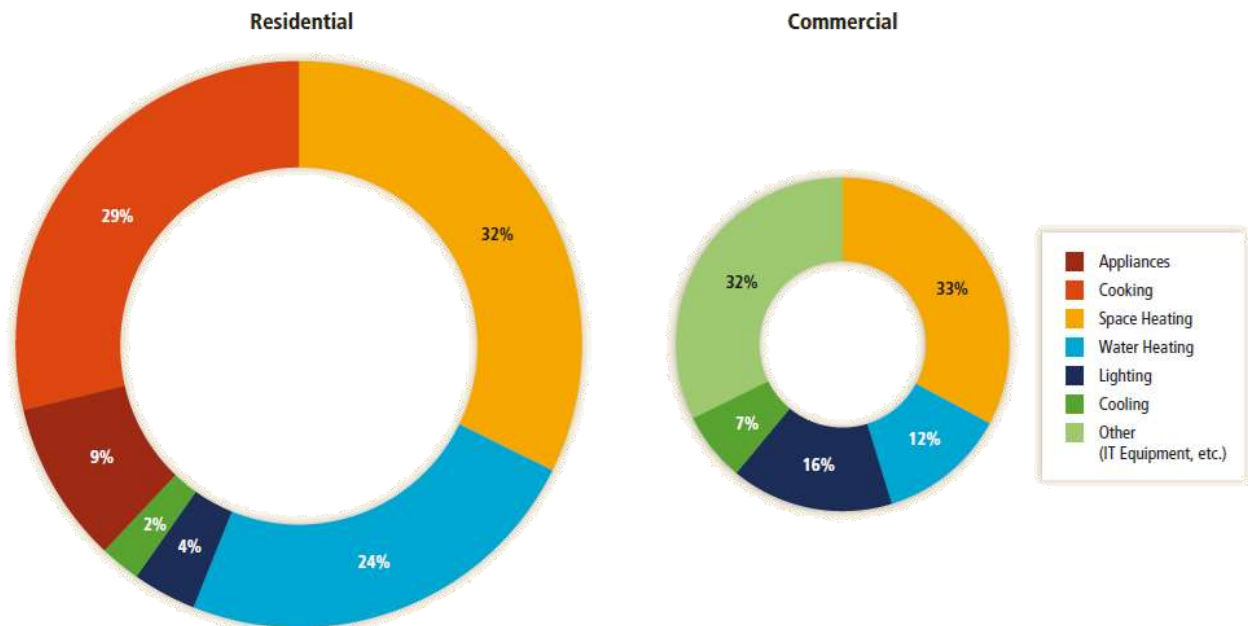
Gráfica 2. Consumo energético de edificios en América Latina y proyección a 2050 (LAM). (Lucon, Zain, & Bertoldi, 2014).

Eso significó, en 2010, que los edificios latinoamericanos emitieron 110 millones de toneladas equivalentes de CO₂ de forma directa y 280 millones de toneladas equivalentes indirectamente, contribuyendo con un total de 390 millones de toneladas equivalentes de CO₂ a la atmósfera.



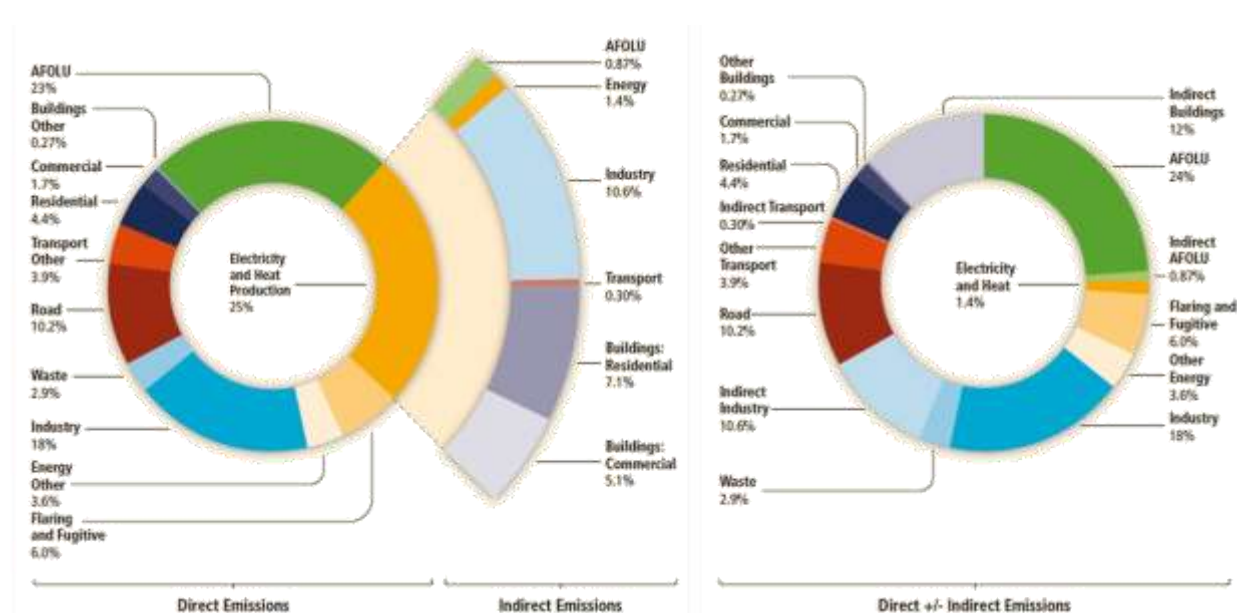
Gráfica 3. Emisiones directas e indirectas de CO₂ en edificios en América Latina y el Caribe, 2010. (Lucon, Zain, & Bertoldi, 2014).

Al especificar el uso de la energía en los edificios, es notable la diferencia global en términos de uso total en diferentes áreas de vida diaria de ambos giros: por ejemplo, se usa 38% de la energía para la cocción de los alimentos en los hogares y el uso de electrodomésticos, lo que está ausente en el uso comercial, aunque estos usos son sustituidos en menor medida por el uso de equipos como computadoras.



Gráfica 4. Consumo energético de edificios, por uso. (Lucon, Zain, & Bertoldi, 2014).

Proporcionalmente, el acondicionamiento de comodidad de los espacios es casi lo mismo, pero en cuanto al tratamiento y calentamiento del agua, en los hogares se consume el doble de energía que en los comercios y oficinas. De esta manera, los edificios de vivienda, en conjunto, y en términos absolutos, representan un impacto mayor que se ve intensificado directamente por la densidad de los habitantes en el espacio en planta (Lucon, Zain, & Bertoldi, 2014). La realidad es que los edificios representan un excelente nicho de intervención en la mitigación del impacto ambiental, dado que representan casi un 20% de la emisión de los GEI. Incluso si solo se consideran los edificios residenciales, éstos aportan anualmente con el 11.5% del total de las emisiones de GEI (Victor, 2014).



Gráfica 5. Emisiones de GEI por sectores (Victor, 2014).

Los edificios altos de vivienda son elementos verticales que impactan a la ciudad de Mérida, que por su tamaño y densidad de habitantes, determinan huellas ecológicas dependiendo de qué tanto se haya aplicado en ellos los principios del ecodiseño y de la concepción que hayan tenido como propuestas que se vinculen con su entorno natural y urbano; no se admiten como soluciones desechables, sino que tienen un carácter permanente, y significan para la ciudad contemporánea problemáticas que van desde lo infraestructural hasta lo psicosocial, pasando por el impacto inmediato desde la perspectiva medioambiental de la sostenibilidad.

Fundamento

Al tener a los edificios altos de vivienda en el horizonte, Mérida empieza a entrar en el fenómeno de la verticalización que ya se ha dado desde hace décadas en varias ciudades del mundo, el hecho de empezar a crecer hacia arriba. Sin embargo, la verticalización meridana no obedece a razones de espacio (Iracheta & Bolio Osés, 2012), sino a factores de importación de estilos de vida, ya que los edificios altos de vivienda están orientados hacia el sector de mayor poder monetario de la ciudad. Probablemente por situarse en lo que ahora son las afueras de la ciudad, que les confiere un sentimiento de exclusividad, esto aunado a los servicios de lujo con los que cuentan estos edificios, idea consistente con lo que expresa Quintana De Uña (2006), quien los entiende como monumentos a la economía del libre mercado, catedral del comercio y líder iconográfico del capitalismo.

Como fenómeno urbano, la verticalización tiene dos vertientes importantes, una que mira al simbolismo y otra que se dirige al aprovechamiento económico del espacio, estando ambas posturas íntimamente relacionadas, así, podemos ver que la humanidad a lo largo de su historia, siempre ha apuntado a manifestarse en sus construcciones para crecer hacia arriba, tanto por las ventajas útiles que ofrecen estas estructuras altas, como en el caso de los minaretes árabes, como incluso por el simbolismo de llegar a tocar el cielo y aproximarse a la divinidad, o en un intento por habitar los cielos y ser parte de ellos, para ser parte de un legado trascendente

Pero, la verticalización a gran escala, para dejar de ser ese sueño romántico sólo cumplido por los reyes y emperadores a través de sus palacios y torres, solo vino a darse en forma masiva hasta la llegada del siglo XX. Entonces, el rascacielos o edificio alto, se llenó no solo del simbolismo místico que nunca ha dejado de poseer, sino que vino a representar lo característico de ese nuevo siglo: el poderío económico y corporativista, tanto así que llegó a representar el sello de la época: rascacielos y siglo XX eran sinónimos (Huxtable, 1982). Este conjunto de causas ideológicas ha sido el que ha motivado desde siempre la propuesta de tales estructuras, pero las causas que las han hecho posible son otras.

El despunte del edificio alto se dio gracias a la confluencia del auge de las corporaciones empresariales y su necesidad de agrupación de trabajadores, sin olvidar el simbolismo. Sin embargo, las circunstancias que lo han hecho ejecutable son siempre de orden técnico, y esencialmente son la invención del ascensor y los avances en las características de los materiales de construcción, especialmente, del acero (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2008). Se asume que las formas producidas desde el *boom* del edificio alto en Chicago, son ejemplo de las fuerzas de la industrialización y del cambio cultural y social.

Este cambio de paradigma ha sido llamado “determinismo técnico”, en referencia a que los edificios altos son la consecuencia inevitable de, y surgida en respuesta a, dichos cambios socioeconómicos (Wells, 2005).

La verticalización como fenómeno urbano se constituye en una nueva forma de reproducción del capital. Los centros urbanos se presentan como un verdadero conglomerado de edificios, principalmente comerciales, aunque también están los usos mixtos y los de exclusiva vivienda, a los que se les ha encontrado valor. Este proceso modifica el espacio urbano, redefiniendo el valor y el uso del suelo y alterando las relaciones sociales entre los hombres y el medio ambiente urbanizado. La relación social, que es establecida por la verticalización, está íntimamente ligada a la idea del ascenso social, de seguridad, de confort y modernidad.

La verticalización, además de la producción del edificio, realiza plenamente la reproducción, a través de la combinación de las diversas formas de capital, valoriza o sobrevaloriza el espacio urbano donde se instala (Machado & Miranda, 2004), y esta tendencia se ha extendido en todo el planeta, que se la concibe como una posibilidad inminente en el desarrollo urbano de nuestras ciudades (Ramírez, 2009). Aunque tiene sus detractores, ya que también está la visión de que el edificio alto es la máxima expresión del capitalismo, que rechaza y desprecia las características tipológicas, humanas, patrimoniales y sociales del lugar, y que la vida social en uno de ellos es siempre limitada, disociada del espacio público, que el contacto entre vecinos se da en el vestíbulo y en el elevador, no permitiendo lugares de encuentro, y convirtiéndose en energívoro (Montaner & Muxí, 2013).

Antecedentes históricos

Primer período: lo funcional.

Inicia en la ciudad de Chicago, en Estados Unidos, a finales del siglo XIX, cuando en esa ciudad confluyeron condiciones de elevadas industrialización y actividad económica, impulsadas por una creciente ola de migrantes (Arias, 2008). Ello hizo posible la aparición de un nuevo del edificio de oficinas, cuyo objetivo primordial era favorecer la funcionalidad.

Esta nueva forma arquitectónica proliferó gracias a los avances sobre los materiales, en especial los metálicos estructurales, así como la inclusión del ascensor y demás ingenierías novedosas, para ese momento, como la electrificación, la iluminación o la fontanería.

Los edificios se erigieron rápidamente, lo que llevaba a darle el atractivo de que era redituable monetariamente, ya que se los podía poner en funcionamiento en poco tiempo, en una ciudad cada vez más congestionada y con demanda de espacios para hacer negocios. Por lo tanto, el edificio alto inició siendo una respuesta a las necesidades económicas de un momento que buscaba productividad y espacios útiles esencialmente.

Hablando en términos arquitectónicos, se originó en esta expresión constructiva, un alejamiento del clasicismo y se orientó más a las relaciones intrínsecas existentes entre la forma, el uso que tendría y su estructura, dando lugar al lema de “la forma sigue siempre a la función, y ésta es la ley” (Sullivan, 1896), proposición que se hizo extensiva a toda la arquitectura desde ese entonces, pero que partió del análisis de Sullivan de los edificios que estaban siendo erigidos en su entorno.

Con el edificio alto se multiplicaron los elementos modulares, sencillos y repetibles, las consideraciones sobre la estética resultante estaban subordinadas al papel económico que el edificio tendría (Huxtable, 1982).



Figura 3. Edificio Republic (izq.) (chicagoarchitecture.info), edificio Reliance (der.) (bc.edu). (Obtenida el 17 sep. 2014).

Segundo período: lo estilístico.

Una vez ya iniciado el siglo XX y hasta la Gran Depresión económica de 1929, cuando se dio un alto a la construcción; se produjo un debate académico en torno al edificio alto; el interés en cuanto al diseño se volcó ya no solo a la funcionalidad que ofrecían, sino también a su expresividad. Se buscó la solución en la academia y en los precedentes históricos. Aparecieron elementos góticos, esbeltos templos griegos, campanarios italianos, palacios renacentistas, castillos verticales y versiones del Mausoleo de Halicarnaso.

La ciudad se convirtió en un experimento de diseño y fue el escenario de ensoñación antiurbana vinculada al movimiento expresionista cuyo carácter utópico y escenografía natural, permitió utilizar elementos románticos en su composición (Quintana De Uña, 2006). Los mejores ejemplos de este período ecléctico fueron hábiles exploraciones de ingenio compositivo, dramatismo, aspiraciones y necesidades nuevas del siglo XX. Los rascacielos clásicos proceden de esta época, y para el final de ella, la imaginación de los diseñadores, empezaba a tomar rienda suelta, como lo demuestra el concurso lanzado por el periódico Chicago Tribune para diseñar sus oficinas centrales, las cuales debían ser “el edificio de oficinas más bello del mundo” (Kamin, 2014). Se recibieron doscientas sesenta y tres propuestas de veintitrés países, con una variedad amplia de diseños y nombres hoy conocidos, enfatizando el eclecticismo.

Participaron propuestas como las de la Bauhaus, con Walter Gropius y la de Adolf Loos, con una versión caricaturesca de una columna clásica gigante. Sin embargo, el edificio construido fue la propuesta de Howells y Hood, partidarios del resurgimiento gótico (Huxtable, 1982).

En México, es en esta época cuando aparece el primer rascacielos, conocido como La Nacional, de 1932, aunque con sus trece niveles y cincuenta y cinco metros de altura fueran menores que los de sus contrapartes estadounidenses; fue diseñado por Manuel Ortiz y es un volumen armado integralmente en concreto armado y representa fielmente el espíritu art decó de la época (UAEH, 2014).



Figura 4. Edificio Woolworth (izq.) (cityprofile.com), Edificio de la Standard Oil (centro) (nyc-architecture.com), Torre Liberty (der.) (cityrealty.com), La Nacional (UAEH). (Obtenida el 17 sep. 2014).

Tercer período: lo moderno.

Se considera al concurso del Chicago Tribune como la escisión con la siguiente fase de la evolución del edificio alto, además de que ya estaba gestándose lo que se conoce como el movimiento moderno. Y para el caso que nos ocupa, se tuvo que paralelamente se desarrollaron dos vertientes de él. Por un lado estaba el rascacielos moderno, propiamente, con sus formas austeras, abstractas, elitistas y vanguardistas procedentes de la escuela europea de Gropius, Mies van der Rohe y Le Corbusier. Simultáneamente, existía la rama modernista, hoy denominada *art decó*, que no era pura ni revolucionaria, sino que exaltaba lo decorativo y lo exótico.

Esta dualidad de formas de diseño, iba más allá de la forma y de la estética, ambas se contraponían en cuanto a lo que representaban: lo moderno era la promesa de un mundo moral, bello y con futuro; en tanto que lo modernista era tildado de vulgar, banal y como una negación del arte, como un retroceso.

Sin embargo, la tensión entre ambas corrientes dio lugar a los edificios altos más reconocidos, como el edificio Chrysler terminado en 1930 o el edificio Empire State, concluido en 1931, con lo cuales se cierra esta fase del rascacielos en su evolución, ya que acontece la caída de la bolsa y con ella, se da una paralización en la este tipo de construcciones (Huxtable, 1982).

En México, para esta época ya se habían popularizado los edificios verticales, principalmente de oficinas, como la Torre Anáhuac o la Torre Miguel E. Abed, aunque el más emblemático es la Torre Latinoamericana, con 188 metros y cuarenta y cuatro pisos, fue diseñada por Augusto H. Álvarez para ser, hasta 1972 el edificio más alto de América Latina, y fue pionera en sus sistema constructivo al estar en una zona sísmica, basando su cimentación sobre pilotes de concreto (Torre Latinoamericana, 2015).



Figura 5. Edificio Chrysler (izq.) (ratak-monodosico.tumblr.com), Edificio Empire State (centro) (aviewofcities.com), Centro Rockefeller (der.) (examiner.com), Torre Latinoamericana (torrelatinoamericana.com). (Obtenida el 17 sep. 2014).

Cuarto período: lo contemporáneo.

Llegado el final del movimiento moderno, se llegó al punto de ruptura, aunado a esto, la llegada de nuevas tecnologías permitieron crear formas más audaces una vez que la crisis financiera fue superada. Se vio así un nuevo eclecticismo (Huxtable, 1982).

En la posmodernidad, los edificios altos se han diseminado por todo el mundo, y desde 2010, el edificio más alto del mundo es el Burj Khalifa de ochocientos veintiocho metros de altura, dejando muy por atrás al Empire State, su antecesor modernista de trescientos ochenta y un metros. Las formas varían enormemente y las dimensiones mucho más: de los cien edificios más altos actualmente (estas líneas fueron escritas en marzo de 2014), tres sobrepasan los quinientos metros, trece tienen entre cuatrocientos y quinientos metros, cincuenta y ocho tienen entre trescientos y cuatrocientos metros, y los veintiséis restantes son mayores a doscientos ochenta metros de altura.

La ubicación es también para destacar, ya que aunque la cuna de este tipo de construcción fue Chicago, actualmente, de los cien edificios más altos, setenta y siete están en Asia, destacando los Emiratos Árabes Unidos y China, relegando al lugar número doce a la Torre Willis de Chicago (CTBUH, 2014).

Se tiene, pues, la tendencia de construir edificios altos en países árabes y en los del sureste asiático, produciéndose un desplazamiento geográfico del edificio alto, no solo desde el punto de vista técnico, sino sobre todo, desde la perspectiva económica, simbólica y sociológica (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2008).

En México, la Torre Mayor, el edificio más alto de América Latina entra en operaciones en 2002, con cincuenta y nueve niveles y doscientos veinticinco metros de altura y especificaciones técnicas que exceden los requerimientos sísmicos mínimos de la Ciudad de México (Reichmann International, 2015).



Figura 6. Torre Willis en Chicago (izq.) (chicagoarchitecture.info), Taipéi 101 en Taiwán (centro) (arquitecturamundial.com), Burj Khalifa en Dubái (der.) (burjdubaiskyscraper.com), Torre Mayor en la Ciudad de México (torremayor.com). (Obtenidas el 17 sep. 2014).

La verticalización en Mérida

Situación urbana de Mérida

La ciudad de Mérida, capital del estado de Yucatán se caracteriza por ser el centro urbano más dinámico de la Península de Yucatán, sobresaliendo en las actividades productivas del tercer sector, siendo el comercio, el transporte, la educación y los servicios financieros los que ocupan el 60% del producto interno bruto estatal (INEGI, 2014). Forma parte de la Zona Metropolitana de Mérida (ZMM), la cual está compuesta de los municipios de Mérida, Kanasín, Umán, Ucú, Conkal y Progreso.

El censo de población de 2010 arrojó que en la ZMM habitaban 1 027 004 personas, siendo que la ciudad de Mérida concentró a 777 615 de ellas, esto es, la urbe representó el 76% de la población de la zona, y de acuerdo a las proyecciones, la tendencia se mantendrá, solo que con números mayores.

Las estimaciones apuntan que para el año 2020 en la ZMM habitarán 1 154 432 personas; y que para 2030, habrán 1 271 819, un incremento de 244 mil habitantes en veinte años.

Toda esa población se verá repartida en el área territorial de la zona, la cual ha tenido un crecimiento importante en los últimos años, siendo el eje rector la ciudad de Mérida; su crecimiento fue considerablemente lento hasta principios de la década de 1980, el cual empezó a mostrar una expansión física horizontal, dando como resultado una ciudad fragmentada, creciendo y usando corredores de acceso hacia ella.

Como referencias, para principios del siglo XX, en Mérida, existían 43 mil habitantes en una densidad de 53 habitantes por hab/Ha; con el auge henequenero se inició un crecimiento sostenido hasta los años de 1980 cuando se adoptó la forma de aglomeración urbana, creándose las primeras conurbaciones físicas, cuyo propulsor fue el mercado inmobiliario y la construcción masiva de vivienda.

A partir de entonces, la superficie urbana creció a una tasa de 4.42% cada año durante 30 años. El crecimiento en términos de densidad también se ha incrementado desde 1990: pasó de 2.93 hab/Ha en ese año a 4.5 hab/Ha en 2010, aumentó casi 54%, y en Mérida, ese crecimiento de densidad se hizo más patente en toda su superficie excepto en su zona norte; concentrándose la población de recursos económicos más bajos en la parte sur de la ciudad, polarizándose ésta y dejando a la parte norte como aquélla con mejor posicionamiento económico; lo anterior es apoyado por el grado de marginación reportado por el Consejo Nacional de Población en 2005, que presentan ambos sectores, que acusan un marcado contraste; y por las zonas de atención prioritaria identificadas por la Secretaría de Desarrollo Social en 2010.

Hasta entonces, se tomaba al Anillo Periférico como el límite normativo para el crecimiento de Mérida, pero el Programa de Desarrollo Urbano de Mérida 2003 – 2010 permitió el desarrollo de grandes proyectos de vivienda fuera de él, como el de Ciudad Caucel de 133 517 viviendas, y varios otros a los cuatro puntos cardinales, lo cual refuerza la propensión de expansión horizontal de la ciudad, tomándose como una parte importante de esa tendencia la zona norte, pasando a estar en proceso de urbanización, dado que comparativamente, la ciudad hacia el interior del Anillo Periférico se considera virtualmente saturada.

En conjunto, la ZMM está llegando al límite de lo que se ha proyectado para uso urbano y, aunque aún tiene extensión de tierra sin construir, la mayor parte de ésta se ha programado para ser zona de preservación, conservación o de recuperación (Iracheta & Bolio Osés, 2012).

En su historia de expansión, Mérida lo ha hecho en una modalidad horizontal, con pocos exponentes de vivienda vertical, debido en buena medida por el espacio del que se ha dispuesto, sin embargo, con la llegada del movimiento de la globalización y de la gran apertura comercial que se ha dado en la zona en el último decenio, han empezado a ejecutarse proyectos de edificios de varios niveles comerciales y edificios altos de vivienda.

Tales proyectos han estado enfocados hacia el sector de alto poder adquisitivo que llega a radicar de forma temporal a Mérida o a aquéllos que se integran al nivel de vida alto que prefiere habitar en departamentos de lujo, con los medios para costearlo, por la comodidad que representa esa forma de vida con las llamadas “amenidades” que se ofrecen en el mismo edificio. Esa es la razón por la que dichos proyectos se localizan en la zona que presenta las condiciones para satisfacer ese tipo de edificación, en cuanto al tipo de uso de suelo, infraestructura compatible, grados de privacidad y estado socioeconómico: la zona norte de Mérida.

Edificios altos en Mérida

En relación al tema de esta tesis, los edificios altos de vivienda en la ciudad de Mérida pueden contar en sus orígenes a los primeros proyectos de vivienda vertical popular que empezaron a practicarse en los años de 1970 y que coincide con el inicio de la expansión territorial que experimentó la ciudad en ese período.

De esta forma, se construyó el primer edificio de vivienda vertical, en la calle 26 por 25 y 27 de la colonia México Oriente, de cuatro niveles y siete viviendas, para luego aumentar en número en promedio de diez edificios por año hasta 1990, siendo este último año el que registró el número más elevado con quince de ellos. Según su ubicación, se pueden agrupar por zonas características, de esa manera, la Avenida Canek tuvo una aparición de cuarenta y dos edificios de entre tres y cinco pisos.



Figura 7. Primeros edificios altos de vivienda en Mérida, en Itzimná (izq.) y en la colonia Pinos (der.)
(Fotografías propias) (Obtenida el 17 oct. 2015).

Otra zona en la que se construyeron fue Montejo –Aleman, con treinta y siete edificios de hasta ocho pisos, aunque la mayoría fue de tres niveles, en este sector fueron veinticuatro de tres pisos y uno cada uno de cinco hasta ocho; también la zona norte contó con estas edificaciones de vivienda, fueron cincuenta y siete ejemplos de tres pisos, once de cuatro pisos y uno de cada uno de cinco a ocho niveles, al igual que en la zona previa (Bolio, 1990).

Niveles	Canek	Montejo-Alemán	Norte
3	33	24	57
3 y 4 (mixto)	5	2	7
5	4	7	11
6	0	1	1
7	0	1	1
8	0	1	1

Tabla 1. Edificios altos de vivienda por zona y número de niveles. (Adaptado de Bolio, 1990).

Con el paso del tiempo, y dadas las condiciones socioeconómicas del siglo XXI, empiezan a aparecer construcciones altas producto de la realidad global que se vive en Mérida, en la que esta nueva forma de arquitectura no se orienta al mismo sector social al que los primeros edificios altos se enfocaron. Así, al inicio del nuevo siglo, más de veinte edificaciones altas habitacionales y comerciales se levantan, construyen o proyectan en su mayoría al norte de la ciudad, cercanos a las inmediaciones del Anillo Periférico.

En lo general, estos edificios van de los diez a los más de cien metros de altura y entre ellas se encuentran los edificios de departamentos de lujo San Angelo 08 que son dos torres de dieciséis pisos, la Torre Onze de doce pisos, las cuatro torres de ocho pisos Lavista Luxury Towers, el edificio de 6 niveles Muranta, las Country Towers que constan de tres torres de veinte pisos, las dos torres de treinta departamentos de Algarrobos 64; asimismo, destacan los edificios altos comerciales Torre Capitel de once pisos, el Edificio Black de siete pisos, la Torre Médica Starmédica en Altabrisa de seis pisos y la Plaza El Pocito de cuatro niveles. Hasta 2013, el Ayuntamiento de Mérida había aprobado 45 usos de suelo y construcción de desarrollos habitacionales, de los cuales 18 corresponden a multifamiliares verticales.

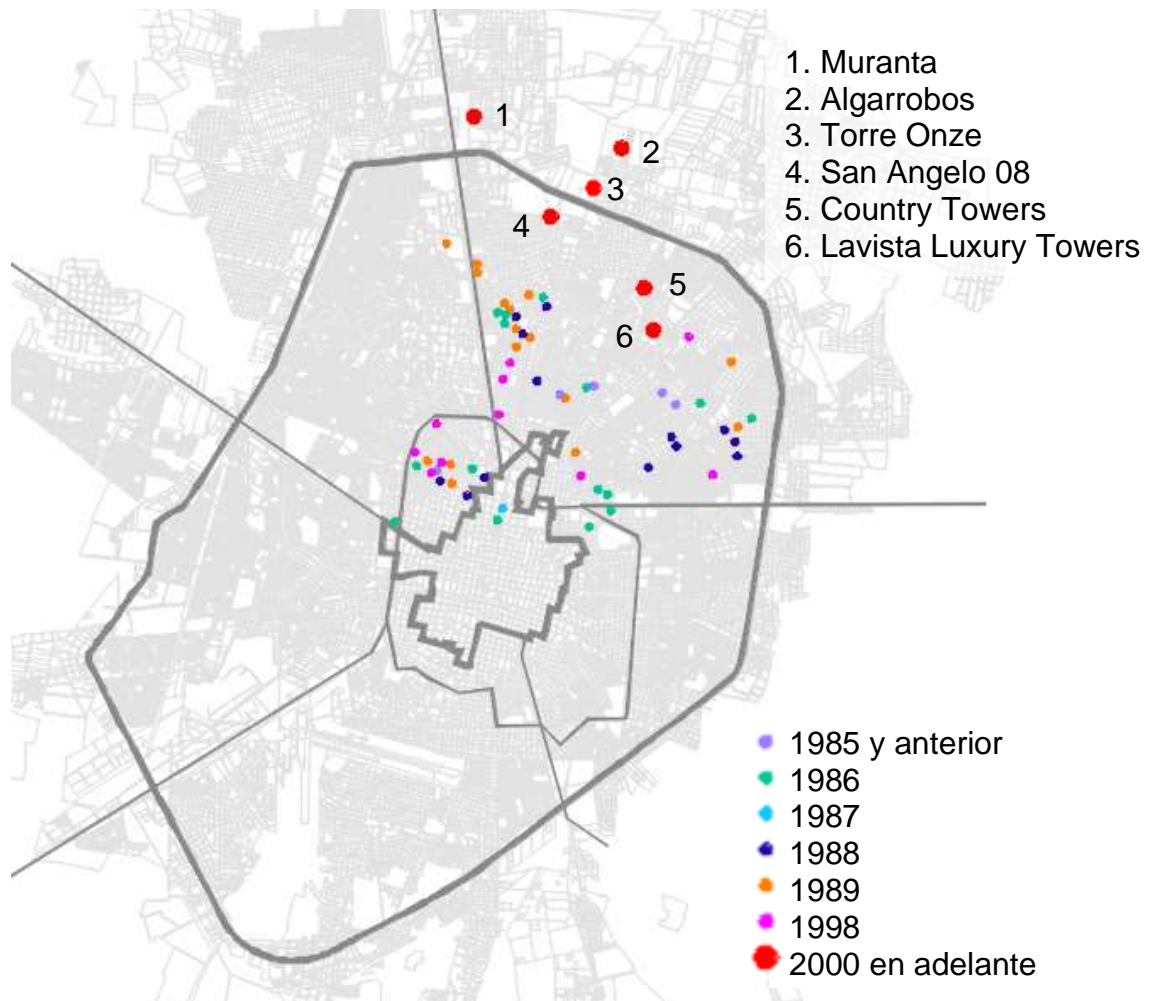


Figura 8. Localización de los principales edificios altos en Mérida, por período. (Adaptado de Bolio, 1990 con elaboración propia).

Estos edificios se suman a los ya terminados, como la Torre Vértice, el hotel Ibis Mérida, el hotel City Express, el hotel Misión Express Altabrisa Mérida y Montecristo 121. Además, están como proyecto dos torres de trece pisos en Temozón, las cuatro torres de doce pisos Altitud Luxury, las cuatro torres de veinte niveles Anthea City, el hotel City Junior Luxury Flats Sentinello de ocho pisos y las dos torres de trece pisos GCV. En la concepción de estos proyectos se privilegia la exclusividad y comodidad. Se los ha diseñado para que cuenten con numerosos servicios, acabados de lujo, circuitos cerrados de seguridad, restaurantes, bares, alberca, red de fibra óptica, gimnasio, estacionamiento y cine en algunos casos, para de igual manera, también atraer inversiones en el sector inmobiliario y en otros ramos (Diario de Yucatán, 2012).

La verticalización que se da en Mérida, refiere a esa parte del poderío económico que reflejan los edificios altos de vivienda, una forma de habitar el espacio con una vista privilegiada que no cualquiera tiene y que, por los momentos, está restringida a un tipo de población específico, lo cual los dota de un significado que, no se tiene en lugares en donde la escasez de espacio ha impulsado la verticalización. En lugares, como Nueva York o Beijing, habitar un departamento así no evoca un significado de exclusividad, pero en Mérida, a inicios del siglo XXI, estos espacios se conciben como únicos; y acaso el futuro de nuestras construcciones sea ese, de forma que los objetos de estudio de esta tesis queden como los pioneros de esa tendencia, o conserven esa percepción si el curso del crecimiento de la ciudad continúa en extensión como ha sido hasta ahora (Iracheta & Bolio Osés, 2012).



Figura 9. Comparativa de algunos edificios altos en Mérida, Yucatán (skyscraper.com). (Obtenida el 31 oct. 2015).



Figura 10. Torre Starmédica (izq.) (starmedica.com), Edificio Black (centro) (edificioblack.com), Hotel Ibis (der.) (ibis.com), todos en Mérida, Yucatán. (Obtenida el 12 oct. 2015).

Conclusiones particulares

Los edificios altos de vivienda representan un detonante económico fuerte en Mérida, que sirve a la dotación de un tipo de vivienda dirigido a un sector de la población con alto poder adquisitivo, y que tiene, por lo mismo, posibilidades de integrar en su diseño final los elementos que los puedan posicionar dentro del marco de lo sostenible, entendiendo con ello esa visión constructiva cuyo impacto en su entorno natural y urbano sea el mínimo para no causar daños irreversibles en esos ámbitos, con la ayuda de técnicas de diseño que solucionen problemas propios del diseño a través de formas que interactúen con el medio ambiente, en las que el uso de la energía que les sirva para funcionar sea la adecuada y con pocas o ningunas emisiones contaminantes, considerando con esto que se ha observado el principio del reciclaje y la reutilización.

Los antecedentes en los edificios altos presentados se han construido en esferas internacionales, pero está tocando a la ciudad de Mérida, como parte del proceso de la globalización. Mérida, con esta nueva forma de vivienda que ve en su territorio, está aportando su colaboración para un desarrollo mundial sostenible positivo o negativo, según se realice la construcción; y eso no se detendrá una vez que se haya terminado la obra, quedarán muchos años por delante si nos ocupamos del edificio una vez puesto en funcionamiento.

Por lo tanto, la sostenibilidad está presente, de acuerdo a los lineamientos revisados de los autores citados, en toda función humana, pero en el caso de los edificios altos de vivienda, es de especial atención en esta ciudad debido a la densidad que representan, ya que es un número grande de personas en un espacio en planta proporcionalmente pequeño, y con demandas energéticas que superan al promedio, ya que por poner un ejemplo, solamente en el abastecimiento de agua, cada persona en ese caso demanda 400 litros por día, en comparación con los 250 litros por día en una vivienda media (Municipio de Mérida, Yucatán, 2004), eso buscando dotar a esos usuarios de la calidad de vida que se ha acordado con el promotor de la vivienda.

Entonces, aunque la calidad de vida es un componente fundamental explícitamente señalado desde el informe del Club de Roma en 1972 (ONU, 1972), la escala a la que se apunta puede significar una diferencia fundamental en torno a la sostenibilidad, dependiendo de cómo se alcance.

Al ser los edificios altos de vivienda propuestas relativamente nuevas en este escenario, aún no existen leyes aplicables directamente a ellas, por lo que las referencias vistas se toman únicamente como voluntarias cuando se construyen edificios altos, lo cual deja un amplio margen de libertad que tendría que atenderse de inmediato ante la aparición de más de veinte ejemplos de edificios altos, con usos de vivienda o comercial (Diario de Yucatán, 2012), y debido a que estas edificaciones han estado proliferando ya por una década, estas reglamentaciones han debido aparecer desde hace años.

CAPÍTULO 2. LA SOSTENIBILIDAD EN LOS EDIFICIOS ALTOS

En este capítulo se abordarán los conceptos que servirán de marco conceptual para el desarrollo de la tesis. Se discutirán los conceptos inherentes al objeto de estudio y a la naturaleza de la presente investigación: la sostenibilidad como concepto y su vertiente en el campo de la arquitectura, que es el diseño sostenible, para luego enlazar estos conceptos y caracterizar qué se tendrá por edificio alto.

En conjunto, con los conceptos que se discutan, se sentarán las bases para enmarcar el objeto al que se dirigirá posteriormente la evaluación.

La sostenibilidad

Los orígenes de la idea de la sostenibilidad como tal se pueden rastrear desde la segunda mitad del siglo XX, cuando a la inquietud ancestral de adaptar el hábitat humano a la naturaleza, se le agregan las necesidades socioeconómicas de un mundo que más tarde se dirigiría a la globalización. A través de diferentes manifiestos internacionales institucionales como el del Club de Roma de 1972, aparecieron los primeros signos de preocupación por las posibilidades de la tierra para satisfacer las necesidades del ser humano ante un crecimiento poblacional que excedería las posibilidades del planeta para producir bienes materiales, según se predecía (ONU, 1972), (Meadows, Meadows, Randers, & Behrens, 1972).

En 1987, el documento “Nuestro futuro común”, también conocido como “Informe Brundtland” de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, creada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), consolida una visión crítica del modelo de desarrollo adoptado por los países industrializados e imitado por las naciones en desarrollo, destacando la incompatibilidad entre los modelos de producción y consumo vigentes en los primeros, y el uso racional de los recursos naturales y la capacidad de soporte de los ecosistemas; en el informe final, ello fue planteado como un fenómeno global (ONU, 1987).

Más tarde, en la Cumbre de la Tierra de 1992 se incorporan los temas del cambio climático y de biodiversidad, y también una declaración sobre bosques, así como la noción de que los temas ambientales y sostenibles no son solo asunto de los gobiernos, sino que asociaciones no gubernamentales e incluso comerciales deben intervenir en ellos, como las relacionadas a la industria de la construcción, que tienen una injerencia directa en la modificación del entorno natural, como se ve en la ciudad de Mérida con la presencia de los edificios altos de vivienda.

Además, en esta Conferencia, se reconoce el papel fundamental que los sistemas urbanos deben cumplir en el desarrollo sostenible, ya que la ciudad es un núcleo muy cercano a los conflictos ambientales, económicos y sociales, pero también puede ser fuente de soluciones; es la unidad más pequeña en la que los problemas pueden ser resueltos de manera integrada. En la actividad urbana, las acciones cotidianas de los ciudadanos tienen impactos tangibles, desde la disminución de la calidad urbana en lo local, hasta la extensión de una enorme huella ecológica a nivel global (ONU Programa 21, 1992) (ONU Declaración de Río, 1992) (UCS, 2012).

Otros documentos internacionales sirven como base de lo que se conoce hoy como sostenibilidad; por ejemplo, el Protocolo de Kioto, que busca reducir los GEI con el objetivo principal de disminuir el cambio climático provocado por la acción humana, y con ello, el calentamiento global, fenómeno que repercutirá gravemente en el ecosistema mundial (ONU, 1998). También se puede citar la Declaración de Johannesburgo de 2002, que involucran cada vez a más actores, incluyendo al sector productivo para mejorar y reparar los daños causados el medio ambiente mundial; en ella se reconoció que el desarrollo sostenible exige un enfoque a largo plazo, y se adquirió el compromiso de verificar regularmente los avances hacia los objetivos y metas en este tema, su objetivo fue de centrar la atención del mundo y la acción directa en la resolución de retos como la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos y la conservación de los recursos naturales en un mundo en el que la población crece cada vez más, demandando más recursos para subsistir con una vida digna (ONU, 2002).

Se ha incluido estos antecedentes internacionales para ilustrar que la noción de sostenibilidad es una preocupación que atañe a todo el planeta, y que desde que hay evidencia de que el cambio climático es una situación urgente de atender, como producto de la acción humana (EuropaPress, 2013), se torna importante dirigir la mirada hacia las actividades que han hecho posible esto.

La industria de la construcción es de las más contaminantes en la actualidad; solo ella es responsable del 18.4% de los GEI a nivel mundial (Lucon, Zain, & Bertoldi, 2014), por lo que cuanto más sostenibles sean sus prácticas, los impactos que generen se reducirán, aunque no desaparecerán, pero pudieran incluso integrarse a su entorno natural, satisfaciendo las necesidades económicas y sociales, en la búsqueda del desarrollo (Barattero, 2009).

En cuanto a la intervención del hombre en el espacio físico, se puede decir que se apropia de la naturaleza a través de la técnica y del trabajo y cuando lo hace, crea un espacio diferente. Para cada reto que se le presenta, crea técnicas apropiadas, siempre buscando un aumento en la productividad, generando e impulsando el comercio con los demás, transforma los recursos del suelo, crea nuevos materiales para materializar sus necesidades. Al mismo tiempo en que hace lo anterior, promueve profundas transformaciones en la naturaleza, provocando impactos en el entorno (Santos, 1996).

En consecuencia, en el análisis del uso de los recursos interactúan tres aspectos: el natural, el humano y el cultural. La propiedad, apropiación y uso de los elementos de la naturaleza se ha convertido en uno de los principales problemas a los que se enfrenta el mundo actual. La escasez, la conservación de la biodiversidad tanto animal como vegetal y la contaminación son los principales problemas relacionados con el manejo de los recursos naturales, y ello no sólo exige encontrar tecnologías apropiadas a las condiciones naturales, sino que también es necesario que sea coherente con las estructuras políticas, económicas, sociales y culturales de la sociedad.

Por ello, existe la visión de pensar en una sola tierra con un futuro común para la humanidad, pensar globalmente y actuar localmente tomando en cuenta el principio de precaución, que sugiere la adopción de medidas protectoras frente a una acción determinada, cuando no exista certeza científica de las consecuencias para el medio ambiente y los seres vivos; actuar con responsabilidad colectiva y equidad social, buscando justicia ambiental y calidad de vida de las generaciones presentes y futuras (Iniciativa de la Carta de la Tierra, 2012).

La sostenibilidad, pues, se presenta como un proceso de cambio y transición hacia nuevas formas de producir y consumir, pero también hacia nuevas formas de ser, estar y conocer. Según la Comisión Económica para América Latina (Cepal), la sostenibilidad ambiental de las estrategias de desarrollo debe incorporar conceptos temporales, tecnológicos y financieros. La necesidad del concepto de temporalidad es para establecer la permanencia o persistencia de la sostenibilidad, para equilibrar artificialmente el costo ecológico de la transformación; lo tecnológico se refiere a información, tecnología, técnicas de manejo, etc.; y lo financiero es necesario para poder realizar transformaciones sostenibles. Por lo tanto, la sostenibilidad ambiental es una condición en que se logra la coexistencia armónica del hombre con su ambiente, equilibrando los sistemas transformados y creados y evitando por lo tanto su deterioro, para lo cual son necesarias estrategias de largo plazo, con una base tecnológica y con la disposición de los recursos necesarios (Gligo, 2007).

El concepto de sostenibilidad se funda en el reconocimiento de los límites y potenciales de la naturaleza, así como en la complejidad ambiental, inspirando una nueva comprensión del mundo para enfrentar los desafíos de la humanidad en el tercer milenio; promueve una nueva alianza entre naturaleza y cultura fundando una nueva economía, reorientando los potenciales de la ciencia y la tecnología, y construyendo una nueva cultura política fundada en una ética de la sustentabilidad – en valores, creencias, sentimientos y saberes– que renuevan los sentidos existenciales, los mundos de vida y las formas de habitar el planeta tierra (Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade Brasil, 2002).

Implica una nueva forma de conceptualizar la relación de la humanidad con su medio ambiente, por ejemplo, aparece la noción de los límites de los recursos naturales, los cuales sugieren que los recursos renovables no deben usarse más allá de su capacidad de regeneración, para ser usados con prudencia y eficiencia para que las generaciones futuras puedan disponer de ellos.

Ningún recurso no renovable deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria, para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible (Isa, Ortúzar, & Quiroga, 2005).

El desarrollo sostenible

Desde hace cuatro décadas el interés mundial por el ambiente natural se ha intensificado, organizado y movilizado, de esta forma diversos sectores de la sociedad se han preocupado y ocupado por plantear desde la sociedad civil acciones, programas y organismos relacionados con temas ambientales.

Es así como se instituye a nivel mundial el término “desarrollo sostenible”, cuyo origen se remonta a la publicación del Informe “Nuestro futuro común” y se ratifica en el Principio 3 de la Declaración de Río de 1992 (ONU Declaración de Río, 1992).

El desarrollo sostenible se deriva de la sostenibilidad como idea, es una posición que se refiere al proceso de crecimiento económico en el que la tecnología, la explotación de los recursos y la organización social y política, satisfacen las necesidades del presente sin comprometer las de las generaciones futuras (ONU, 1987). Se ha propuesto que más correctamente debería llamarse “desarrollo perdurable”, ya que el desarrollo no se sostiene, sino que perdura en el tiempo (ONU, 1987) (ONU, 2013).

El desarrollo sostenible se basa en tres ejes, los que se mencionarán sin implicar un orden de importancia:

- 1) El eje económico en el que descansa el desarrollo sostenible se basa en mantener el proceso de desarrollo económico por vías óptimas hacia la maximización del bienestar humano, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por la disponibilidad del capital natural (Priego González de Canales, 2003). Además, se trata de ver a los recursos naturales con los que se cuenta como un complemento a lo producido por el hombre, y no como sustitutos entre sí, ya que al tratar los recursos naturales indiferentemente frente a otros factores de la producción, las formas funcionales estándar de la producción asumen elasticidades de sustitución altas al punto de ser irreales desde una perspectiva biofísica y se vuelven insostenibles (Granda, 2007). La naturaleza complementaria del capital natural y el capital hecho por el hombre se ve de forma evidente al preguntar de qué sirve un buen aserradero sin un bosque, una refinería sin petróleo o un barco pesquero sin peces, dejando clara la relación económica entre la naturaleza y las actividades humanas.

- 2) El eje social enfatiza el hecho de que los seres humanos somos los instrumentos, beneficiarios y, potencialmente, víctimas de los procesos de desarrollo, por eso, los objetivos deben orientarse al mantenimiento de la cohesión y estabilidad social y cultural de las comunidades humanas (Jiménez Herrero, 2000). Complementando lo anterior, Díaz Coutiño (2011) menciona que el eje social consiste en reconocer el derecho a un acceso equitativo a los bienes comunes para todos los seres humano, tanto en términos intergeneracionales como culturales; no se refiere solamente a la distribución espacial y etaria de la población, sino a las relaciones socioeconómicas que se establecen en cualquier sociedad, teniendo como base todos los aspectos sociales relevantes, como la religión, la ética, los valores, la identidad entre los grupos sociales y la cultura misma. Por ello, este eje toma referencia directa de la población y presta especial atención a sus formas de organización y participación en la toma de decisiones, así como a las interacciones entre la sociedad civil y el sector público, ya que son estas interacciones las que demandarán, a final de cuentas, los recursos que se usarán en el desarrollo.

- 3) El eje ambiental surge de la teoría de que el desarrollo sostenible depende de la capacidad que tengan los actores institucionales y los agentes económicos para manejar con visión a largo plazo, las reservas de recursos naturales con las que cuentan. Este eje se centra en la biodiversidad y a recursos como el suelo, el agua y la cobertura vegetal, que son los factores que en un corto plazo indican la capacidad productiva y de regeneración (Sepúlveda, Chavarría, & Rojas, 2005). En términos ecológicos, del desarrollo sostenible sugiere una economía circular que procure cierre de ciclos: que los sistemas productivos se diseñen para usar únicamente recursos y energías renovables, para no producir residuos. Así, este modelo considera el ciclo vital del producto completo, desde su concepción o extracción hasta la disposición final del residuo cuando su vida útil acaba (Díaz Coutiño, 2011).

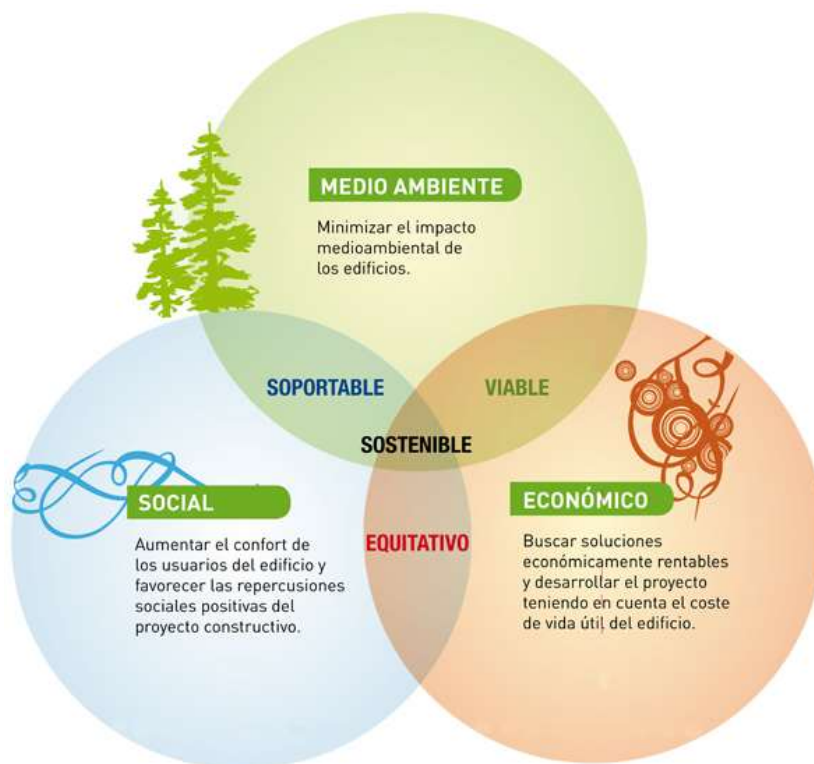


Figura 11. Los ejes de la sostenibilidad, aplicado a los edificios (acieroid.es). (Obtenida el 2 nov. 2014).

Continuando con esa visión, Priego González de Canales (2003) menciona que la sostenibilidad se fundamenta en el mantenimiento de la estabilidad dinámica del ecosistema global, garantizando la integridad de los ecosistemas que soportan la vida y las actividades humanas y propiciando, a la vez, la flexibilidad, la recuperación y la adaptabilidad dinámica necesarias para afrontar cambios ambientales (contaminación, destrucción de recursos, pérdida de biodiversidad, etc.).

Los principios básicos de esta perspectiva surgen de criterios elementales para conservar la riqueza natural y asegurar la capacidad de reproducción y autodepuración del medio ambiente, manteniendo las actividades humanas para la satisfacción de sus necesidades crecientes sin sobrepasar la capacidad de carga de los ecosistemas (Jiménez Herrero, 2000).

Convencionalmente, se habla de esos tres ejes, pero Sepúlveda y otros autores proponen un eje político institucional, separado y diferenciado del eje social, fundamentando esto en que la dimensión institucional y política cobra particular interés en el proceso de democratización y participación ciudadana, el principio que la sustenta es que la democracia viabiliza la reorientación del camino del desarrollo y, por lo tanto, la reasignación de recursos hacia diferentes actividades y grupos sociales (Sepúlveda, Chavarría, & Rojas, 2005).

Este eje considera la estructura y el funcionamiento del sistema político, sea nacional, regional o local como el sitio donde se negocian posiciones y se toman decisiones sobre el rumbo que se desea impartir al proceso de desarrollo, así como el desarrollo se cimienta en un sistema institucional público que debe responder a las características del de desarrollo al que se quiera llegar; el resultado final y tangible de las negociaciones y tomas de decisiones se refleja en la clase y el volumen de recursos asignados a varios programas, proyectos y obras específicas.

Así, el eje político e institucional involucra al sistema institucional público y privado, a las organizaciones no gubernamentales y a las organizaciones gremiales y grupos de interés, entre otros.

Los acuerdos logrados entre las instancias de los gobiernos locales y nacionales y las organizaciones de la sociedad civil, se convierten en nuevos nichos de creación de políticas para el desarrollo sostenible, lo que puede aumentar de manera significativa las oportunidades y mecanismos de participación política de la sociedad civil. Tanto el diagnóstico como el diseño de estrategias de desarrollo sostenible deben tomar en cuenta los llamados "climas políticos" de los gobiernos nacionales, en torno a distintas políticas de desarrollo, por eso la receptividad hacia cierto tipo de estrategias no economicistas, es decir, con fuertes componentes pertenecientes a los ejes social y ambiental, será mayor en unos gobiernos que en otros, de manera que el aprovechamiento de oportunidades debe planificarse también tomando en cuenta la voluntad política existente hacia perfiles y fórmulas de desarrollo dadas (Sepúlveda, Chavarría, & Rojas, 2005).

El desarrollo sostenible parte de la búsqueda del equilibrio entre medio ambiente y quienes producen los bienes que la sociedad consume. Este concepto, aunque procede de la preocupación por el medio natural, no es un concepto esencialmente ambiental, sino que trata de superar la visión del ambiente natural como un aspecto aparte de la actividad humana que hay que preservar. Para Yeang (1999), el desarrollo sostenible implica una evolución social, política y económica de forma integral, en la que la justificación proviene tanto del hecho de tener unos recursos naturales limitados, y porque una creciente actividad económica sin más criterio que el económico, produce graves problemas al medio ambiente tanto a escala local como global, que pueden tornarse irreversibles.

La sostenibilidad, refiriéndola al estudio a través de la literatura revisada, queda caracterizada como la visión a futuro de las prácticas y formas de concebir, construir y usar al edificio alto de vivienda para coexistir con su entorno natural y urbano, tomando como base a los lineamientos de la ONU, para aprovechar los recursos naturales sin afectarlos en perjuicio de las generaciones futuras, y entendiendo a esa manifestación arquitectónica como un producto social y económico, que se debería ajustar a reglamentos o criterios institucionales de reglamentación y de lógica constructiva y de diseño.

El edificio alto

Para abordar al objeto de estudio, se presenta otro grupo de referentes conceptuales, que es el de la vivienda en su sentido de vivienda vertical a los que pertenece y que, en esta investigación, se denominan edificios altos de vivienda, de los que proceden tres puntos relevantes a tratar: primeramente lo que se entenderá por “edificio alto de vivienda”, la normatividad y criterios sostenibles que deben seguir y, por último, su diseño sostenible mismo.

Respecto al primer punto, y como antecedentes, se tiene que el hombre se ha manifestado desde siempre con simbolismos que lo hacen permanecer y denota con ellos hecho y formas de pensar con el propósito de demostrar ideologías particulares que le significan algo. Por ello, la arquitectura ha sido un medio utilizado por excelencia para dar a entender la cultura de un lugar. Se han encontrado desde los comienzos de la cultura humana construcciones que tienen la doble función de ser utilitarias y de ser un permanente recordatorio de las características ideológicas de un momento histórico definido: la arquitectura toma el valor de símbolo; al principio, este simbolismo estuvo primordialmente al servicio de las condiciones políticas y religiosas, aunque en la actualidad, cada vez más se suman los ejemplos que exaltan el poder económico de un grupo, una entidad o un individuo (Perello, 1994). Una forma de lograr la efectividad con el uso de ese simbolismo, aparte de tener utilidad, es con el tamaño; de esta manera, las construcciones altas, no necesariamente edificios habitables, se remontan a miles de años atrás, como las pirámides de Egipto, con gran masa, pero proporcionalmente no altas.

Otro planteamiento diferente es cuando la construcción parte de una base reducida y se proyecta hacia arriba, manteniendo una esbeltez elevada, y entonces se da la necesidad de contar con algún tipo de maquinaria para completar la tarea de edificación. Esta forma de construir no es en absoluto reciente con los rascacielos del siglo XX, sino que se tienen ejemplos de ellos desde hace mucho tiempo, como el templo de Lingaraja en India, que alcanzó cuarenta y cinco metros de altura en el siglo XI.

Destacan en este tipo de arquitectura los minaretes musulmanes y las torres románicas y, por supuesto, la construcción de catedrales góticas de la Europa Occidental de esa época, para lo cual, se hizo necesario el desarrollo de técnicas y conocimientos constructivos, así como de medios económicos para su financiamiento y de una eficiente capacidad de organización que podía facilitar la ejecución de una obra compleja y, en conjunto, la vida alrededor de ella, con las órdenes religiosas, los gremios y los burgos. Posiblemente ello significó los inicios de las grandes organizaciones empresariales y administrativas actuales, quedando manifiesta la característica económica que más tarde construcciones de este tipo, por su misma envergadura, pasarían a tener una vez que llegara el momento capitalista y neoliberal de la historia humana.

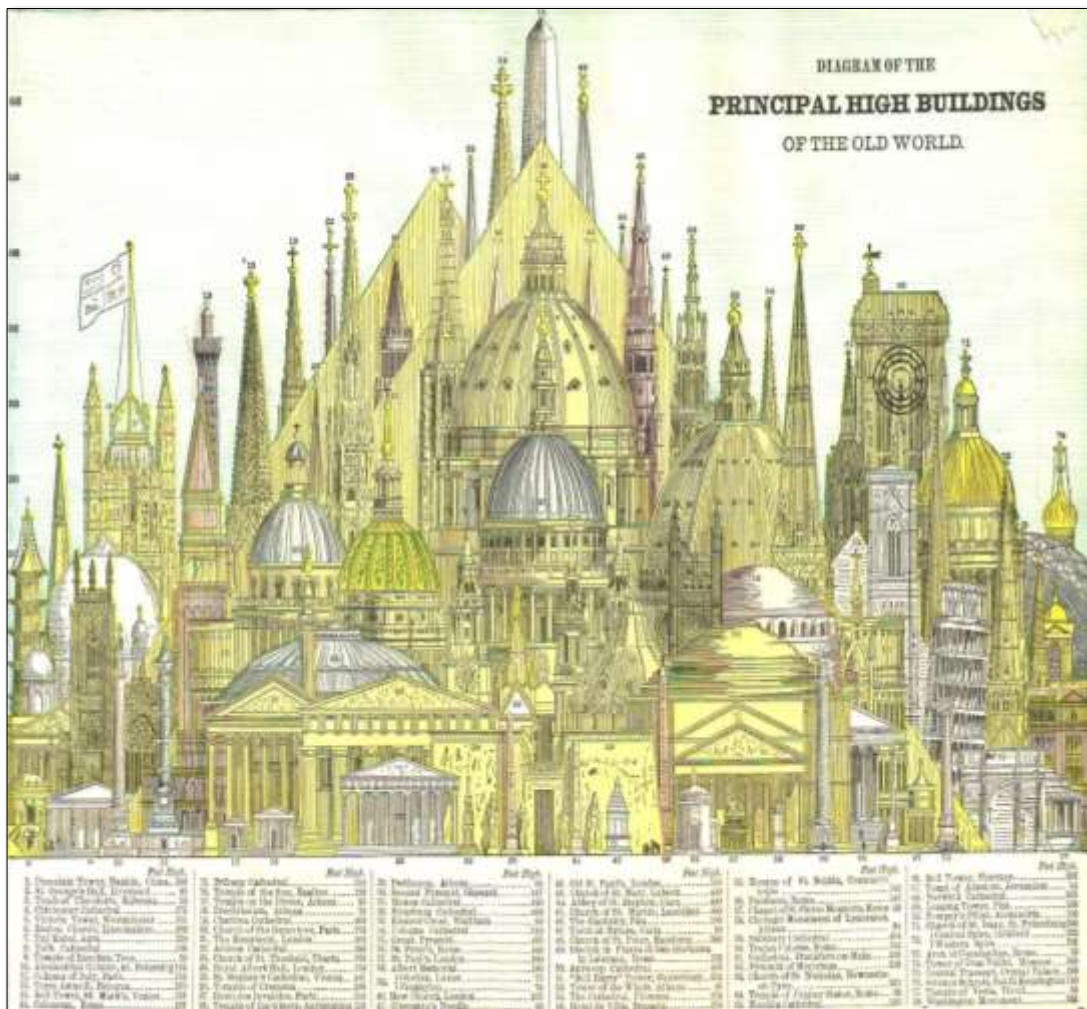


Figura 12. Construcciones altas, antigüedad. (antiquemapsandprints.com). (Obtenida el 4 dic. 2014).

Con el incremento del poder civil durante el Renacimiento, llegaron las torres en los edificios municipales, como en las ciudades de Siena y Florencia; y luego, durante los siglos XVI a XVIII, fueron apareciendo más construcciones elevadas, pero sin asemejarse aún a la proporción de esbeltez que tendrían los edificios futuros.

Durante el siglo XIX se abre camino a la construcción de edificios altos; a causa de la Revolución Industrial se empieza a hacer uso extensivo de nuevos materiales como el hierro, siendo emblemática de este cambio la torre Eiffel en 1889, y continuando con la aparición de los rascacielos neoyorkinos durante la década de los 20 y 30 del siglo XX.

Aunado a lo anterior, las situaciones bélicas del momento desarrollaron nuevos materiales que luego la industria de la construcción tomó para sí, dando paso al uso del acero estructural, que dio la posibilidad de tener a las fachadas como elementos no estructurales, al tiempo que ofreció mayor autonomía en el diseño, dando paso a manifestaciones artísticas y a mayores posibilidades estilísticas que iniciaron en Estados Unidos, pasando por diversas experimentaciones de diseño y estructurales, evocando a las formas estilizadas de la antigüedad hasta los edificios altos contemporáneos que sobrepasan los ochocientos metros de altura (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2008).

Desde entonces, se han dado variaciones de distintas formas en cuanto a la interpretación de los edificios altos. Una construcción masiva no necesariamente podrá ser llamada un rascacielos o un edificio alto, como el caso de las pirámides los colosales templos mayas; deben cumplir con ciertos parámetros, muchas veces dados por arbitrariedad o por consenso. Para efectos de este estudio, se tomará la propuesta dada por Yeang (2001), la cual reza que puede entenderse como un edificio alto, al de muchos pisos, con una baja ocupación de suelo en planta, en el que predomina la dimensión vertical de las fachadas. Pero la mayor diferencia frente a los edificios de altura baja y media, son sus sistemas especiales de ingeniería, que resultan imprescindibles por su altura significativamente mayor.

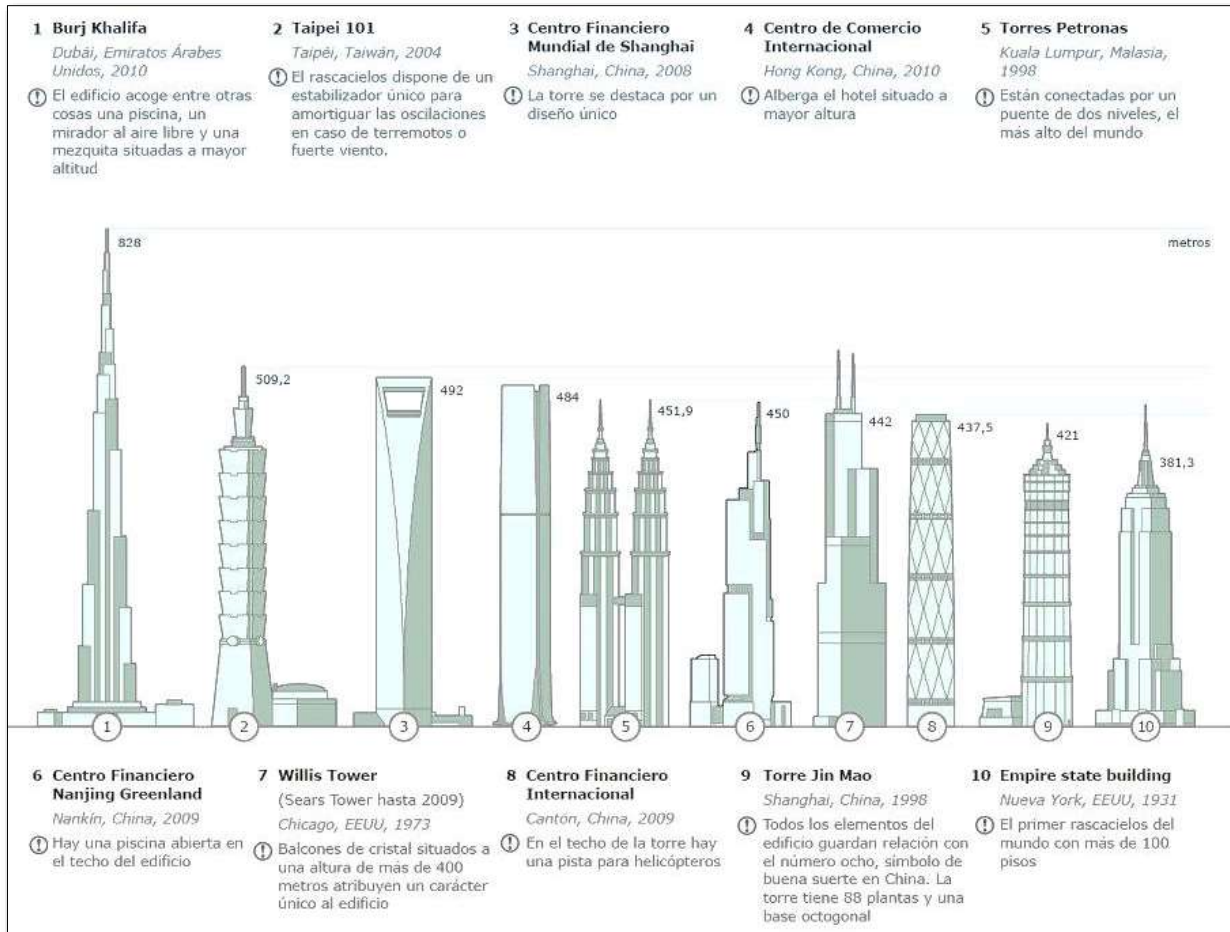


Figura 13. Construcciones altas del mundo contemporáneo (rian.ru). (Obtenida el 4 dic. 2014).

El Consejo de Edificios Altos y Hábitat Urbano (CTBUH, por sus siglas en inglés), referencia unos parámetros que involucran de forma integral varios conceptos, que también se tomarán en cuenta para formación final del concepto de edificio alto usado para el tema; dado que el número de pisos es un mal indicador para definir al edificio alto debido a los posibles cambios en altura libre que pueda haber entre los diferentes niveles, como en el caso de usos mixtos: residencial y comercial.

La CTBUH establece que, aunque no hay una definición absoluta en cuanto a lo que constituye un “edificio alto”, es un tipo de edificación que presenta algunos de elementos de altura en una la altura distintivos en relación al contexto, debido a que no se trata solamente de su altura intrínseca lo que los caracteriza, sino que necesita tomar referencia de sus alrededores construidos entre los cuales está.

De esta forma, mientras que un edificio de catorce plantas puede no ser considerado como alto en una ciudad como Nueva York, Hong Kong o Chicago, sí lo sería si estuviese en el centro de la ciudad de Mérida, Yucatán, debido a la comparación que se suscitaría con sus vecinos inmediatos.

También se atiende a la proporción, un edificio alto no se define como tal únicamente por sus metros de altura; existen edificios que no son particularmente altos en ese sentido, pero que son lo suficientemente esbeltos como para dar la apariencia de serlo, especialmente si se tiene como fondo localidades urbanas con construcciones bajas, lo cual es el caso de los edificios altos de vivienda de Mérida.

Además, si un edificio contiene tecnologías que puedan ser atribuidas a las correspondientes a un edificio que las necesite por su altura, como tecnologías específicas de transporte vertical o protección estructural contra el viento de altura, entonces ese edificio puede ser clasificado como alto, coincidiendo con Yeang al incorporar en la concepción de esta solución constructiva a los elementos tecnológicos que posibilitan su funcionamiento.

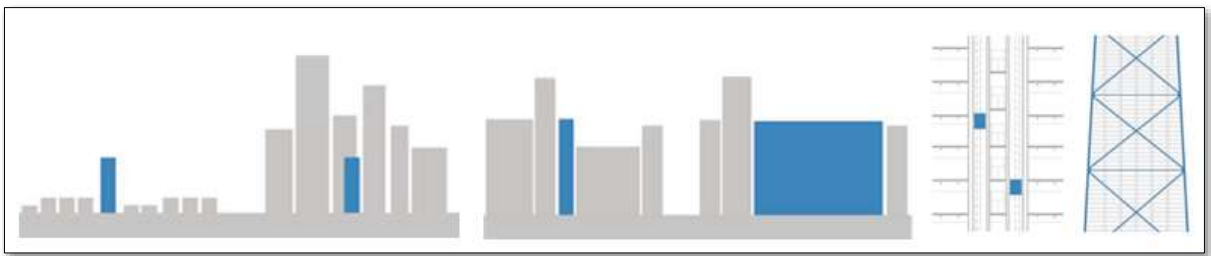


Figura 14. Criterios CTBUH para caracterizar a un edificio alto: entorno, proporción y tecnologías (ctbuh.org). (Obtenida el 4 dic. 2014).

Por lo tanto, el objeto de estudio será entendido como el edificio de vivienda que sobresale en altura, proporcionalmente, de su contexto construido, el cual contiene elementos y sistemas tecnológicos que propician el funcionamiento adecuado para sus usuarios, los cuales han de ser tomados en cuenta por el hecho de que son los que consumen buena parte de la energía en su uso cotidiano, y eso repercute directamente en el grado de impacto que ocasiona y, en consecuencia, en la afectación a la sostenibilidad.

Ambos grupos de conceptos, pues, se encuentran en el objeto de estudio una vez que se ha especificado cómo están insertos en él, uno por serlo intrínsecamente y otro, por la cualidad de impacto y la referencia a tomar en cuenta en el estudio.

Sin embargo, dentro del grupo de conceptos que tienen que ver con el edificio alto de vivienda, se debe considerar que existen normativas y directrices para seguir, puesto que la presencia de tales manifestaciones arquitectónicas obedece a situaciones sociales y económicas que son reguladas por instancias legales; y dado que la sostenibilidad en los edificios altos de vivienda no vela únicamente por los conceptos de utilidad, tecnología y simbolismo, y que los puntales sobre los que ésta descansa abarca las dimensiones económica, ecológica y social, ha sido necesario por la sociedad expedir recomendaciones y regulaciones para que dichos principios se respeten y se obtengan proyectos que satisfagan las necesidades actuales en armonía con el medio ambiente.

Abordando las esferas de la normatividad en esta materia, y yendo de lo general a lo particular, se pueden mencionar algunas de las muchas regulaciones que son puestas en práctica cuando se tienen proyectos que buscan ser sostenibles, con los correspondientes alcances, según su espacio de jurisdicción.

Dentro del entorno internacional, es más factible que se establezcan criterios y recomendaciones que algunos países o entidades reconocen como válidas y las promulgan como disposiciones obligatorias en sus demarcaciones, sin ser leyes como tales. En cuanto a la sostenibilidad aplicada a los proyectos arquitectónicos, existen dos conjuntos de criterios que se toman internacionalmente como referencia.

Primeramente, se menciona a la Organización Internacional de Estandarizaciones (ISO) que publicó en 2002 un estándar en la familia ISO TC, titulado ISO/TC 59/SC 17 La sostenibilidad en edificios y en las obras de ingeniería civil, en una preocupación global debido a que la industria de la construcción es responsable por una gran cantidad de desperdicios y contaminación.

Para esto, veintidós países se reunieron para crear esta guía, en un esfuerzo para disminuir esos efectos, en el entendido de que todo producto tiene un impacto sobre el medio ambiente durante todas las etapas de su ciclo de vida, desde la extracción de recursos para el tratamiento al final de su vida útil.

El documento toca aspectos que van desde principios generales y declaraciones ambientales para productos para edificios hasta el marco de métodos de asesoría para el desempeño y desarrollo de indicadores de sostenibilidad, que se agrupan en cuanto a su desempeño y vida útil (acústica, iluminación, seguridad estructural, entre otros), localización del edificio y accesibilidad (acceso a servicios y acceso a él por medio de transporte público, peatonalmente y otras formas no motorizadas) e impactos (ambiental, uso del suelo, satisfacción del usuario, cohesión social) (ISO, 2002).

A su vez, el Liderazgo en Energía y Desarrollo Ambiental (LEED, por sus siglas en inglés), es un programa de certificación independiente y es el punto de referencia internacional aceptado para el diseño, la construcción y la operación de construcciones y edificios sustentables de alto rendimiento; fue desarrollado en 2000 por el Consejo de Edificios Verdes de Estado Unidos (USGBC, por sus siglas en inglés), el consejo de construcción sostenible de ese país, mediante un procedimiento consensual. Sirve como herramienta para construcciones de todo tipo y tamaño; ofrece una validación por parte de terceros sobre las características sustentables de un proyecto y está disponible para todos los tipos de construcción.

En la práctica, el sistema LEED ha demostrado que las construcciones sostenibles no tienen que costar más que las tradicionales; de acuerdo a la estrategia que lleve a cabo en la construcción del proyecto y el nivel de certificación que busca obtener, puede existir un retorno sobre la inversión a mediano y a largo plazo asociado a las características sostenibles que ameriten una inversión alta inicial, con el valor añadido de que esa inversión estará redundando en un efecto positivo en su impacto en el entorno. Durante su vida útil, estas construcciones son menos costosas de operar y mantener, y ahorran agua y energía; además de que son una representación física de los valores de la sostenibilidad (USGBC, 2014).

Centrándose en la jurisdicción nacional mexicana, las normativas en los aspectos ambientales y de protección ecológica, se emiten en forma de Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que son regulaciones técnicas de carácter obligatorio. Regulan los productos, procesos o servicios, cuando éstos puedan constituir un riesgo para las personas, animales y vegetales así como el medio ambiente en general, entre otros (SE, 2014).

México cuenta con una secretaría dedicada por completo a los asuntos ambientales, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y a través de ella ha diseñado y aplicado leyes, reglamentos y normas, así como programas y proyectos de gestión ambiental, se han incorporado leyes y sus respectivos reglamentos para promover el desarrollo sostenible en el ámbito nacional, y en algunos casos en el ámbito estatal.

Por su parte, en 2013, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI), emitió una Norma Mexicana (NMX), un tipo de disposición diferente de las NOM, debido a que las NMX son elaboradas por un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Economía (SE), de aplicación es voluntaria, con excepción de los casos en que los particulares manifiesten que sus productos, procesos o servicios son conformes con las mismas; cuando en una NOM se requiera la observancia de una NMX para fines determinados.

La NMX-AA-164-SCFI-2013 Edificación sustentable. Criterios y requerimientos ambientales mínimos, reconoce que el crecimiento del sector de la construcción ha jugado un papel preponderante como motor dinamizador de la economía mexicana, pero que ha producido efectos negativos de índole ambiental, social y en la competitividad misma de las ciudades. Establece que la creciente urbanización impacta de manera irreversible el entorno natural y agrícola que rodea a las ciudades, afectando los bienes y servicios ambientales que brindan los ecosistemas, y con ello, agudizan la presión sobre la disponibilidad y calidad de los recursos naturales.

En el cuerpo de la NMX, se declara que su publicación fue producto del esfuerzo para inducir la transición hacia prácticas de edificación sustentables que contribuyan a la protección del ambiente, la salud y la comodidad de los ocupantes y la productividad de las personas, con el objetivo de especifica los criterios y requerimientos ambientales mínimos de una edificación sostenible para contribuir en la mitigación de impactos ambientales y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, sin descuidar los aspectos socioeconómicos que aseguran su viabilidad, habitabilidad e integración al entorno urbano y natural (SCFI, 2013).

En Mérida, Yucatán no existe algún reglamento vigente sobre asuntos de construcción sustentable. Se tienen, por separado diversos artículos del Reglamento de Construcciones del Municipio de Mérida (RCMM) de 2004, que dictan las características que deben tener los proyectos arquitectónicos, para su aprobación, como su altura, o los que abordan el tratamiento que se le debe dar a las instalaciones hidrosanitarias, como en el artículo 367 que menciona las características de la fosa séptica aprobada, o el 346 que habla de las dotaciones de agua potable por tipo de edificación, aunque es lo más que se dice en materia de cuidado ambiental en cuanto a la construcción (Municipio de Mérida, Yucatán, 2004). En el artículo 117 del RCMM se lee que:

“la altura máxima que podrá autorizarse para edificios, en aquellos sitios en que sean permitidos [...] no podrá exceder de la medida del ancho de la vialidad de su ubicación, incluyendo aceras, más un 50% de dicha medida. Entendiéndose para los predios que se localicen en esquina, que la medida base será la vialidad más ancha de las que limiten el predio” (Municipio de Mérida, Yucatán, 2004).

“para edificios de dos o más niveles o mayores de 6.00 m de altura diferentes a vivienda unifamiliar, se considera que la separación mínima a sus colindancias debe de ser el 50% de su altura total, hasta alcanzar 10.00 m de separación, siendo esta la distancia mínima para los casos de edificios con altura mayor a 20.00 m” (Municipio de Mérida, Yucatán, 2004).

“tratándose de edificios de 4 niveles o de 12.00 m de altura o más, será requisito para el otorgamiento del permiso que [...] (se) adjunte, a la solicitud, un estudio técnico que demuestre, tomando en cuenta el uso y capacidad del edificio que se pretenda construir [...] que el sistema de agua potable donde se abastecerá el edificio sea suficiente para darle el servicio, que tenga un sistema para desalojar y tratar las aguas residuales, que dado el volumen de la construcción, no se originarán problemas de tránsito, tanto en lo referente a circulación como al estacionamiento de vehículos en la zona de ubicación de la presunta construcción, que se respete el Coeficiente de Ocupación del Suelo (C.O.S.) de la zona, y que para autorizar la altura máxima de edificio, la Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Mérida tomará en cuenta el perfil del paramento donde se pretenda llevar a cabo la construcción” (Municipio de Mérida, Yucatán, 2004).

Por otro lado, se han publicado en 2009 y 2011, respectivamente, los Reglamentos de Protección al Ambiente y del Equilibrio Ecológico del Municipio de Mérida y el Reglamento de Cenotes, Cuevas y Pozos Comunitarios del Municipio de Mérida. En el primero se establece que la protección del medio ambiente es esencial para la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras, y que el reto está en combinarlo con un crecimiento económico sostenible a largo plazo, haciendo eco de lo enunciado por la ONU en su definición oficial de desarrollo sostenible (Municipio de Mérida, Yucatán, 2009).

De lo anterior se nota que la normatividad aplicable en el caso de la construcción sostenible, en nuestro contexto, se encuentra atrasada respecto a otras partes del mundo, en donde se contemplan reglamentaciones obligatorias, como en España, en donde desde 2006, el gobierno español emitió el decreto DOGC 4574-16.2.2006 que regula la manera de concebir, diseñar, construir y utilizar los edificios desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental (Gobierno Español, 2006), mientras que específicamente para la ciudad de Mérida, Yucatán, lo más parecido a una norma vigente sobre construcción sostenible, son las regulaciones que se dan en cuanto a la disposición de las aguas residuales de cualquier edificación.

El diseño sostenible

De la unión de los conceptos de sostenibilidad con los de los edificios altos de vivienda, resulta el conjunto de conceptos del diseño sostenible que, como la sostenibilidad, se apoya en tres ejes que son el económico, el social y el medioambiental, y el tema de estudio se centrará en el último: los impactos al medio ambiente inmediato que puedan ocasionar los edificios altos de vivienda; se tomará la interpretación que García (2008) hace del diseño que incorpora a la sostenibilidad, como el proceso de diseño que evalúa y pretende reducir los impactos ambientales asociados con un problema de diseño resuelto, a lo largo de su ciclo de vida.

Por su parte, Capuz (2002) se refiere a él como una herramienta fundamental para reducir el impacto medioambiental de un producto artificial o de servicios a lo largo de su ciclo de vida, coincidiendo con García en la explicación del concepto, solo que ellos además, exponen que el alcance o ciclo de vida de dichas soluciones son el ciclo físico, es decir, desde la fase de procesado de materias primas – e incluso la concepción misma de un edificio, cuando se habla de un proyecto arquitectónico – hasta la fase de su retiro final, pasando, por supuesto, por la fase de uso.

La tendencia de incorporar esta visión integradora del medio ambiente y su impacto al diseño puede rastrearse hasta el momento mismo de la aparición del concepto de la sostenibilidad a finales de los años ochenta del siglo pasado, cuando entonces se formó una preocupación generalizada por los problemas ambientales por parte de la población en conjunto; luego, para 1989, la Asociación Escocesa de Diseño Ecológico (SEDA, por sus siglas en inglés), en Inglaterra, acuñó el término Ecodiseño para una de sus publicaciones en las que hacía referencia hacia lo ecológico y que reflejaba mayor entendimiento entre el diseño y la ecología al incluir nociones de ecología profunda (García Parra, 2008); desde entonces, la SEDA comenta que esta vertiente del diseño se dirigía a diseñar materiales, productos, proyectos y sistemas en armonía y con respeto a las especies vivientes y a la ecología del planeta (SEDA, 2010).

Así pues, con esos elementos, se considerará que el ecodiseño es aquel diseño que incorpora en su quehacer a los elementos ecológicos con el objetivo de convivir de forma armónica con su entorno natural, pero ilimitadamente en el tiempo, mientras exista. En ese sentido, se incorpora la sostenibilidad, cuando se la relaciona con la optimización de los recursos.

De aquí se desprende la necesidad de caracterizar en específico a lo que se entenderá en este estudio como el proyecto arquitectónico sostenible, continuando con la síntesis de conceptos, los cuales van reuniendo lo expuesto para obtener una guía unificada integral. Para esto, se parte de la base dada por Belmonte y colaboradores en relación al proyecto arquitectónico, que lo establece como un proceso complejo que intenta conjugar dos aspectos distintos: por un lado la realidad del edificio a construir y por el otro, el conjunto de procesos que intervienen en él; entonces, está un conjunto de criterios o datos reales que caracterizan el tema del edificio en cuestión (terreno, climatología, programa arquitectónico), pero también está el conjunto de mecanismos abstractos que se utilizan para diseñar un edificio que satisfaga sus características reales.

Ese conjunto de características engloba a la geometría, la composición, la intuición y de manera especial, los criterios de funcionamiento, entre los cuales se localiza la intención de proyectar un edificio sostenible: de hacer un proyecto arquitectónico sostenible (Belmonte Martínez, Boned Prukiss, Gavilanes Vélaz de Medrano, & Jiménez Morales, 2010).

Se asumirá al edificio como cualquier inmueble que limita un espacio por medio de techos, paredes, pisos y superficies inferiores, que requiere de un permiso o licencia de la autoridad municipal o delegacional para su construcción, residencial o no; y como edificación a toda construcción aislada o de conjunto, sobre un predio, incluyendo sus elementos internos y externos; e incorporando lo ya expuesto en este marco conceptual, entonces se define a una edificación sostenible como aquella que a lo largo de su ciclo de vida cumple con las especificaciones establecidas por una autoridad competente y reconocida, en materia de suelo, energía, agua, materiales, residuos, calidad ambiental y responsabilidad social (SCFI, 2013).

Asimismo, a pesar de que la reducción del consumo energético es el factor más importante para la sostenibilidad, también son necesarias las estrategias para reducir el impacto ambiental en otros ámbitos del proyecto arquitectónico sostenible, en su diseño, construcción y uso del edificio, que incluyen la producción de los residuos, los materiales y sistemas constructivos y el consumo de recursos naturales, como el agua, la vegetación y el suelo. De igual manera, es imperativo en el proyecto arquitectónico sostenible, visualizarlo de forma integral con la ciudad a través de una planificación urbana, dado que la energía utilizada en el transporte es equivalente a la que utilizan los edificios (Ruano, 2008).

En el caso de la República Mexicana, la que da los parámetros es la norma mexicana 164 de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI), referente a la edificación sostenible y a sus requerimientos ambientales mínimos, habiendo entrado en vigencia en febrero de 2013, como respuesta a las acciones gubernamentales producto de las tendencias mundiales en torno al desarrollo humano sostenible y, acompañando a la norma mexicana, están también los criterios dados por autores especializados en el diseño arquitectónico sostenible.

En cuando a la norma mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013, ésta se fundamenta en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 en el que se lee que se pretende transitar hacia un modelo de desarrollo urbano sostenible e inteligente que procure mejor calidad de vida (Gobierno de la República. México, 2013), y en la Estrategia Nacional de Cambio Climático que busca transitar a modelos de ciudades sostenibles y a un desarrollo urbano sostenible (SEMARNAT, 2013). Su objetivo principal es contribuir a la mitigación de impactos ambientales y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, sin descuidar aspectos socioeconómicos que aseguran su viabilidad, su habitabilidad y su integración con el entorno urbano y natural, y para ello considera al proyecto arquitectónico sostenible integralmente en todas sus etapas fundamentales, las cuales son la elección del sitio, su diseño mismo a través del uso de tecnologías o de prácticas de diseño inteligentes o pasivas, su construcción optimizadora de materiales y su operación orientada a reducir las demandas, sobre todo de energía y agua (Casar Marcos, 2014).

De Garrido propone, a su vez, criterios para proyectar arquitectura sostenible, formalizado su concepto R4House (Recupera, Reutiliza, Recicla y Razona), y sobre todo el de "naturalezas artificiales", es decir, un sistema proyectual capaz de utilizar un conjunto de elementos arquitectónicos industrializados, capaz de crear edificios que tengan un ciclo de vida infinito, cuyos componentes pueden recuperarse, repararse y reutilizarse de forma continuada y permanente, sin generar residuos, ni emisiones (De Garrido, 2009). Del mismo modo, estos edificios pueden desplazarse, reubicarse, crecer, modificarse de forma continuada, como si fueran organismos vivos (Colegio de arquitectos tabasqueños, A.C., 2014).

Según la teoría de De Garrido, la sostenibilidad de un proyecto arquitectónico puede ser precisada por un conjunto de indicadores que identifiquen los objetivos generales que persigue la arquitectura exhaustivamente sostenible, que se agrupan en cinco pilares que en su conjunto constituyen al nivel de sostenibilidad de una construcción.

Primeramente, se toma en cuenta la optimización de los recursos y materiales, que tiene como indicadores la utilización de materiales y recursos naturales, duraderos y recuperados, su reutilización, renovación y reparación de los recursos y grado de aprovechamiento de los recursos.

Un segundo pilar es la disminución del consumo energético y fomento de energías renovables a través de los indicadores de la energía utilizada en la obtención de materiales de construcción, la consumida en transporte de materiales, en el proceso de construcción, consumo energético del edificio, grado de utilización de fuentes de energía natural mediante el diseño del propio edificio y su entorno, inercia térmica del edificio, grado de utilización de fuentes de energía natural mediante dispositivos tecnológicos y consumo energético en su deconstrucción.

El tercer pilar es la disminución de residuos y emisiones que contempla a los residuos y emisiones generados en la obtención de los materiales de construcción, en el proceso de construcción, durante la actividad del edificio y en la deconstrucción del edificio.

Seguidamente, se tiene a la disminución del mantenimiento, explotación y uso de los edificios verificado con los indicadores de adecuación de la durabilidad del material a su vida útil en el edificio, energía consumida cuando el edificio está y no está en uso, consumo de recursos debido a la actividad del edificio, emisiones debidas a la actividad del edificio, energía consumida en la accesibilidad al edificio, grado de necesidad de mantenimiento del edificio, entorno socioeconómico, costos de mantenimiento y costo del edificio.

Por último, está el aumento de la calidad de vida de los ocupantes del edificio por medio de las emisiones nocivas para el medio ambiente y para la salud humana, índice de malestares y enfermedades de los ocupantes del edificio, grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes (De Garrido, 2009).

Por su parte, Yeang, propone sus criterios para proyectar con la naturaleza, cuyo resultado es el proyecto arquitectónico sostenible, basándose en que mantener un medio ambiente biológicamente viable siempre es ventajoso para el ser humano, en que el estado actual de degradación progresiva del medio ambiente por la acción humana es inaceptable y en que es preciso aminorar, en la medida de lo posible, los impactos destructores sobre los ecosistemas.

También define como directrices que los recursos naturales son limitados, que los desperdicios, una vez producidos, no se regeneran fácilmente y que la humanidad forma parte de un sistema cerrado, y el estudio de los procesos del medio natural, por ser éstos unitarios, ha de constituir una parte esencial de los procesos de proyectos y planificación. Asimismo, que existen relaciones recíprocas entre el medio artificial y el medio natural, y cualquier cambio de una parte del sistema afecta al sistema completo; a esto, lo llama interdependencias.

Dadas esas pautas iniciales se tiene los planteamientos del concepto ecológico del medio ambiente, concibiendo al sitio como una unidad de componentes bióticos y abióticos que funciona como un todo en la conformación de un ecosistema, para identificar y comprender todas sus características e interacciones antes de efectuar cualquier intervención.

El proyecto sostenible exige una comprensión profunda del ecosistema local que permita determinar el tipo y alcance de la intervención humana que sería compatible con el ecosistema, para conseguir una relación estable con él.

Establece el lineamiento de la conservación de energía, materiales y ecosistema mediante el proyecto sostenible, ya que éste ha de ser particularmente consciente de las limitaciones del medio ambiente y de las cantidades de energía no renovables empleadas en la realización, funcionamiento y evacuación de desperdicios del medio edificado, y de la eficiencia de tales recursos.

También considera un enfoque contextual de un ecosistema porque los efectos de la intervención humana en un ecosistema concreto no pueden considerarse como algo aislado y limitado a sus confines específicos, aunque un predio está limitado por límites legales y catastrales, el proyectista no debe pensar en el emplazamiento de su proyecto como un lugar singular y aislado definido únicamente por sus colindancias legales, sino que debe tomar en cuenta las consecuencias ecológicas de cualquier acción que adopte en el proyecto, es decir, la escala de impacto se puede determinar definiendo las zonas de impacto del proyecto, de forma que los emplazamientos del proyecto deben ser analizados individualmente.

Un punto relevante en este marco de criterios es que se retoma el ciclo de vida como concepto del proyecto, que las interacciones entre ecosistemas son procesos dinámicos y sufren alteraciones a lo largo del tiempo; lo ideal es prevenir el impacto y el rendimiento del sistema proyectado en los ecosistemas a través de todo el ciclo de vida de la edificación. En el proyecto sostenible, se debe predecir, hasta donde sea posible, las acciones y actividades asociadas a él, o derivadas de él, a lo largo del ciclo de la vida previsto; y valorar sus posibles impactos al ecosistema, para tenerlos en cuenta en la elaboración del proyecto.

El problema de la eliminación de los productos de desecho también se incorpora en Yeang, quien escribe que los ecosistemas tienen la capacidad de asimilar una cierta cantidad de intervención humana.

Sin embargo, existe un límite a partir del cual quedan irreparablemente dañados. Uno de los objetivos esenciales del proyecto sostenible es procurar que ninguno de los aspectos del orden existente se pierda para siempre o quede irreversiblemente dañado como resultado de las actividades humanas; o si ocurriese, que no fuera por consecuencia de no haber considerado todos los factores previsibles o no haber tomado las medidas preventivas adecuadas.

De la concepción de Yeang se concluye que no es suficiente un planteamiento de proyecto simplista o aditivo, sino que se debe concebir en el contexto global del ecosistema, operando como un todo y no con relación solo con algunos de sus componentes. El enfoque sostenible es un planteamiento holista basado en la sensibilidad y la previsión porque el hecho de que la actividad humana altere los ecosistemas, no tiene por qué ser intrínsecamente indeseable o negativo.

El proyecto sostenible, visto desde el punto de vista ecológico, no implica que toda la biosfera deba ser preservada íntegramente de la acción humana, como si se tratara de una reserva natural, ni tampoco está en sus objetivos evitar todo tipo de cambio, dado que los ecosistemas experimentan cambios con independencia de la acción humana (Yeang, 1999).

La SEDA ha manifestado criterios para constituir el proyecto arquitectónico sostenible, siendo el primero de ellos la presencia de la ética, de la que parte todo lo demás. Se toma como eje que el respeto maduro por la naturaleza debe ser parte intrínseca de las decisiones que se tomen en el diseño, armonizando éste con el uso de la tecnología más novedosa de la que se disponga, con ambos conceptos en equilibrio. Como parte de la ética del diseñador, reconoce que el ser humano es parte de la naturaleza y que depende de ella, así que la capacidad de los sistemas naturales para regenerarse y evolucionar deben respetarse, comprendiendo que se tratan de procesos de largo plazo y que, por lo mismo, el tiempo de una vida humana solo es capaz de presenciar una fracción de ellos, cuando se los compara en su longitud temporal.

Considera que el buen diseño mejora el ambiente, así como el espíritu humano y la necesidad de vivir en comunidad, ya que es un proceso estimulante, creativo y comunitario. El espacio debe ser optimizado y no maximizado, entendiendo esto como hacer más con el menos material y no hacer grandes proyectos que puedan significar derroches de material y energía. Su objetivo debe ser productos arquitectónicos seguros y no tóxicos para el ser humano y para el medio ambiente, con valor a largo plazo en todos los sentidos, tanto presentes, como futuros, adoptando el concepto de la sostenibilidad en su totalidad, y por ello, el concepto de desperdicio debe ser eliminado, el desperdicio se considera un recurso; mientras que la energía debe ser usada eficientemente y provenir de fuentes renovables (SEDA, 2010).

Los autores expuestos que se refieren al concepto del proyecto arquitectónico sostenible tienen el punto en común en que las propuestas arquitectónicas han de ser vistas de forma integral y holística. Cada una con una inclinación hacia cierto punto de la sostenibilidad, y se han seleccionado estas propuestas para enriquecer la discusión del concepto e incorporar en este apartado, los elementos conceptuales dados.

Conclusiones particulares

Los conceptos expuestos han mostrado la evolución de la idea de la sostenibilidad y de lo que se entiende por desarrollo sostenible, considerando el consumo de recursos racionalmente para que los seres humanos del futuro tengan oportunidad de disfrutar de lo que ofrece el planeta para tener una vida digna y cómoda.

Continuó la presentación de conceptos con los elementos que caracterizan a los edificios altos, de forma que se va construyendo la imagen conceptual del objeto de estudio, esta concepción representa la base de la evaluación que se hará al caso desarrollado, bajo la luz del desarrollo sostenible.

Para que un desarrollo sea sostenible, participan en él todos los aspectos que lo conforman, y la arquitectura es parte esencial de él, por el hecho de que es donde habita, y una modalidad de ese hábitat, actualmente, son los edificios altos de vivienda que por su tipo, representan una gran capacidad de impacto al entorno, pero también una enorme oportunidad de intervención al considerar las posibilidades de diseño que dirijan el resultado a ser un ente que impacte poco o que contribuya, incluso, a mantener o procurar un equilibrio en los ejes de la sostenibilidad: siendo amigable con el medio ambiente, representando costos accesibles para sus usuarios y, tal vez lo más importante, que tales usuarios quieran habitarlo y que lo hagan teniendo la comodidad que, en primer lugar, un espacio habitable debe tener, con el beneficio añadido de tener conciencia social.

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DEL EDIFICIO SOSTENIBLE

Una vez caracterizado el objeto de estudio a través de sus conceptos asociados, se expone la metodología que se utilizará en su evaluación, para llegar a conclusiones fundamentadas.

Se muestran diversas corrientes de pensamiento en cuanto a la evaluación de edificios orientados a la sostenibilidad, puntualmente desde el punto de vista del eje medioambiental, se discute sus aproximaciones y se verá las diferencias en relación a cómo se aborda el mismo tema, para, finalmente, presentar una metodología apropiada al lugar y tiempo del objeto de estudio particular.

La evaluación

Como una aproximación a la metodología para criticar y analizar un proyecto arquitectónico sostenible, se presentará y discutirá las propuestas de algunos autores a este respecto, iniciando con la metodología de Olgay, basada en lo climático y en el estudio de la arquitectura vernácula que se adapta a su clima y que siempre ha existido, caracterizada por aprovechar las estrategias de radiación, ventilación y humectación entre otras. La adaptación de la arquitectura vernácula es la que ha dado lugar a lo que hoy ha empezado a conocerse como arquitectura bioclimática, aunque empezó a conocerse con este nombre, cuando a mediados de la década de los setenta del siglo XX se dio la crisis del petróleo, y arquitectos, ingenieros y físicos sumaron esfuerzos para dar una propuesta diferente al modo de diseñar y construir en arquitectura (Salazar, 2011).

Olgay manifiesta que el procedimiento deseable es el trabajar con y no contra las fuerzas de la naturaleza y hacer uso de sus potencialidades para crear mejores condiciones de vida, y que el procedimiento para construir una vivienda climáticamente balanceada se puede dividir en cuatro pasos, de los cuales el último es la expresión arquitectónica.

El proceso que sigue se inicia con un análisis climático al nivel del habitante en el que deben considerarse los efectos de las condiciones microclimáticas; luego sobreviene la evaluación biológica basada en las sensaciones humanas directas, y ello da paso a las soluciones técnicas y tecnológicas que cristalizan en la expresión arquitectónica a través de los resultados obtenidos en los tres pasos anteriores, desarrollando los conceptos arquitectónicos y equilibrados de acuerdo a la importancia de los diferentes elementos, de forma integrada que resulten en una solución viable incluyendo una propuesta estética coherente, armónica con el ambiente e integrada con el usuario y su entorno físico (Olgay, 1998).

Szokolay, por su parte, hace una propuesta de metodología de diseño bioclimático y sostenible que se define en cuatro etapas, las cuales inician con los estudios preliminares, cuyo objetivos son la recopilación concisa, identificación de restricciones, estudio de condiciones climatológicas y la definición de los esquemas espaciales, así como la definición de una propuesta energética. De ello surge un anteproyecto que busca la generación de ideas y la formulación y prueba de hipótesis de diseño. Como producto se obtiene el proyecto, en el que se detallan las decisiones de diseño, teniendo conciencia de las consecuencias energéticas de cada decisión. Por último se tiene la evaluación final en la que hacen análisis térmicos, de ventilación, lumínicos y estimación del uso de la energía para todos los propósitos, todo ello a través de distintas herramientas. Esta etapa debe concluir con una propuesta espacial y energética definitivas (Szokolay, 1983).

Para Yeang, es esencial definir los vínculos entre el medio edificado y su medio ambiente exterior, como una parte fundamental del proceso de diseño; estas interrelaciones pueden ser clasificadas en cuatro grupos generales, que son las interdependencias externas del sistema proyectado (sus relaciones externas o ambientales), las interdependencias internas del sistema proyectado (sus relaciones internas), los trasvases de energía y materia del exterior al interior del medio edificado (sus recursos, *inputs*) y los trasvases de energía y materia del interior al exterior del medio edificado (sus productos, *outputs*).

Luego, considera al flujo de energía y materia en el medio edificado como un modelo de uso en el contexto de la vida útil del edificio; el modelo de uso comprende las siguientes fases: producción, construcción, funcionamiento y recuperación. En los esquemas que este autor plantea quedan definidos los aspectos de recursos o *inputs* totales en el ciclo de vida de un sistema edificado, los productos o *outputs* totales en el ciclo de vida de un sistema edificado y los impactos durante el ciclo de vida de un sistema proyectado (Yeang, 1999).

Fuentes desarrolló una metodología en la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, principalmente para satisfacer los requerimientos particulares de docencia e investigación en Arquitectura Bioclimática, y lo que propone es iniciar con la definición clara y concisa del problema planteado y los objetivos, alcances y limitaciones, para luego llegar al análisis del sitio y del entorno para conocer, analizar y evaluar sus variables ambientales, naturales y artificiales, y para lograr una adecuada integración de la obra arquitectónica, así como aprovechar los beneficios o aptitudes que provee el entorno y controlar o matizar los elementos desfavorables, evitando al máximo posible la alteración o impacto que se pudieran provocar.

En esta etapa se evalúan el medio natural, el medio artificial y el medio socio-cultural, involucrando sensiblemente a la sostenibilidad. Del usuario se analiza su relación con el medio, contemplado a través de lo físico, lo psicológico y de lo socio-cultural. En esta etapa se ven implicados el bienestar y confort, las necesidades y requerimientos funcionales y espaciales.

Con ello, se definen las estrategias de diseño de climatización, iluminación, acústica y de control de contaminantes; así como la definición de conceptos de diseño bioclimático, pasivos, activos e híbridos. El resultado es el anteproyecto que retoman los conceptos funcionales, espaciales, estéticos y de integración de tecnologías, estructurales y constructivos, bioclimáticos y de diseño de exteriores. Siguen las evaluaciones arquitectónica, de confort, energética, ambiental, normativa, económica y financiera, para dar lugar al proyecto arquitectónico sostenible final (Fuentes, 2002).

De Garrido propone que, para hacer una verdadera arquitectura sostenible, hay que reestructurar el sector de la construcción y los mecanismos de promoción de edificios; para lograr las bases de una nueva arquitectura, hay que aprender al máximo de la Naturaleza y después aprehender sus mecanismos intrínsecos de actuación, interiorizarlos y obtener una respuesta humana basada en su forma de operar y de la tecnología de que se disponga en cada momento y lugar; de proceder así, se crean soluciones que funcionan simbióticamente con el universo natural y, por tanto, no le ocasionan daño alguno.

Son, pues, “naturalezas artificiales”, que evolucionan en paralelo con la Naturaleza, aunque juzga que llegar a las verdaderas naturalezas artificiales llevará un tiempo largo, debido al lugar arquitectónico en el que se encuentra la sociedad de principios del siglo XXI, y que el primer paso para alcanzar el objetivo es la arquitectura sostenible, en el camino de búsqueda de la integración con la naturaleza, dado que es más cercana a la arquitectura convencional.

Para hacer arquitectura sostenible, propone, debe estructurarse un plan de acción basado en delimitar el entorno arquitectónico que deseamos en el futuro, tener una idea del tipo de arquitectura más conveniente para la sociedad de los próximos años para delimitar una meta aproximada.

La arquitectura sostenible no debe perder de vista que debe ser sustancialmente diferente a la convencional e integrarse, de algún modo, a los ciclos vitales de la naturaleza; también se ha de formalizar un conjunto de indicadores sostenibles, un modo de medición para saber lo cerca o lo lejos que se está, en cada momento, de alcanzarla.

Esos indicadores sostenibles han de ser fácilmente identificables, tener un carácter muy general y medirse con mucha facilidad. Se habrá de ejecutar y evaluar las estrategias arquitectónicas con la ayuda de los indicadores y, en su caso, modificarlas (De Garrido, 2009).

La metodología ARTEBES

Partiendo del hecho de que la sostenibilidad implica que se tomen en cuenta las necesidades de las generaciones venideras, se considera la propuesta de Arzate, la cual evoca escenarios ideales en la construcción futura, la cual incorpora tecnologías amigables al ambiente, con la integración de los edificios que hacen posible una vida integrada con los elementos naturales en todos los sentidos, desde tener espacios multifuncionales y versátiles hasta la consecución de mejores formas de utilización de la energía, su producción y ahorro, o el mejor uso del agua, reciclándola por ejemplo.

Todo lo anterior con adaptaciones a las viviendas que la vuelven un punto fuerte de mitigación ambiental, toda vez que si todas las viviendas futuras contaran con tales visiones en su construcción y funcionamiento, todas juntas ahorrarían miles de toneladas de dióxido de carbono equivalente por año.

Así pues, la forma de trabajo que proporciona Arzate sirve como referente tomando una situación ideal que da la pauta para evaluar la situación de una edificación respecto a su carácter sostenible ideal, lo que da como resultado una perspectiva integral de su estado que puede tener la aplicación práctica de qué hacer para mitigar o incluso solucionar sus puntos débiles en ese aspecto, o bien, reforzar sus fortalezas con miras a acercar a esa edificación a su máximo potencial en la sostenibilidad, dentro de cuatro rubros fundamentales: lo ecológico, lo espacial, lo tecnológico y lo bioclimático (Arzate Pérez, Modelo de evaluación sustentable para la arquitectura en México, 2008).

Con las tendencias contemporáneas e indicadores nacionales e internacionales en cuanto a la sostenibilidad en la arquitectura, surge la propuesta metodológica de Arzate, que es una prospección de la situación de un objeto arquitectónico con miras de comparación hacia el año 2030, basado en contextos ideales que se espera en ese momento.

Para hacer dicho análisis, considera cuatro aspectos fundamentales de evaluación que se integran en un juicio que responde a cómo se presenta el edificio evaluado en los siguientes escenarios:

- 1) Escenario ecológico: la vivienda en 2030 es respetuosa con su entorno natural, optimiza los recursos naturales no renovables y se vale mucho más que ahora de los recursos naturales renovables; los productos de la edificación son reciclados y también usa elementos biodegradables. Aprovecha la energía que del suelo y la vegetación para conservar la temperatura, minimizando la emisión de GEI.

Para beneficiarse del sol y el viento, la orientación se concibe desde la planificación urbana, y favorece la iluminación natural adecuada, crea espacios interiores conectados con los exteriores, integrándolos y reforzando el contacto con la naturaleza.

Se usa vegetación la de región, en grandes bloques de área verde, uso del agua decorativa que ayuda a mantener un microclima agradable. Además, la vegetación ayuda a absorber el agua de lluvia que pasa directamente al subsuelo.

Se tiene equipamiento con utilización de energías renovables y la recolección de basura se realiza con tubos a presión hacen viajar la basura a un contenedor general, separándose por tipo de material, para posibilitar el reciclaje. El material orgánico procedente de la poda de jardines se trata en biodigestores que da como resultado metano para uso en calefacción. Se tiene conciencia de la captación de agua de lluvia que se utiliza como riego. Asimismo, la vivienda mantiene interconexiones con su entorno exterior, es decir, es de adentro hacia afuera.

- 2) Escenario espacial: pronostica que se le dará relevancia al confort y a la seguridad al contar con elementos que se encuentran mimetizado en el edificio mismo. La iluminación natural se trabaja con aberturas en las fachadas, La estructura es versátil en su movilidad para crear espacios multifuncionales y adaptables. La forma se diseña respecto al clima del lugar y la función de los espacios no está necesariamente en función de ésta; más bien está relacionada con la estructura que permite los cambios de paredes y elementos para lograr la versatilidad mencionada. Por lo mismo, algunas actividades recreativas que solían hacerse fuera del hogar ahora se realizan puertas adentro, para incentivar la convivencia familiar. La vivienda lo permite, así como el trabajo cómodo en casa, satisfaciendo necesidades de comunicación y contacto a través de una gran adaptabilidad y respecto a costumbres y formas de ser.
- 3) Escenario tecnológico: la tecnología funciona a base de recursos que se pueden renovar periódicamente utilizando mayoritariamente al viento y al sol a través de estructuras físicas que se integran al edificio. Así, se aprecian de forma común paneles solares, termotanques, celdas de combustible que utilizan hidrógeno que sirven para alimentar de electricidad a la casa y a los automóviles que se tienen, habiendo esta tecnología reemplazado a la gasolina.

El agua pluvial es captada y almacenada en contenedores, y junto con el agua servida, se somete a sistemas purificadores y se utiliza nuevamente para el reúso. Las plantas purificadoras son pequeñas y están instaladas en cada casa.

El ahorro de energía eléctrica se logra con LEDS y se tiene tecnología computarizada en red que automatiza los procesos de funcionamiento conectados a un servidor central. Un tablero de mando permite controlar el sistema de alarma, revisar y diagnosticar la temperatura de la casa, controlar la iluminación interna y externa del lugar.

- 4) Escenario bioclimático: se cuenta con sistemas que regulan la temperatura interior, integrados con la disposición de elementos logrados en la concepción del espacio, logrando confort en el interior con el sol y el viento. Estos sistemas pueden captar los fenómenos naturales y utilizarlos de manera positiva: cuando esta energía es captada la absorbe un material con ciertas características y se distribuye según la conveniencia y necesidad del ocupante.

El servidor central acciona los sistemas dependiendo de la temperatura interior, que debe estar siempre en confort, abre si necesita calor, cierra si hay exceso de calor y abre ventanas para obtener ganancia con el viento o acciona aspersores para ganar humedad.

Algunos materiales fueron planteados para captar Esta energía para después ser utilizada dentro del espacio, aprovechando sus cualidades de absorción, emisión y transmisión.

Una de las características principales es la ausencia de un sistema de climatización, puesto que la temperatura depende de los flujos de calor que por conducción son transferidos a través de techo, paredes y piso. La conductividad térmica y el calor específico de los materiales, además de las características de la envolvente del espacio, determinan la ganancia de calor en el interior.

De las consideraciones de los escenarios anteriores, Arzate llega a la conclusión de que el escenario ideal de la vivienda que servirá como modelo de análisis es aquél en el que “la arquitectura y el ser humano conviven con el medio ambiente de manera integral y sistemática” para alcanzar la sostenibilidad arquitectónica con elementos distintos que abordan conceptos de confort, protección y ahorro energético.

Sus elementos están integrados espacialmente e interactúan con el medio ambiente o con el ser humano, transformando, utilizando y/o controlando la energía de manera eficiente.

Tiene pequeños espacios habitables, multifuncionales, cuenta con pequeñas estructuras que son descubiertas dentro del paisaje, son elásticas en función, forma, dinamismo, proporción y materiales, tiene estructuras montables y desmontables, móviles, espacios pequeños con confort y autónomos con una orientación adecuada.

De igual manera, se prevé que el espacio está influido por el medio ambiente, que el consumo de energía y la huella ecológica que presenta son bajas. Con ello, los escenarios reunidos logran un equilibrio en el consumo energético y se dirigen hacia la sostenibilidad, es decir que cuantos más escenarios se presenten de forma satisfactoria, mayor será el grado de sostenibilidad del objeto arquitectónico en cuestión (Arzate Pérez, Modelo de evaluación sustentable para la arquitectura en México, 2008).

En este esquema de evaluación, implícitamente se toman en cuenta valores sociales cuando fomenta la infraestructura de la ciudad por habitante, genera un aumento en la plusvalía de la vivienda; y valores económicos si se fomenta el ahorro de energía por habitante, la conservación de las reservas probadas de fuentes de energía fósiles, el aumento del consumo de recursos energéticos renovables. Se hace notar que estos valores corresponden a los ejes de la sostenibilidad (Arzate Pérez, Modelo de evaluación sustentable para la arquitectura en México, 2008).

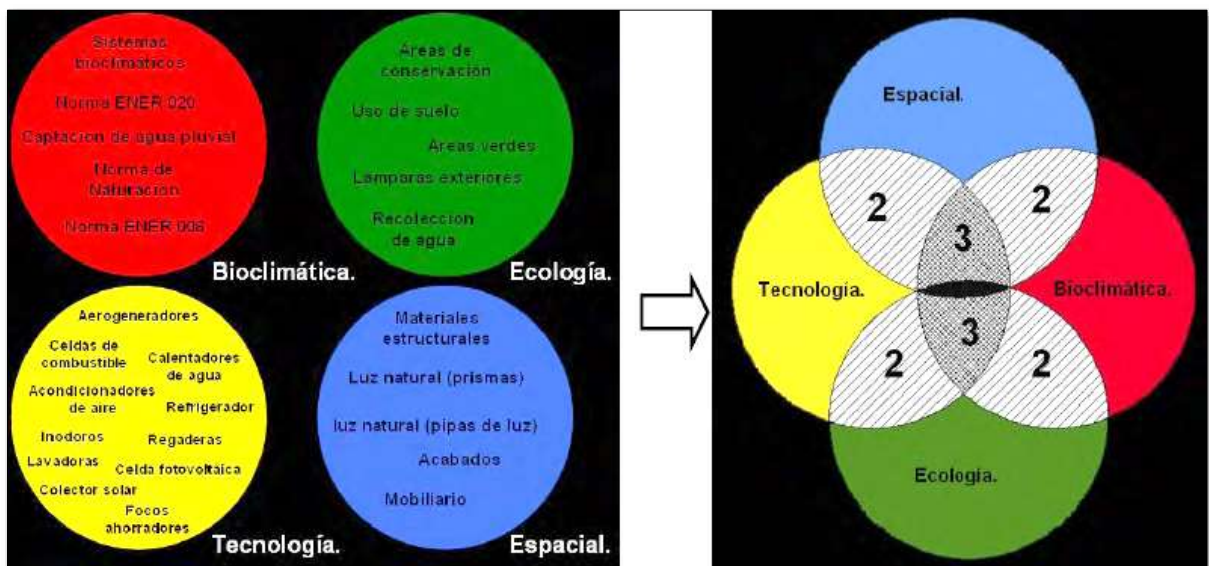


Figura 15. Metodología ARTEBES (Arzate). (Obtenida el 20 ene. 2015).

La metodología ARTEBES toma su nombre, pues, del hecho que se contemplan los criterios de arquitectura en lo tecnológico, ecológico, bioclimático, espacial y sostenible a través de la asignación de puntajes que determinan una situación en una escala de valores propuesta por su autor, lo que le da un carácter objetivo a la caracterización de un objeto arquitectónico dado que es la comparación del estándar ideal.

Para evaluar a las edificaciones actuales, se toman en cuenta una serie de determinantes que arrojan una estimación sobre su grado de sostenibilidad, para:

- a) Evidenciar cómo se presenta la sustentabilidad en un espacio arquitectónico y localizar cual es el área que tendrá que ser reforzada para alcanzarla en un mayor porcentaje al final del diseño.
- b) Encontrar la cantidad de energía que se ahorra o genera con tecnologías o sistemas que utilizan recursos renovables en la arquitectura.
- c) Mostrar los ahorros energéticos (representados en: vatios, económicos, petróleo o que se dejan de emitir a la atmósfera dióxido de carbono) y proyectarlos a futuro para conocer las ventajas se obtendrían, para poder elaborar una correcta planeación a corto, mediano o largo plazo (Arzate Pérez, ARTEBES, 2008).

Para ello, las consideraciones tomadas son:

1. Escenario espacial.
 - a. Materiales estructurales con ahorro energético.
 - b. Mobiliario de ahorro energético.
 - c. Acabados con ahorro energético.
 - d. Optimización de luz natural mediante prismas.
 - e. Optimización de luz natural mediante pipas de luz.
2. Escenario tecnológico.
 - a. Celdas de combustible para el ahorro.
 - b. Aerogeneradores para el aprovechamiento de energía eólica.
 - c. Celdas fotovoltaicas para ahorro energético.

- d. Colectores solares para ahorro energético.
 - e. Focos ahorradores en conformidad con el Fide.
 - f. Cumplimiento con la NOM-008-CNA-1998.
 - g. Cumplimiento con la NOM-009-CNA-2001.
 - h. Cumplimiento con la NOM-003-ENER-2011.
 - i. Cumplimiento con la NOM-005-ENER-2012.
 - j. Cumplimiento con la NOM-011-ENER-2006.
 - k. Cumplimiento con la NOM-015-ENER-2012.
3. Escenario bioclimático
- a. Cumplimiento con la NOM-008-ENER-2001.
 - b. Cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011, de ahorro energético.
 - c. Cumplimiento con la norma de naturación vigente.
 - d. Sistemas bioclimáticos de ahorro.
 - e. Sistemas de captación de agua para el ahorro.
4. Escenario ecológico.
- a. Consideración de las áreas de conservación ecológica en torno a los asentamientos humanos.
 - b. Normatividad vigente en términos de uso de suelo.
 - c. Requisitos de áreas verdes afuera de la vivienda.
 - d. Cumplimiento con la NOM-007-ENER-2014, para lámparas exteriores.
 - e. Recolección de agua en terrazas y banquetas.

Conclusiones particulares

Con la visión integral de las distintas metodologías de evaluar un edificio en su aspecto de sostenibilidad, se concluyó que con la metodología Artebes se tiene el panorama de ese aspecto para emitir un juicio sobre el impacto del objeto evaluado en su entorno. Se ha visto que es una metodología que considera varios escenarios, que cuando se reúnen, engloban de forma sistemática los parámetros que permiten construir una crítica objetiva que puede servir como punto de partida.

Las metodologías generales revisadas muestran similitudes en sus procedimientos, que señalan que es imperativo para el proyecto arquitectónico sostenible, en este caso, de los edificios altos de vivienda, iniciar con una concepción integradora del objeto relacionándolo con su entorno, y todas las propuestas vistas incluyen evaluaciones en términos de la interacción ambiental y energética, haciendo patente la visión del ahorro y la conservación de los recursos que se emplean. A final de cuentas, se buscará la prevalencia de la sostenibilidad en los edificios altos de vivienda, que está directamente relacionada con los impactos y el desgaste en el entorno ambiental. Yeang los denomina *inputs* y *outputs*, Szokolay los llama consecuencias energéticas y De Garrido implica a la conservación de la energía al evocar al funcionamiento de la naturaleza, de forma que en la metodología a usar en este estudio, se contemplará puntualmente ese aspecto.

Un rubro fundamental que abordan los autores es la relación simbiótica entre el edificio y el usuario, siendo los que aportan más en ese respecto Fuentes y De Garrido, quienes consideran dentro de sus estudios aspectos que no son solo físicos, como hace Olgay, quien aborda al hombre en términos de sensaciones físicas, mientras que los demás, lo hacen en sus dimensiones sociales y culturales, incluso económicas.

Además, haciendo una integración de estas propuestas, se tienen las orientaciones como la de Fuentes, creada en el sentir didáctico e investigativo incorpora, junto con Yeang y De Garrido indicadores de relación con lo urbano, los cuales se tomarán en cuenta en la metodología final.

Por eso, con la base que da Yeang al referir que el objetivo del proyecto arquitectónico sostenible es relacionar las actividades humanas con los ecosistemas de la manera menos destructiva posible, del modo más ventajoso y compatible con las limitaciones inherentes al ecosistema, incluso es posible proyectar el entorno edificado de tal modo que produzca impactos ecológicos benéficos. Los puntos críticos del proyecto son cómo, cuándo y dónde se ejecutan esos cambios, y de qué forma se introducen los sistemas proyectados.

Ello establece la pauta a seguir, pero carece de elementos puntuales de trabajo, sobre todo en el ámbito del impacto urbano, los cuales serán aportados por la norma mexicana, que sí contempla a la integración del edificio con su entorno construido, con la ciudad.

De Garrido aporta elementos más precisos en cuanto al ahorro energético y establece claramente indicadores que se tomarán en cuenta para establecer un grado de afectación del edificio alto de vivienda en su entorno, adecuándolas a la realidad meridana, dado que se está experimentando un inicio de la verticalización y las propuestas de De Garrido, en lo general, apuntan hacia edificios que contemplan el reciclaje.

Se incluyó a La SEDA porque aporta un elemento vital, que es la ética, la cual no tiene que dissociarse de la práctica arquitectónica sostenible, y porque toca un punto relevante para considerar cuando dicta que los desperdicios en realidad no lo son, sino que pueden ser considerados fuentes alternas de las que obtener energía limpia, para tener un edificio alto con menores emisiones de desperdicio apareciendo entonces, la gama de posibilidades para energizar un edificio de forma eficiente.

De esta manera, se integran en el propósito de la tesis los grupos de conceptos abordados; los edificios altos de vivienda está incluido por el hecho de que ese es el objeto mismo de estudio, con las características que lo caracterizarán como tal, y haciendo referencia al fenómeno de la verticalización naciente de la ciudad de Mérida.

Pero, el solo edificio alto de vivienda no es el tema central del estudio, sino que es mirado a través de los ojos de la sostenibilidad, con los elementos que lleva consigo, y que se han discutido. De ello, se derivan dos conceptos importantes: el impacto ambiental y la guía para el proceso metodológico para una evaluación, como una aproximación conceptual de las propuestas metodológicas exploradas en la literatura.

Las metodologías presentadas coinciden en lo general en el proceso lógico a seguir en la determinación de los proyectos arquitectónicos sostenibles, que se pueden aplicar directamente a los edificios altos de vivienda, para también usarlas en la identificación de los impactos que le den al medio, pero se debe hacer la observación de que la propuesta de De Garrido es más audaz que las demás dado que trabaja con el proyecto sostenible para ser una transición hacia las Naturalezas Artificiales, integrándose y mimetizándose con la naturaleza real, lo cual no es el alcance de esta investigación. Se la ha contemplado, porque el análisis de los edificios altos de vivienda en relación a la sostenibilidad es lo relevante para discutir y comprender, para que estudios de este tipo sirvan de base a arquitecturas totalmente verdes y naturales. Como aterrizaje de la metodología para la evaluación, se tomará la base de la metodología doctoral propuesta por Arzate, orientada a la evaluación sostenible de la vivienda con miras a la planeación dirigida al desarrollo sostenible y su integración con su medio, planteando los pasos para evaluar el proyecto arquitectónico y poder obtener una visión clara de su nivel de sostenibilidad.

Los aspectos espaciales y normativos se tendrán como incluidos en la evaluación, ya que son inherentes a todo proyecto arquitectónico, y contribuirán a determinar valores que posicionarán al proyecto en un nivel estimado de sostenibilidad de acuerdo a valores propuestos por la propia metodología, si se fomenta o propicia la disminución de dióxido de carbono emitido a la atmósfera, si se puede reutilizar al final de su ciclo de vida, si puede ahorrar o recuperar agua para reintroducirla en el ciclo de uso de las actividades humanas.

La experiencia ha demostrado que al no contemplar criterios sostenibles, se crean moles consumidoras de energía, pero también hay ejemplos de edificios altos que promueven la recirculación de energía y que dotan a sus usuarios de ambientes agradables (Skyscraper, 2014), de forma que cuando se unen ambos criterios, puede ser una solución positiva a problemas espaciales en una ciudad, y aunque no es ese el caso de la ciudad de Mérida, se tiene la situación de que ya están presentes en nuestro entorno, y lo que procede es analizarlos para tener idea de lo que puede suceder en el futuro, de continuar la tendencia.

CAPÍTULO 4. CASO DE ESTUDIO: COUNTRY TOWERS

El proyecto hacia adentro

Con los impactos ambientales inmediatos para el entorno en el que se encuentra el proyecto, y para evaluar la sostenibilidad en lo ambiental, se buscará identificar los siguientes puntos:

- ¿Cómo se abastece de agua el proyecto?
- ¿Qué se hace con el agua servida?
- ¿Qué sucede con el agua pluvial que cae a los edificios?
- ¿Cómo se maneja la basura generada en el proyecto?
- ¿Se usaron métodos pasivos de diseño del edificio?
- ¿Cuál es el método de iluminación para el interior de los departamentos?
- ¿Cuál es el método de refrescamiento para el interior de los departamentos?
- ¿Cuál es el metraje de construcción del conjunto?
- ¿Qué materiales se usan en su construcción?
- ¿La estructura permite las formas pasivas de acondicionamiento?
- ¿Qué sistemas de acondicionamiento de aire se contemplan para el proyecto?
- ¿Cuál es la forma de energizar al conjunto?

Así que, caracterizando en lo tecnológico al conjunto, se tiene que es una estructura de marcos rígidos hechos de concreto y losas aligeradas, con el recubrimiento exterior hecho de elementos prefabricados y vidriería, todo de empresas locales que suministran los materiales necesarios. Se trata, pues, de estructuras de concreto armado, del tipo tradicional, siendo los elementos estructurales mayores las columnas en las áreas subterráneas que corresponden a los estacionamientos, y a los sótanos de máquinas. Dichas columnas son de dimensiones de noventa por sesenta centímetros.

El emplazamiento del conjunto es un terreno irregular de 2.9 hectáreas, en las que se alzarán las tres torres, y un edificio destinado a ser estacionamiento; el estacionamiento consta de tres niveles, siendo uno de ellos subterráneo; sin embargo, solo se usaron métodos y materiales tradicionales en su construcción.

Al momento de elaborar esta tesis, ya estaban completadas dos de las torres, y la tercera estaba programada para empezar su construcción en enero de 2016 (Inmobilia Operadora, 2015).



Figura 16. Terreno de las Country Towers (rentasyventas.com). (Obtenida el 15 ene. 2015).



Acceso



Etapa 2 (incluye la Torre 3)

- 1 Torre 1
- 3 Motor lobby Torre 1
- 5 Control de ingreso
- 7 Cancha de pádel
- 9 Golf
- 11 Pista de trote
- 13 Lago artificial
- 15 Asoleadero
- 17 Palapa

- 2 Torre 2
- 4 Motor lobby Torre 2
- 6 Cancha de tenis
- 8 Cancha de básquetbol
- 10 Área de lectura
- 12 Área de estar con muelle
- 14 Puente
- 16 Alberca
- 18 Juegos infantiles

Figura 17. Vista del conjunto de las Country Towers. (estructurainmobiliaria.com). (Obtenida el 28 oct. 2015).

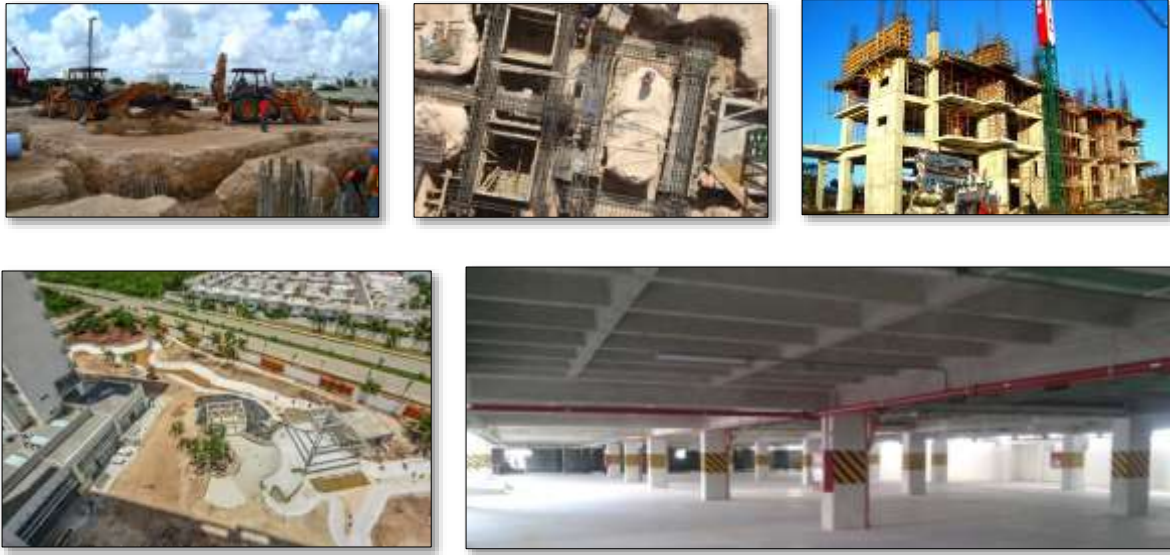


Figura 18. Maquinaria y sistemas constructivos tradicionales en las Country Towers. (Inmobilia Operadora)(Fotografías propias).

Existe una estructura menor en el complejo, que es la palapa que da servicio a la alberca comunitaria, la cual también es de estructura de concreto armado. El concreto también prevalece en los pisos y en los detalles de ambientación, así que se puede decir que en general, esta construcción basada en el concreto representa un aporte importante en cuanto a emisiones de dióxido de carbono, si se considera su tamaño y el hecho de que cada metro cúbico de concreto genera 0.3 toneladas de dióxido de carbono (Fonseca, 2014).



Figura 19. Vistas de la piscina exterior. (Fotografías propias).

Se estima que en conjunto, las tres torres contienen un aproximado de 20 mil 100 metros cúbicos de concreto, cantidad que da como resultado más de seis mil toneladas de dióxido de carbono aportadas a la atmósfera.



Figura 20. Mosaico de sistemas estructurales en las Country Towers. (Fotografías propias).

La distribución espacial de los departamentos considera el agrupamiento en las instalaciones en un área en la que concurren todos los servicios, con ductos propios para cada uno; así, están agrupados, pero separadas las instalaciones eléctrica, hidráulica, de aire acondicionado, de voz y datos, sanitarias, pluvial, de basura y contra incendios, y de igual manera, se utilizan materiales convencionales en la satisfacción de esos menesteres.

Estos módulos y ductos de servicios se encuentran en la zona compatible de circulación vertical, la cual es a base de ascensores eléctricos y de la escalera de servicios.

Es de notar que cada departamento cuenta con equipo propio de aire acondicionado y que el diseño que presentan los interiores una vez que estén ocupados, privilegia el uso de esos aparatos para el confort de los usuarios; no se aprecian intenciones de usar a la estructura de forma alguna que involucre diseños pasivos para la ventilación de los espacios creados.

Incluso, destaca la falta de esta característica de confort básica en el área destinada a ser el dormitorio de la persona de servicio tiene unas dimensiones de dos por dos metros y medio. De hecho, se observó que lo que se ha contemplado como diseño de aprovechamiento energético, es el uso de lámparas LED, sin embargo, eso es una característica accesoria al espacio y a discreción del usuario, y no parte inherente a los edificios.

En cuanto al abastecimiento del agua, se cuentan con cinco cisternas que se llenan con agua procedente del sistema municipal, y alimentan a las torres departamentales por medio de equipos hidroneumáticos industriales localizados en el sótano de cada torre.

Adicionalmente, de esas cisternas se llena la alberca techada del conjunto y en el mismo sitio de máquinas se encuentra el equipo de calefacción y recirculación de ella; no así sucede con la alberca exterior, la cual toma su agua desde un pozo expreso y tiene su propio cuarto de máquinas.



Figura 21. Abastecimiento de agua en el proyecto. (Fotografías propias).



Figura 22. Instalaciones en el proyecto. (Fotografías propias).

No hay diseñado un sistema de aprovechamiento del agua servida; el agua procedente de los servicios se dirige desde ellos hacia el registro principal que hace conexión con la infraestructura del municipio, haciendo una red subterránea tradicional de ramales y registros que reciben la descarga de los edificios, siendo lo único diferente de una instalación sanitaria común el hecho de que para librar la altura de más de cien metros, se tienen omegas de tubería de PVC para reducir la velocidad de las caídas de todas las descargas antes de llegar al primer registro en el suelo que las recibe, ya que de no existir éstas, se tendría materia en caída libre. Asimismo, el agua de lluvia es sencillamente canalizada a través de bajantes pluviales desde las azoteas y pisos hasta pozos de absorción pluvial, sin que se considere una reutilización o almacenaje para incorporarla al ciclo de vida de los edificios.

La basura generada por los usuarios de las torres se concentrará en contenedores en las bases de los edificios, los cuales la recibirán por medio de ductos.

Una vez llenos los contenedores, estos se vaciarán a uno más grande en el paramento del predio, quedando así a disposición del servicio municipal de recoja de basura, al no contar con alguna forma de reciclaje o aprovechamiento que se pueda hacer de ese material, que sea promovido por el proyecto.

De la misma manera que los servicios anteriores, la electrificación del complejo depende de la red federal, al interconectarse con las líneas de media tensión hasta un cuarto eléctrico localizado en el sótano del edificio del estacionamiento.

En ese sitio se tienen los transformadores propios de cien kilovoltamperios que surten de energía al complejo, por medio de ramales hasta centros de carga en cada torre. Así se constató que tampoco existe en ese rubro el diseño que integra algún método de uso de energía renovable, como paneles solares.



Figura 23. Drenaje sanitario y pluvial convencional; el sanitario conectado al municipal. (Fotografías propias).

El proyecto hacia afuera

Las Country Towers se localizan en la calle 19 por 22 de Altabrisa, en Mérida, Yucatán, en el nororiente, a una cuadra detrás del centro comercial Altabrisa, y del Hospital Regional de Alta Especialidad de la Península, y aunque está muy próximo a esos tipos de equipamientos masivos, la zona en la que se localiza es de muy baja densidad y pertenece a un nivel de vida elevado, en el que prevalecen viviendas con terrenos amplios y en la que se aprecia poca convivencia vecinal y circulación preferentemente vehicular.



Figura 24. Country Towers, localización. (Google Earth e Inmobilia). (Obtenida el 20 ene. 2015).

Se observó que se constituye como una entidad que, dada la exclusividad que maneja, se constituye como un proyecto que interacciona poco con la ciudad en cuanto al funcionamiento. Sin embargo, en otros aspectos, se vuelve un ente insoslayable en su área.

El conjunto se muestra como una propuesta relativamente ajena a la ciudad, cuyo funcionamiento se pensó para formar una burbuja dentro de ella, proveyendo a los ocupantes de lo necesario para no tener que recurrir a lo que ésta ofrece, o hacerlo muy poco. Se dota de una absoluta privacidad en la que los residentes tienen contacto, al menos visual con la ciudad, y viceversa. Ello es intencional, dado que se promueve como “un oasis de tranquilidad, sol y agua” para tener “la evasión perfecta para el ajetreo cotidiano”, que cuenta con “barda perimetral, controles de acceso, vigilancia, cámaras infrarrojas y personal altamente capacitado en seguridad, garantizarán la más absoluta privacidad y tranquilidad a los residentes de Country Towers”, para que aún en el lado del ocio, se tenga “una sala de cine con capacidad para 12 personas equipada con los más sofisticados equipos de audio y video proyección para disfrutar en compañía de vecinos, familiares o amigos de su pasión por el séptimo arte sin salir de casa” (Inmobilia Operadora, 2015). Lo anterior es ayudado por el relativo aislamiento que se experimenta en su sitio de emplazamiento.

Ello se conjuga para cimentar la idea con la que se desarrolló el proyecto, de ser un espacio que privilegia la intimidad, aun estando dentro de los límites urbanos virtuales que impone el Periférico. Sin embargo, se puede llegar a tener cierta relación del complejo con el equipamiento que ofrece la ciudad en sus puntos más próximos, como los centros de abasto que comprenden las tiendas y supermercados de alrededor, así como las opciones de entretenimiento de la zona para con los residentes, es decir, restaurantes, cines, etcétera, los cuales pueden ser o no suplidos por las “amenidades” que se localizan en el desarrollo. Pero por la cercanía entre las partes, es posible que el equipamiento mencionado atraiga a las personas que habiten los departamentos de las Country Towers y con ello, acaso tengan contacto esporádico con la ciudad.

En general, las Country Towers están bien comunicadas con la ciudad, y gozan de esa característica conservando la privacidad que promocionan, sin embargo, ese hecho probablemente se deba a que la zona aún no está completamente poblada, hay muchos predios vacíos y los que hay son de vivienda de densidad baja; lo que las torres vienen a contrastar con la gran densidad que presentarán una vez que todo el conjunto esté ocupado, lo que sucederá alrededor del año 2016, cuando se dé por terminada la tercera y última torre, según estimaciones consultadas en la obra.

Cuando eso suceda, la calle 22 que entronca en la calle 7, que es una arteria principal que une al Anillo Periférico con el Monumento a las Haciendas, que pasa por la plaza comercial Altabrisa y que se extiende hasta Plaza Fiesta, será una avenida que incrementará su aforo tomando en cuenta que el edificio de estacionamiento del conjunto tiene cupo para seiscientos automóviles.

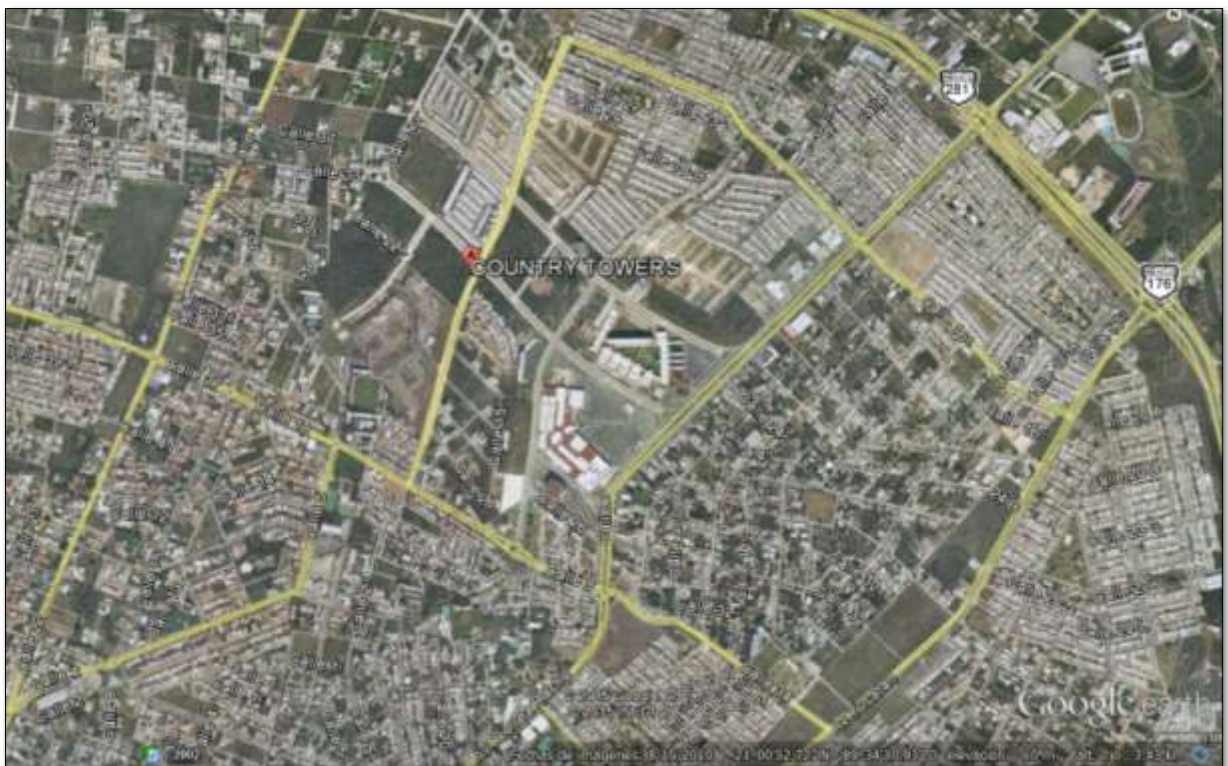


Figura 25. Calles de conexión de la zona aledaña a las Country Towers. (Google Earth). (Obtenida el 20 ene. 2015).

Otro aspecto que es necesario mencionar respecto al carácter de privacidad y selectividad que tienen las torres es el hecho mencionado de que en su alrededor prevalece la circulación vehicular privada. Para acceder al conjunto se tiene una caseta de vigilancia diseñada para controlar el acceso vehicular en primer lugar, y en segundo lugar, peatonal. El transporte público colectivo no se adentra al interior de la zona para tocar expresamente a este desarrollo, por lo que de querer llegar a él usando un autobús público o similar, se debe descender en las inmediaciones de la plaza comercial Altabrisa y terminar el trayecto a pie; esto es de hacerse notar porque una vez puestos en funcionamiento, los departamentos tendrán como usuario tanto a los propietarios de los departamentos como a las personas de servicio, los cuales generalmente hacen uso del transporte público.

Como parte de las relaciones más directas que tiene con la ciudad, en el sentido de que la impactan más directamente, se puede mencionar que la esbeltez y altura de esta tríada de edificios rompe de forma total con el horizonte plano que rige en la ciudad de Mérida, solo interrumpido ocasionalmente por construcciones de vivienda de cuatro o cinco niveles, y por construcciones de tipo comercial como hoteles y edificios de oficinas, dispersos en toda la urbe.

Pero esencialmente, Mérida se caracteriza por ser lugar de crecimiento en extensión y no en altura, situación que poco a poco va modificándose con la aparición de edificios altos sobre todo en el norte de la ciudad, que está alterando su horizonte.

En este momento, las construcciones altas no constituyen aglomeraciones que integren un distrito de rascacielos o construcción alta; un caso así, o parecido, se puede encontrar en Paseo de Montejo, con la presencia de los hoteles que se encuentran allí, como el Hyatt, el Fiesta Americana, el Ibis o El Conquistador, y aún dentro de esos ejemplos, esos exponentes se encuentran separados sin que se perciban como una verdadera zona de edificios altos. Posiblemente las Country Towers sea el inicio de una tendencia que paulatinamente vaya modificando y uniendo esos puntos altos de la ciudad.



*Figura 26. Vistas de la inserción de las Country Towers en el relieve plano de Mérida.
(skyscraper.com). (Obtenida el 20 ene. 2015).*

Sin embargo, el impacto más importante que tienen las torres en el conjunto urbano se da en el rubro de los servicios que utiliza, debido al alto número de habitantes para los que ha sido proyectado, que es de 1 545 personas aproximadamente.

El agua potable y su destino final son una carga importante para el medio ambiente, considerando que el Reglamento de Construcciones del Municipio de Mérida establece un mínimo de 400 litros por persona al día para viviendas de tipo residencial (Municipio de Mérida, Yucatán, 2004), debido al tipo de aparato y usos que se tienen en una vivienda de esa naturaleza, y que, a falta de una reglamentación específica para departamentos de lujo, se obtiene que las torres demandan 618 mil litros de agua diariamente, los cuales son suministrados por el sistema estatal de agua potable, la Junta Municipal de Agua Potable (JAPAY), desde una de sus plantas potabilizadoras, es decir que el agua extraída de los mantos freáticos pasan por el proceso de la potabilización antes de ser entregada al usuario final, es decir, que el conjunto pasa a ser un consumidor más de la JAPAY.

La planta que las surte de agua potable es la Planta Mérida III, localizada en el kilómetro 0.5 de la carretera a Tixcocob, y desde allí les llega a través de la infraestructura gubernamental, con la diferencia de que se hicieron ajustes en la acometida para que pueda fluir satisfactoriamente el caudal requerido por la instalación de los edificios (JAPAY, 2014).



Figura 27. Localización de la Planta Potabilizadora Mérida III. (Japay). (Obtenida el 25oct. 2015).

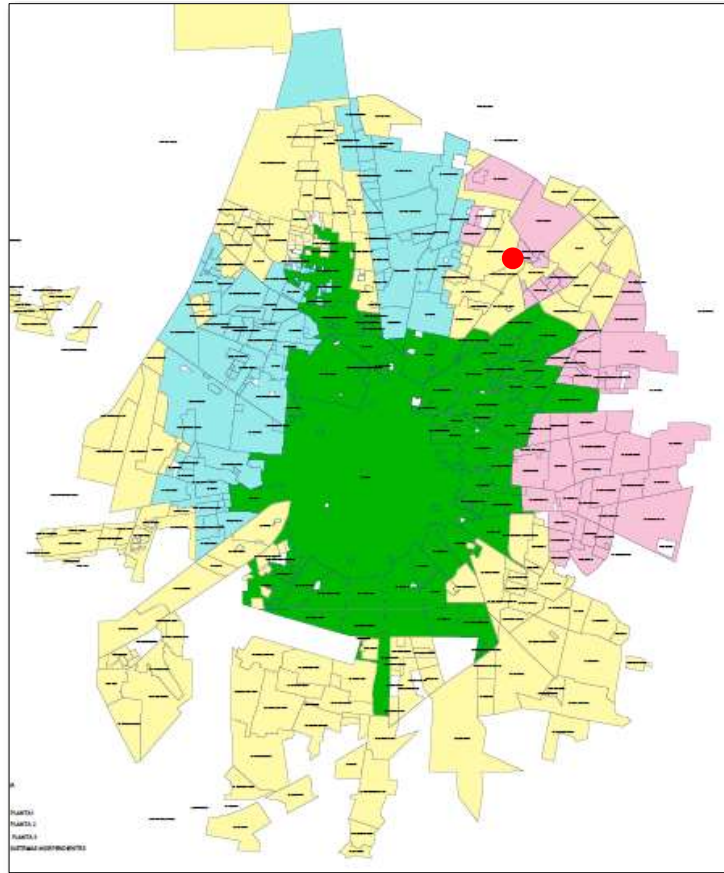


Figura 28. Zona de influencia de la planta potabilizadora Mérida III, en rosado; las country Towers se muestran como el punto rojo. (Japay). (Obtenida el 20 ene. 2015).



Figura 29. Vistas de la planta potabilizadora Mérida III. (Japay). (Obtenida el 20 ene. 2015).

Una vez usada el agua potable, el proceso para su tratamiento y devolverla al subsuelo, también corre por cuenta de la JAPAY, y para dar abasto a la cantidad de aguas servidas que se generarán cuando las tres torres estén completamente funcionando, la dependencia rehabilitó y modificó la Planta de Tratamiento para Aguas Residuales (PTAR) en un predio vecino al proyecto, ya que el proyecto no cuenta con un sistema propio para tratar las aguas servidas que genere el proyecto, las cuales se contemplan que sean de 494 mil litros diarios, dado que las aguas residuales se consideran en función del 80% del agua consumida, y un sistema tradicional de fosas sépticas o biodigestores resultaría insuficiente para tal demanda.



Figura 30. Localización de la PTAR que da servicio a las Country Towers. (Japay). (Obtenida el 20 ene. 2015).

La PTAR rehabilitada permitir una reducción del consumo de energía con un ahorro del 50% mediante el uso de equipos de alta eficiencia y la generación eléctrica fotovoltaica, lo que supone la capacidad de operación de la planta durante 20 años. El equipamiento cuenta con el suministro e instalación de sopladores, líneas de distribución y difusores de aire, sistema de aireación para la estabilización y deshidratado de lodos, generación de energía eléctrica y la construcción de líneas de conducción de la PTAR de San Carlos a la de Altabrisa.

La particularidad de esta PTAR que da servicio al complejo es que se establecieron 728 paneles solares para generación de energía fotovoltaica y la construcción de líneas de conducción de tubería de alcantarillado sanitario con una longitud de 236 metros lineales (JAPAY, 2015). En el sentido de la sostenibilidad en cuanto a las energías renovables, indirectamente se tiene el uso de éstas en el funcionamiento de las viviendas que componen a las torres.

Por último, la basura también es una situación en la que las torres aportan un impacto considerable. Basta con tomar el dato de que, en promedio, una persona genera setecientos gramos de basura (INEGI, 2013) y que las torres albergarán finalmente a 1 545 personas, la cantidad diaria aproximada que se puede esperar es de más de una tonelada de basura al día.

Esa cantidad de residuos saldrán del conjunto para ser controlados por el municipio; para ir a parar y tener el mismo destino que la basura del resto de las viviendas de la zona, dado que no hay en el proyecto una forma para aprovechar o tratar los desperdicios. Como tal, una empresa subrogada por el ayuntamiento será la destinada a liberar a las Country Towers de los residuos que generará, que atenderá, según el calendario de la municipalidad, dos veces cada semana y que en el caso de la zona de Altabrisa, le corresponde a la empresa Sana (Dirección de Servicios Públicos Municipales, Mérida, Yucatán, 2014).

La metodología ARTEBES aplicada al caso de estudio.

El sistema ARTEBES es el modelo de evaluación para la arquitectura sostenible en México que sirve, entre otras funciones, para obtener una visión clara del nivel de sostenibilidad que tiene un proyecto determinado, detectando cómo se presenta ésta en un espacio arquitectónico, localizando áreas a reforzar para alcanzar un mayor porcentaje de sostenibilidad en el diseño, calculando la cantidad de energía que se ahorra o se genera con tecnologías o sistemas que utilizan recursos renovables en la arquitectura, mostrando los ahorros energéticos del proyecto para conocer qué ventajas se obtendrían de este ahorro.

En los siguientes análisis se integran los elementos de cada área a abordar (espacial, tecnología, bioclimática y ecología), y cada uno de ellos se rige por normas, leyes o empresas que buscan la sostenibilidad en la arquitectura; después, por medio de los indicadores de desarrollo sostenible en México, se designan valores a cada uno de los elementos para su posterior interpretación.

Estos valores son medioambientales, que evalúan el fomento o la disminución de dióxido de carbono emitido a la atmósfera, el reciclaje, y el ahorro o recuperación del agua para reintroducirla en el ciclo de uso de las actividades humanas.

Valores sociales, que fomentan la infraestructura de la ciudad por habitante y si se genera un aumento en la plusvalía de la vivienda. Valores económicos, que verifican el fomento al ahorro de energía por habitante, de la conservación de las reservas probadas de fuentes de energía fósiles, del aumento del consumo de recursos energéticos renovables y de la disminución del costo económico en protección ambiental en relación con el producto interno bruto del país.

Finalmente, los valores institucionales, en los que se utilizan normas y leyes nacionales que fomentan la eficiencia y ahorro energético de los recursos naturales (Barrera & Alonso, 2013).

Análisis espacial

En la metodología ARTEBES, la evaluación espacial se refiere a las características que configuran en espacio, incluyendo sus acabados y el uso de la luz dentro de ellos, inclusive se considera en este análisis el mobiliario exterior (Arzate Pérez, Modelo de evaluación sustentable para la arquitectura en México, 2008).

a. Materiales estructurales con ahorro energético.

De acuerdo a la información recabada en la investigación, cada torre, con sus ciento cinco metros de altura, utiliza como componente principal en su estructura, concreto, tanto vaciado en obra para el esqueleto como paneles prefabricados en su recubrimiento, sumando seis mil setecientos metros cúbicos de este material, en su versión ligera tanto por las dimensiones que se manejan como por el hecho de requerirse por la naturaleza del proyecto, que se alza en vertical más de cien metros sobre el suelo; la escogencia de este material, en cuanto a la sostenibilidad, representa ventajas constructivas que redundan en el ahorro de energía.

El concreto ligero tiene características propias; por un medio espumoso adicionado a la mezcla se ha hecho más ligero que el concreto convencional de cemento, arena y grava; es un concreto cuya densidad superficialmente seca no es mayor a $1\ 800\ \text{kg/m}^3$, lo que resulta ligero si se compara con el concreto tradicional que usualmente pesa entre $2\ 400$ y $2\ 500\ \text{kg/m}^3$. Su resistencia es proporcional a su peso, y su resistencia al desgaste por la acción atmosférica es casi como la del concreto ordinario.

Sus ventajas están en los ahorros en acero estructural y en los tamaños disminuidos de la cimentación debido a cargas disminuidas y una resistencia y un aislamiento mejores contra el fuego, el calor y sonido (CEMEX, 2015).

En el caso de las Country Towers, el peso propio de la estructura representa una proporción importante en la carga total de la estructura por lo que reducir la densidad del mismo resulta beneficioso.

Así se reduce la carga muerta, con la consiguiente reducción del tamaño de los distintos elementos estructurales, llegando a los cimientos y al suelo con menores cargas. Las ventajas de tener materiales con baja densidad son numerosas: reducción de las cargas muertas, mayor rapidez de construcción, así como menores costos de transportes y acarreos. Los agregados producidos por aplicación de calor para expandir la pizarra, arcilla, esquisto, la pizarra diatomácea, perlita, obsidiana y vermiculita tienen una densidad de 650 a 900 kg/m³ para el caso del proceso mediante aglutinado y de 300 a 650 kg/m³ cuando se hacen en el horno giratorio. Los concretos que se obtienen tienen densidades entre 1 400 a 1 800 kg/m³ tienen la ventaja de que se obtienen resistencias más elevadas que con cualquier otro agregado ligero.

El concreto estructural ligero permite lograr dosificaciones de igual resistencia a la compresión que las obtenidas con piedra triturada o canto rodado con considerable reducción en el peso propio lo que se traduce eventualmente en menores costos de mantenimiento de plantas y equipos de transporte. Permite que las losas y cerramientos ejecutados con este material amortigüen las vibraciones propagadas por el medio ambiente y por vía de impacto, al degradar su energía. En cuanto a la evaluación del efecto acústico con la utilización de arcilla expandida, muestra mayor aislamiento acústico que la correspondiente a su peso específico para los ruidos aéreos (IMCYC, 2004).

Entonces, haciendo la comparativa entre la solución dada a las torres respecto a la construcción con concreto tradicional, se tiene lo siguiente:

Con 6 700 m³ de concreto, si se cuantifica el concreto ligero, con una densidad de 1 800 kg/m³, se tiene una masa de 12 millones 60 mil kg; mientras que el concreto tradicional representa, con su densidad promedio de 2 450 kg/m³, una masa de 16 millones 415 mil kg. Es decir 36% más en peso. Ese dato interesa, ya que una forma de medir la eficiencia de los materiales es a través de su intensidad energética, que indica la energía que consumen, en megajulios (MJ), por cada kilogramo utilizado.

Cada material tiene su intensidad energética; para el concreto ligero es de 0.76 MJ/kg y para el concreto tradicional es de 0.95 MJ/kg (DG de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, 2010). Con eso, se tiene que para la erección de las torres en cuanto al concreto, se utilizaron 9 millones 165 mil 600 megajulios de energía, o 2.5 GWh, equivalente a 219 toneladas de petróleo.

Mientras que con el concreto tradicional se hubiera consumido 15 millones 594 mil 250 megajulios de energía, equivalentes a 4.3 GWh y a 373 toneladas de petróleo, consumiéndose entonces sólo el 58% del petróleo que se hubiera necesitado de la manera convencional. Eso significó un ahorro total de 1.8 gigavatios de energía (IAE, 2015).

Por esas razones, en el sistema ARTEBES se le considera como punto positivo en la evaluación.

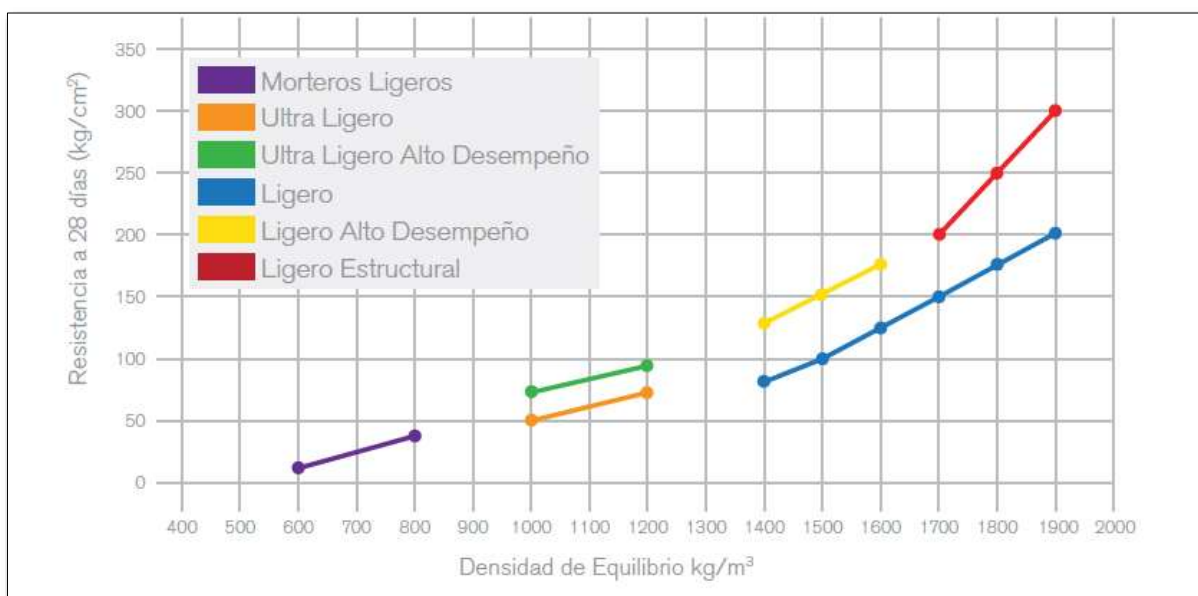


Figura 31. Concretos, desempeño de resistencia vs. peso (CEMEX). (Obtenida el 25 ene. 2015).

La construcción de un metro cuadrado de construcción supone la utilización en obra de 2 500 kg de materiales con una gran cantidad de impactos ambientales asociados. Si se considera, además, la mochila ecológica, se tiene 7 500 kg/m² (López, 2009).

Además, considerando que la fabricación de los materiales necesarios para construir un metro cuadrado de superficie habitable puede suponer una energía equivalente a seis mil megajulios o ciento cincuenta litros de gasolina, esto equivale a seiscientos kilogramos de dióxido de carbono; y el uso habitual del edificio puede ascender a cuatrocientos setenta y cinco megajulios o doce litros de gasolina por año, o equivalentemente a casi cinco barriles de petróleo por metro cuadrado. En cuanto al agua, se consume en promedio ciento cuarenta litros de agua potable por persona, un 90% de ésta se usa para saneamiento y el 10% restante se usa para beber o cocinar. Una forma sencilla de dimensionar esto es que cada día, la persona promedio consume el doble de su peso en agua (López, 2009).

b. Mobiliario de ahorro energético.

En cualquier proyecto que contemple diseño del paisaje, se encuentran objetos que se encuadran en el concepto de mobiliario exterior, que incluso puede ser urbano. Estos elementos, de tipología y formas muy variadas, tienen diversas funciones: desde iluminar como las farolas; dar información a través de paneles, señales, etc.; resguardar al usuario como las marquesinas; dar un servicio ya sea sanitario como los urinarios, de limpieza como las papeleras, de expedición de boletos como los contadores de estacionamientos, de descanso como los bancos, de seguridad como las vallas, etc.

Su implantación en los diferentes ámbitos espaciales del proyecto debe responder a criterios no solamente funcionales, es decir, misión o servicio que prestan, sino a otros más actuales que podrían denominarse de sostenibilidad. En su diseño y estética final se considerará el paisaje urbano del que van a formar parte, buscando siempre la máxima integración en el entorno, así como la máxima eficiencia, tanto en el consumo de materiales para su fabricación como en la demanda de energía que se requiere, en algunos casos, para su funcionamiento. Aparece así la eficiencia energética en el universo del mobiliario exterior, incorporando sistemas de generación de energía con dispositivos fotovoltaicos o eólicos, hasta sistemas de almacenamiento de ésta en baterías o su uso con elementos de iluminación más eficientes como los LEDs, etc.

Para caracterizar al mobiliario sostenible, se consideran los siguientes parámetros:

- Materiales: se evalúan todos los componentes presentes en cantidades seguras según criterios de toxicidad, salud y seguridad tanto para la salud humana como medioambiental.
- Reutilización de materiales, que obliga a incorporar en el diseño soluciones que hagan posible el desensamblaje completo del producto con facilidad al final de su vida útil, así como estrategias para su recuperación, vía reciclado o valorización.
- Energía, por el uso de energías renovables y productos energéticamente eficientes.
- Agua, que evalúa el uso eficiente y la máxima calidad del agua en los procesos y/o producto.
- Responsabilidad social, que es la implementación de estrategias en este sentido por parte de la empresa fabricante (IAE, 2015).

En el caso de las Country Towers, el mobiliario exterior como tal consta de basureros y de las luminarias convencionales, así que no se puede considerar que satisfaga este rubro.



Figura 32. Luminarias y basureros en la Country Towers. (Fotografías propias).

c. Acabados con ahorro energético.

Una edificación que cuenta con acabados exteriores para el ahorro energético consigue un máximo beneficio de sus sistemas de calefacción y refrigeración, reduciendo su consumo energético.

La mejor alternativa es utilizar componentes en las fachadas desde el planteamiento del proyecto, para que sea la misma envolvente del edificio la que funcione como protección ante los efectos térmicos del interior y del exterior, sin alterar en lo más mínimo el espacio interior utilizable.

La forma más usual de hacer esto es a través de diferentes capas aislantes en fachada, para lograr un mejor confort en el interior, haciendo al mismo tiempo más frescos los veranos, más cálidos los inviernos, reduciendo el consumo de energía y, asimismo, los impactos al medio ambiente.

En cuanto a las características del aislamiento por fachada, el ahorro energético será mayor cuanto más espesor tengan las láminas, cuanto mayor sea su calidad, cuanto mejor sea la estructura que lo sostiene y cuanto mayor proporción superficial del edificio esté cubierta. El aislamiento en fachada es considerado la mejor solución ya que también contribuye al ciclo de vida de la estructura, dado que reduce su sollicitación térmica y, con ello, su dilatación; constituye una barrera ante agentes atmosféricos, como la lluvia y en general, aumenta la vida útil de la edificación al envolverla.

La intervención por el exterior exige un mayor costo económico, a que si se realiza con otros métodos, pero para edificios con alturas grandes, o muy extensos en fachada, en los que se trabaja mucha superficie, la inversión se ve compensada.

Con estas consideraciones, se ha calculado que en casos de edificios aislados y verticales pueden lograr hasta un ahorro energético de hasta 32%; sin embargo, el proyecto de las Country Towers no contempla aislamiento de este tipo: su acabado exterior consiste en el concreto aparente que dan los elementos prefabricados, su estructura misma (IVE, 2012).

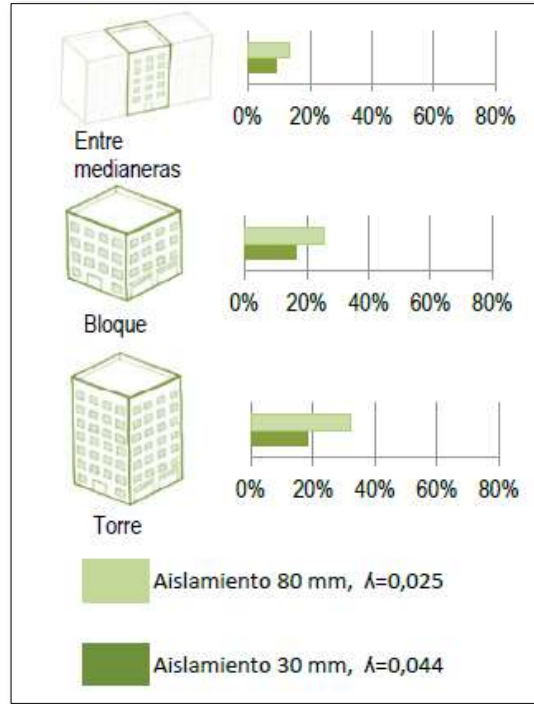


Figura 33. Ahorro energético en calefacción y refrigeración (IVE). (Obtenida el 20 ene. 2015).



Figura 34. Acabados en el exterior de las Country Towers (Fotografía propia).

d. Optimización de luz natural.

El aprovechamiento de la luz natural a través de dispositivos que dejen pasarla, pero que retengan los rayos ultravioleta del exterior es una forma de ahorrar energía de forma eficiente, ya que no se consume para la generación de iluminación.

Por ejemplo, por medio de domos prismáticos y de pipas de luz, que es el método recomendado en la metodología ARTEBES, se consigue la eliminación del rayo ultravioleta hasta en un 98%, así como de los rayos infrarrojos generadores del calor. Como no hay fuentes puntuales de iluminación, se distribuye una luz uniforme y no crea sombras ya que estos dispositivos trabajan como un sistema. En general, ofrecen alta resistencia a cargas y de resistencia a ráfagas de viento, proporcionan un índice de reproducción del color en un 100% por lo que no cambia tonos al ser una luz más clara y brillante, la luz natural.

El consumo de energía eléctrica por concepto de iluminación y aire acondicionado logra alcanzar el 30%, y se debe considerar la eficiencia en el diseño al realizar el proyecto según su ubicación geográfica para aprovechar la incidencia solar al máximo. Por su vida útil de 10 años garantizada en los materiales, permite una recuperación de la inversión dentro de los primeros trece meses. Como característica adicional, dada la iluminación que suministran, la luz no decolora materiales ni contribuye a la degradación de alimentos (Domos Prismáticos, 2015).

Las Country Towers hacen uso del aprovechamiento de la iluminación natural, no por medio de prismas o pipas de luz, sino con el uso de ventanales en la mayor parte de su fachada, orientada para ofrecer al usuario iluminación natural, pero no incidencia directa de los rayos solares.



Figura 35. Fachadas orientadas para recibir Iluminación natural, interior de departamentos con ventanales (Inmobilia Operadora). (Obtenidas el 25 de enero de 2015).

Análisis tecnológico

a. Ahorro energético

- Celdas de combustible.

Una celda de combustible es un dispositivo electroquímico que convierte la energía química de una reacción directamente en energía eléctrica, combinando hidrógeno y oxígeno sin ninguna combustión. Estas celdas no se agotan como una batería, ni precisan recarga, ya que producen energía en forma de electricidad y calor en tanto se les provea de combustible.

Consistente en un ánodo y un cátodo, separados por un electrólito. El oxígeno proveniente del aire pasa sobre un electrodo y el hidrógeno gas pasa sobre el otro. Cuando el hidrógeno es ionizado en el ánodo se oxida y pierde un electrón; al ocurrir esto, el hidrógeno oxidado y el electrón toman diferentes caminos migrando hacia el cátodo. El hidrógeno lo hace a través del electrólito mientras que el electrón lo hace a través de una carga.

Al final de su camino ambos se vuelven a reunir en el cátodo donde ocurre la reacción de reducción o ganancia de electrones del oxígeno gas para formar agua junto con el hidrógeno oxidado. Este proceso produce agua, corriente eléctrica y calor útil, por ejemplo, energía térmica.

La ventaja de las celdas de combustible es que no están limitadas por la temperatura, lo cual les otorga el gran beneficio de alcanzar altas eficiencias. En teoría, cada molécula de hidrógeno gas producirá dos electrones libres y junto con un átomo de oxígeno reducido se generará una molécula de agua. Tal reacción electroquímica es exotérmica, por lo que además el calor desprendido puede ser utilizado y así aumentar la eficiencia y no presenta emisiones contaminantes cuando el combustible es hidrógeno. También ofrecen la posibilidad de utilizar casi cualquier combustible que contenga hidrógeno, aunque hidrocarburos como el gas natural, metanol, etanol, biogás y propano, así como el diésel y la gasolina son los que mayor atención han recibido por razones de tipo práctico (Cano, 1999).

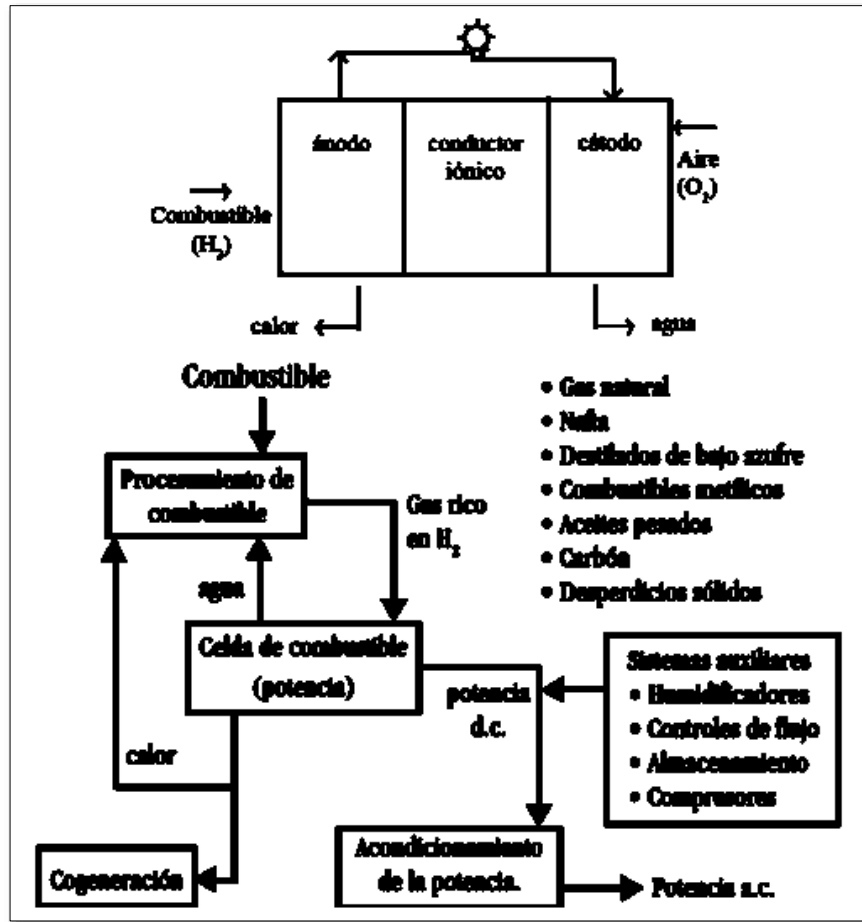


Figura 36. Principio de funcionamiento de una celda de combustible (IIE). (Obtenida el 30 de enero de 2015).

- Aerogeneradores para el aprovechamiento de energía eólica.

Los aerogeneradores son máquinas que transforman la fuerza del viento en energía eléctrica. El viento mueve las hélices que conectadas a un generador transforman la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

Las partes principales de un aerogenerador son el rotor, la caja de engranajes, el generador, la torre y el sistema de control. Con base a su funcionamiento, se puede observar que la velocidad de movimiento de las hélices es muy lenta, mediante la caja de engranajes esa velocidad lenta de las palas se transforma en velocidad rápida para alimentar al generador.

La mayoría de los aerogeneradores modernos son de tres palas, de eje horizontal y con mecanismos eléctricos de orientación. El mecanismo de orientación de un aerogenerador es utilizado para girar el rotor de la turbina para obtener el máximo rendimiento o para protegerlo ante vientos peligrosos.

El aerogenerador se coloca sobre una torre, que soporta la góndola que es donde se encuentran la mayoría de componentes principales del aerogenerador; la torre permite que las palas estén a la altura más apropiada para obtener el máximo rendimiento posible. Las palas del rotor transmiten la energía cinética del viento al buje, el cual une las palas al eje del aerogenerador, girando entre 20 y 50 rpm.

En la caja de engranajes o multiplicador se transforma la baja velocidad del eje en alta velocidad de rotación y gracias a esta alta velocidad de rotación del eje se genera la electricidad. En la góndola también se sitúan los componentes que controlan el correcto funcionamiento del aerogenerador, como anemómetros, veletas, mecanismos de orientación, unidades de refrigeración, sistemas de control de potencia, etc. (Escudero, 2008).

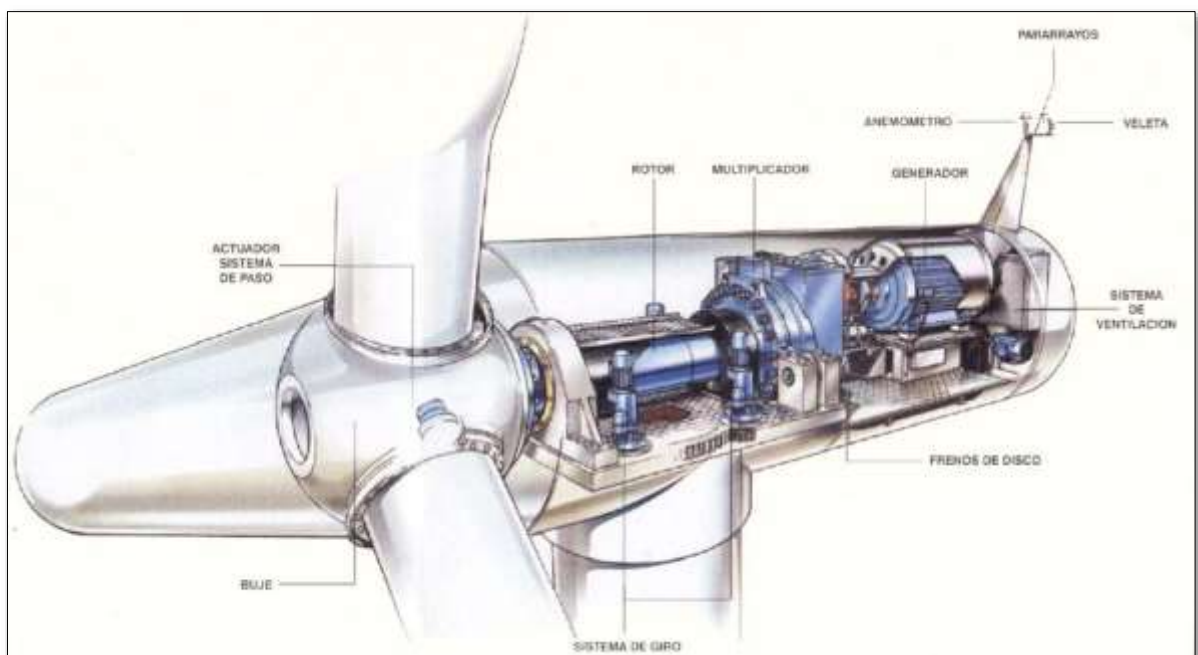


Figura 37. Partes de un aerogenerador (Renovables-Energía). (Obtenida el 30 de enero de 2015).

- Celdas fotovoltaicas para ahorro energético.

Una celda fotovoltaica es un dispositivo que convierte directamente la luz solar en electricidad, están hechas de materiales semiconductores como el silicio. Cuando la luz solar choca en la celda una cierta porción de ella es absorbida dentro del material semiconductor, es decir, la energía de la luz absorbida es transferida al semiconductor. La energía golpea los electrones libres permitiéndoles fluir libremente. Todas celdas fotovoltaicas tienen uno o más campos eléctricos que actúan para forzar a los electrones liberados por la acción de la luz para fluir en una cierta dirección. Este flujo de electrones es una corriente y poniendo los contactos de metal en su parte superior e inferior, se tiene un circuito para usarlo externamente. La corriente en el circuito junto con el voltaje de celda, define la potencia que puede entregar la celda solar.

El silicio tiene algunas propiedades químicas especiales, sobre todo en su forma cristalina. Un átomo de silicio tiene catorce electrones dispuestos en tres capas diferentes. Las primeras dos capas, las más cercanas al centro están completamente llenas. La capa exterior sólo está parcialmente, tiene sólo cuatro electrones. Un átomo de silicio siempre buscará llenar su última capa con ocho electrones y para hacer esto compartirá cuatro electrones de su átomo vecino; este proceso forma la estructura cristalina. El silicio puro no sirve como conductor, por eso se utiliza silicio con impurezas. Normalmente se utilizan estructuras de silicio con fósforo ya que éste, al tener cinco electrones superficiales, deja uno libre no atado a la estructura.

Con energía en forma de calor, este electrón es liberado de su posición más fácilmente que en una estructura de silicio puro. Al proceso de agregar impurezas al silicio, se le llama dopaje; cuando al silicio se le hace doping con fósforo resulta un silicio llamado tipo-N, porque prevalecen los electrones libres. Cuando al silicio se le hace dopaje con boro, que tiene tres electrones en la última capa, se denomina silicio tipo-P que, en lugar de tener electrones libres, tiene huecos libres. Los huecos son ausencia de electrones, llevando así carga opuesta a la del electrón, es decir carga positiva. Estos se mueven igual como lo hacen los electrones.

Las celdas fotovoltaicas sin un campo eléctrico no funcionarían, éste se puede formar al poner en contacto un silicio tipo-N y un silicio tipo-P. En la unión se produce una barrera que hace difícil que los electrones del lado N crucen hacia el lado P.

Se tiene, pues, un campo eléctrico que separa los dos lados y actúa como un diodo, permitiendo con ayuda de la aplicación de energía externa, que los electrones fluyan desde el lado P al N. Cuando la luz en forma de fotón choca con la celda, libera pares de electrón-hueco. Cada fotón liberará exactamente un electrón dejando un agujero libre. Si esto sucede lo bastante cerca del campo eléctrico, este hará que se envíe un electrón al lado N y un hueco al lado P. Esto provoca la ruptura de la neutralidad eléctrica. Si además se le proporciona un circuito externo, los electrones fluirán hacia su lado original para unirse con los agujeros.

Los electrones que fluyen constituyen la corriente y el campo eléctrico de la celda constituye el voltaje. Con la corriente y voltaje tenemos la potencia de la celda. La mayoría de las celdas pueden absorber alrededor del 25% y con mayor probabilidad 15% o menos. Esto es porque la luz visible es sólo una parte del espectro electromagnético (Universidad de Chile, 2014).

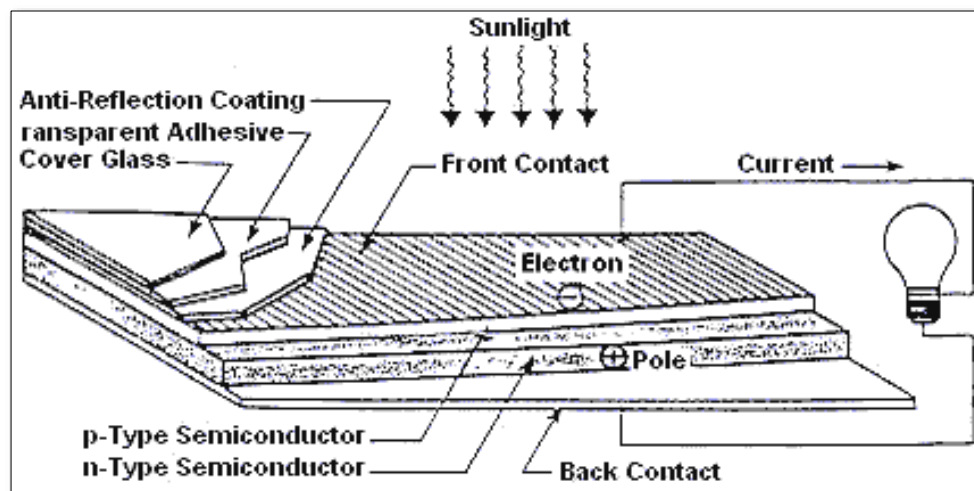


Figura 38. Funcionamiento de una celda fotovoltaica (Universidad de Chile). (Obtenida el 30 de enero de 2015).

- Colectores solares para ahorro energético.

La radiación solar se compone, en su mayor parte, de radiación de ondas cortas y cuando encuentra un material, éste la refleja, la transmite o la absorbe. La fracción absorbida por lo general calienta el material. Mediante la combinación adecuada de ciertos materiales se pueden construir colectores solares para aprovechar esa energía. El colector solar es el elemento más importante de todo sistema para el uso directo de la energía solar, el cual transforma la radiación solar en energía para calentar el aire o el agua. El funcionamiento básico del colector solar consiste en recibir la radiación solar que incide en la superficie externa del colector, hecha de material transparente, generalmente vidrio o plástico. La radiación solar que atraviesa la película transparente del colector incide en una superficie interna, que se denomina absorbidora, y aumenta su temperatura, calentando por contacto con esa superficie el flujo de aire o agua.

La vida útil de un colector solar depende de la calidad de los materiales, del diseño de la estructura y de su eficiencia. La eficiencia de un colector es la relación entre la energía sensible que entrega el fluido y la energía solar disponible. Un colector de menor eficiencia, pero más resistente que otro de eficiencia mayor puede compensar el rendimiento más bajo si su durabilidad se extiende en una proporción mayor que la durabilidad del otro colector

Una parte importante de los colectores es su superficie absorbidora, que es esencialmente plana, pero que puede ser perforada, corrugada, provista de aletas o rugosa. La superficie absorbe energía solar, se calienta y luego transfiere el calor al aire. Los colectores planos, en su mayor parte, son fijos. Recogen la radiación directa y difusa, lo que permite calentar el fluido incluso en días nublados, cuando toda la radiación incidente es difusa. Entre algunas de las ventajas del uso de colectores solares se tiene que su utilización es directa, no produce contaminación ni corrosión del sistema de distribución y es fuente inagotable de energía; además, el material y la tecnología de la construcción de colectores solares planos son generalmente sencillos. Sin embargo, la disponibilidad de energía solar es variable y generalmente se aprovecha en pequeña escala solamente.

El colector solar de superficie debe estar orientado con su eje longitudinal en dirección este-oeste, y su inclinación depende de la época del año y de la latitud de la instalación. La inclinación óptima diaria de un colector solar se puede determinar en función del ángulo de declinación diaria del sol y de la latitud (FAO, 2015).

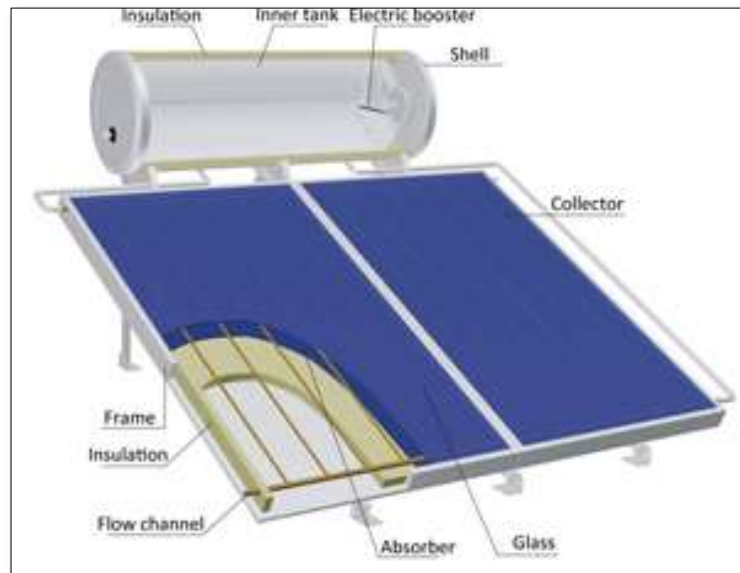


Figura 39. Partes de un colector solar (Himinsolar). (Obtenida el 30 de enero de 2015).

- Focos ahorradores en conformidad con el FIDE.

De acuerdo con el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE), el programa Luz Sustentable representa el primer paso para llevar a cabo un cambio en dos vertientes: “impulsar un cambio tecnológico, al facilitar y familiarizar a las familias mexicanas con el uso de productos eficientes en materia de energía eléctrica e iluminación y alentar un cambio cultural en usuarios finales, al modificar patrones de comportamiento en el consumo de energía eléctrica”.

Por esto, tiene como propósito promover el ahorro de energía eléctrica induciendo en la población el uso de lámparas ahorradoras, en beneficio del medio ambiente y la economía en general (FIDE, 2015).

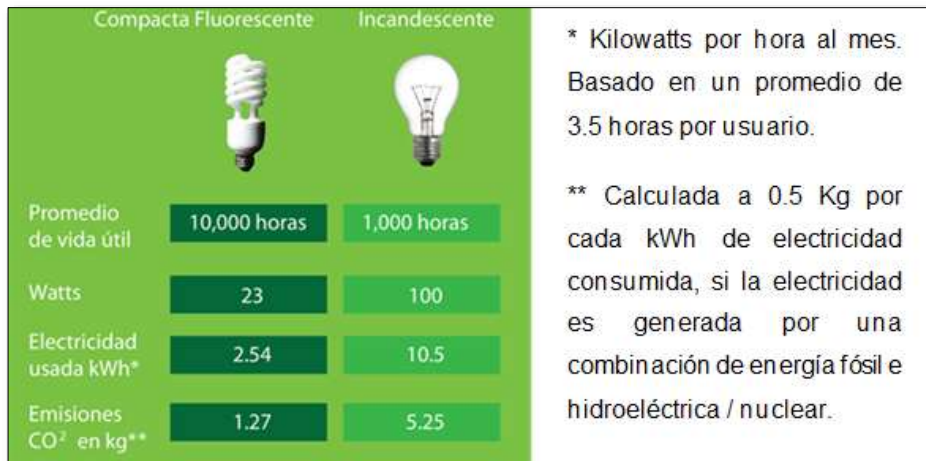


Figura 40. Comparación entre una lámpara incandescente y una ahorradora (FIDE).

Se mencionó estas formas de obtener energía a partir de fuentes renovables porque en la metodología ARTEBES, se las considera como una alternativa para energía sostenible. En el caso de las Country Towers, dichas tecnologías no se utilizan porque su forma de obtener energía es convencional, a través de la red pública eléctrica, que llega al transformador propio, para su distribución en el conjunto. No fue contemplada en el proyecto la utilización de energías renovables. Sí se incluyó el uso de lámparas ahorradoras, que suman alrededor de 6 mil seiscientas en total, generando con esto un 75% de ahorro energético, representado por 52 megavatios no consumidos al mes, o 1.7 MW diarios.

b. Cumplimiento con Normas Oficiales Mexicanas

- Cumplimiento con la NOM-008-CNA-1998. Regaderas empleadas en el aseo corporal. Especificaciones y métodos de prueba.

Establece que para contribuir a la preservación de los recursos hidráulicos del país, es necesario efficientar el uso eficiente del agua potable para el consumo humano, que permitan mantener y aumentar su suministro, y que para lograr este uso racional del agua, se hace necesaria e indispensable la regulación del consumo doméstico mediante el uso de dispositivos ahorradores de agua, también denominados dispositivos de bajo consumo de agua para evitar desperdicios innecesarios de agua, sin perder de vista el confort de los usuarios. Es aplicable a todos los tipos de regaderas en el mercado (CNA, 2001).

- Cumplimiento con la NOM-009-CNA-2001. Inodoros para uso sanitario. Especificaciones y métodos de prueba.

Ante la creciente demanda del recurso hidráulico ha provocado el deterioro de las fuentes de abastecimiento, disminuyendo la disponibilidad de agua, agravado esto por fugas, deficiencias de operación y mantenimiento. El desperdicio en baños y sanitarios es significativo, existiendo el mayor porcentaje precisamente en inodoros de tipo doméstico. Esta Norma para inodoros establece una descarga máxima de seis litros por descarga y establece las especificaciones y métodos de prueba que deben cumplir los inodoros, con el fin de asegurar el ahorro de agua en su uso y funcionamiento hidráulico y es aplicable a los inodoros de fabricación nacional y a los de importación (CNA, 2001).

- Cumplimiento con la NOM-011-ENER-2006. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

Esta Norma responde a la necesidad de incrementar el ahorro de energía y la preservación de recursos energéticos; además de proteger al consumidor de productos de baja calidad y consumo excesivo de energía eléctrica que pudieran llegar al mercado nacional. Establece el nivel mínimo de Relación de Eficiencia Energética Estacional que deben cumplir los acondicionadores de aire tipo central; especifica además los métodos de prueba que deben usarse para verificar dicho cumplimiento y define los requisitos que se deben de incluir en la etiqueta de información al público. Se aplica a los acondicionadores de aire tipo central, tipo paquete o tipo dividido, operados con energía eléctrica, en capacidades nominales de enfriamiento de 8 800 W hasta 19 050 W que funcionan por compresión mecánica y que incluyen un serpentín evaporador enfriador de aire, un compresor y un serpentín condensador enfriado por aire o por agua, comercializados en México (SENER, 2007).

- Cumplimiento con la NOM-003-ENER-2011. Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado.

Esta Norma responde a la necesidad de incrementar el ahorro de energía y la preservación de recursos energéticos; además de proteger al consumidor de productos de baja calidad que pudieran ingresar al mercado nacional; establece los niveles mínimos de eficiencia térmica que deben cumplir los calentadores de agua para uso doméstico y comercial y el método de prueba que debe aplicarse para verificarlos, además de los requisitos mínimos para información al público sobre los valores de eficiencia térmica de estos aparatos.

Se aplica a los calentadores de agua para uso doméstico y comercial, que se comercializan en el país que utilicen gas licuado de petróleo o gas natural como combustible y que proporcionen únicamente agua caliente en fase líquida (SENER, 2011).

- Cumplimiento con la NOM-005-ENER-2012. Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, método de prueba y etiquetado.

Esta Norma responde a la necesidad de captar en ella la realidad tecnológica de estos productos y coadyuvar así a la preservación de recursos naturales del país, y tiene por objeto establecer los niveles del factor de energía y consumo de energía que deben cumplir las lavadoras de ropa electrodomésticas.

Establece además, los métodos de prueba con que debe verificarse dicho cumplimiento y el etiquetado. Es aplicable a las lavadoras de ropa electrodomésticas comercializadas en México (SENER, 2012).

- Cumplimiento con la NOM-015-ENER-2012. Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

Esta Norma establece la actualización de los límites de consumo de energía máximos para refrigeradores, refrigeradores-congeladores, y congeladores como resultado de los avances tecnológicos y las condiciones del mercado nacional e internacional. Permitirá, además de responder a las necesidades de promover el ahorro de energía, contribuir a la preservación de recursos naturales no renovables de la nación. Fija los límites máximos de consumo de energía de los refrigeradores y congeladores electrodomésticos operados por motocompresor hermético, establece los métodos de prueba para determinar dicho consumo de energía y calcular el volumen refrigerado total, y especifica la etiqueta de consumo de energía y su contenido.

Se aplica a los refrigeradores electrodomésticos, refrigeradores-congeladores electrodomésticos de hasta 39 ft³ y congeladores electrodomésticos de hasta 30 ft³ operados por motocompresor hermético comercializados en México (SENER, 2012).

En las Country Towers, se observa el cumplimiento de las NOMs mencionadas: para la NOM-008-CNA-1998 (regaderas), la NOM-009-CNA-2001 (inodoros) y la NOM-011-ENER-2006 (aire acondicionado), se usó respectivamente las marcas comerciales Hansgrohe® para la grifería y aparatos de dotación de agua, la marca comercial Laufen® para todos los muebles sanitarios que, inodoros reporta 6 litros por descarga o menos, y la marca comercial Samsung® para los aires acondicionado (Inmobilia Operadora, 2015).

Estas marcas ostentan las respectivas certificaciones para su ingreso en el mercado nacional, además de que traen la certificación CSA internacional de calidad, la cual está en concordancia con las NOMs abordadas.

En cuanto a las Normas NOM-003-ENER-2011 (calentadores), NOM-005-ENER-2012 (lavadoras) y NOM-015-ENER-2012 (refrigeradores), la primera no es aplicable a las Country Towers por tener la preparación para calentadores eléctricos y no a gas LP, mientras que las otras dos Normas, queda en relativa conformidad ya que los departamentos en las torres se entregan desamueblados, estando a gusto del usuario la adquisición de los tres aparatos normados. Sin embargo, en observación hecha por los residentes de los departamentos ocupados, dichos aparatos cumplen con los mínimos establecidos por las NOMs.

Análisis bioclimático

a. Cumplimiento con normatividad.

- Cumplimiento con la NOM-008-ENER-2001. Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.

Esta Norma limita la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento. Se aplica a todos los edificios nuevos y las ampliaciones de edificios existentes, quedando excluidos edificios cuyo uso primordial sea industrial o habitacional (SENER, 2001).

- Cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011. Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional.

La normalización para la eficiencia energética en edificios para uso habitacional representa un esfuerzo encaminado a mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía. Esta Norma optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose como beneficios, entre otros, el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento.

Esta Norma limita la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

Se aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional y las ampliaciones de los edificios para uso habitacional existentes. Si el uso de un edificio dentro del campo de aplicación de esta Norma constituye el 90% o más del área construida, se aplica a la totalidad del edificio.

Para establecer esto, los edificios deben tener a la vista su Etiqueta de Eficiencia Energética, la cual debe exhibir la cantidad de energía en vatios de su funcionamiento proyectado respecto a un edificio de referencia, expresado en porcentaje. Este etiquetado corre a cargo de los propietarios (SENER, 2011).

- Cumplimiento con la norma de naturación vigente.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), es la principal ley vigente de protección ambiental; pretende lograr la descentralización sobre el aspecto ambiental con la participación estatal y municipal, propiciar el desarrollo sostenible y regular la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como de la protección al ambiente en el territorio nacional.

Comprende aspectos sociales al buscar la calidad de vida y garantizar un medio ambiente adecuado para su desarrollo; jurídicos con el desarrollo de los principios legales y administrativos; ecológicos, al preservar, restaurar y mejorar el ambiente; y económicos, al referirse al aprovechamiento sustentable de los recursos. Se compone de seis títulos, referentes a las disposiciones generales, a la biodiversidad, al aprovechamiento sostenible de los elementos naturales, a la protección al ambiente, a la participación social e información ambiental, y a las medidas de control, de seguridad y sanciones. Además, existen una serie de reglamentos adyacentes a esta ley con rubros muy particulares y específicos que permiten una mayor regulación en materia ambiental (UNADM, 2015).

La LGEEPA tiene versiones de sí misma para los estados, en Yucatán, esta es la Ley de Protección al Medio Ambiente de Yucatán, y se subordina a la LGEEPA. A su vez, de esta dependen decretos y reglamentos específicos para el estado, como la Ley de Cenotes de Cenotes del Estado de Yucatán o el Decreto de la Reserva de Cenotes (SEDUMA, 2012).

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) tiene por objeto principal es la protección, regulación y administración de este recurso. Faculta a la Comisión Nacional de Aguas en el establecimiento de organismos de cuenca, que gestionan los recursos hídricos. Están subordinados a los Consejos de Cuenca, figura que promueve la LAN y son parte operativa de la Comisión Nacional del Agua; están conformadas por una comisión mixta de diversas dependencias y entidades federales, estatales y municipales. Actualmente son cinco organismos de cuenca los que se encuentran en funcionamiento: Península Baja California, Lerma Santiago Pacífico, Cuencas Centrales del Norte, Pacífico Norte y Aguas del Valle de México.

La Ley General del Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) regula el aprovechamiento sostenible del recurso forestal, su protección, restauración, producción, cultivo y manejo. Para la administración de este recurso se designa a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Comisión Nacional Forestal, como el organismo integrador y ejecutor de las políticas forestales.

Esta lleva a cabo funciones principales en la generación de información sobre los recursos forestales, por ejemplo en su sistema de información se considera la siguiente clasificación de vegetación: Vegetación natural e inducida, Bosques, Selvas, Matorrales, Pastizales y Otros tipos de vegetación.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) tiene como objeto la prevención y gestión integral de los residuos para la protección del ambiente, incluyendo aspectos sociales, jurídicos, administrativos y ecológicos. En esta ley se encuentra una clasificación de los residuos, agrupándolos en: residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial; además de proponer subcategorías para su manejo. En esta clasificación se consideran características químicas, biológicas y físicas de los residuos. Otra característica importante de esta ley es que involucra a las entidades federativas en las medidas de control, actividades de inspección y sanción. Igualmente involucra en aspectos administrativos a Secretarías como la de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Salud o Comunicaciones y Transportes (UNADM, 2015).

Las leyes tanto federales como estatales en materia de protección ambiental resultan estar en consonancia con el desarrollo del proyecto de las Country Towers, ya que en ningún caso, su construcción o su presencia contravienen lo dispuesto por tales ordenanzas, ya que a través de su Manifestación de Impacto Ambiental se dio fe de que no se altera de forma significativa el entorno, al estar en un espacio urbano; de igual manera, en cuanto a las aguas y a los residuos que se generan, no representan contravención a la ley dado que toman el recurso hídrico de la red municipal y envían los residuos a ser dispuestos por el Ayuntamiento de la ciudad.

b. Sistemas bioclimáticos.

- Sistemas bioclimáticos de ahorro.

Los efectos de los edificios sobre el entorno serán función de las sustancias que desprendan, del impacto que produzca el asentamiento y de los consumos que afecten al desarrollo sostenible del lugar.

La visión del consumo de la energía en los edificios tiene varias vertientes. Su reducción representa un menor coste económico para los usuarios, una menor dependencia de fuentes limitadas, y una reducción de la contaminación vinculada a su producción.

Una buena generación o captación de energía puede desaprovecharse por completo si el edificio no tiene una alta capacidad de conservación de la energía. A mayor conservación menor necesidad

A través de los medios bioclimáticos de ahorro se puede obtener espacios que se comuniquen con su exterior para que éste sea parte de las soluciones energéticas. Por ejemplo, un espacio aislado reduce a una cuarta parte las transferencias de calor que se producen a través de él.

Casi un 20% de la energía que pierde un edificio se va a través de los puentes térmicos; resulta imprescindible reducir sus efectos mediante el aislamiento por el exterior.

Más del 50% de los intercambios de energía entre un edificio y su entorno se producen por la renovación de aire; los vanos acristalados representan los elementos térmicamente más débiles. Los vidrios aislantes son actualmente utilizados de forma generalizada, y dentro de esta categoría también pueden utilizarse los bajo emisivos, si las condiciones son las adecuadas, o para situación de alta radiación, combinando vidrios convencionales con reflectantes o tintados. La carpintería puede convertirse en los puentes térmicos de las ventanas si no se cuidan eligiendo aquellas suficientemente aislantes.

Los sistemas pasivos de aprovechamiento de las energías renovables se basan en tres principios: la captación de la energía (calor o frío), su acumulación y su correcto aprovechamiento gracias a una adecuada distribución. El edificio en sí mismo, o los dispositivos mecánicos que se añadan, deben cumplir esas funciones.

Las energías naturales utilizadas en los sistemas bioclimáticos son cíclicas, generando altos picos de energía en momentos puntuales y su ausencia total en otros. El recurso básico para reducir el golpe de energía y permitir su disfrute durante un período prolongado de tiempo es acumulándola según se capta. Un edificio con dispositivos bioclimáticos de captación de energía, sin ningún sistema de acumulación, tiene un funcionamiento interno peor que otro edificio convencional sin ningún tipo de captación. En los sistemas bioclimáticos la acumulación debe hacerse fundamentalmente en los elementos estructurales y constructivos del edificio, optimizando de este modo su empleo.

Para lograr un adecuado funcionamiento en este sentido, se puede emplear el aislamiento térmico por el exterior, materiales con difusividades térmicas altas como piedra, metales o cerámica, agua como acumulador de calor.

De igual manera, la orientación de los dispositivos de captación y del edificio en general está vinculada a la energía que se pretende captar. Si se trata de la radiación solar, la orientación más adecuada para su mejor captación durante el invierno y para evitar efectos perjudiciales en el verano. Si la captación es de viento, los dispositivos más eficaces son los orientados a vientos dominantes.

Una cubierta plana recibe el 100% de las horas de sol de un día. En verano, además, los rayos que inciden sobre ella en los momentos de máxima irradiación lo hacen de una forma muy perpendicular. Las cubiertas ventiladas o vegetales del tipo ecológico de escaso espesor, con especies autóctonas, sin mantenimiento y con un consumo de agua mínimo, eliminan los efectos del sobrecalentamiento sobre la cubierta, por lo que, en climas calurosos y con alta radiación solar, es conveniente añadir al aislamiento de la cubierta alguno de estos sistemas.

La estrategia fundamental en condiciones de verano es la ventilación. Por ello, la estructura del edificio debe facilitar la ventilación natural. Los elementos básicos serían las ventanas opuestas para permitir la ventilación cruzada. Si se desean sistemas más eficaces, por su capacidad o por su control, se pueden emplear chimeneas solares u otros sistemas que funcionen con el calentamiento solar o con el viento.

Si bien el empleo de la iluminación natural representa un ahorro energético, su aplicación más interesante en la arquitectura debe verse desde el punto de vista de la calidad ambiental. Los vanos más adecuados son los orientados hacia los puntos en los que se capte exclusivamente radiación difusa, en general el norte.

Si penetra radiación directa en zonas donde se pretende aprovechar como iluminación natural, los efectos de deslumbramiento que conllevará serán muy negativos y no será posible su aprovechamiento.

Hay varias formas de abordar y maximizar la iluminación natural, por ejemplo, dispositivos de transformación de la radiación directa en difusa, bandejas reflectoras, parteluces horizontales, dispositivos de penetración de la luz en locales profundos y alejados de los cerramientos, conductos de luz capaces de dirigir la luz mediante múltiples reflexiones, controladas o incontroladas hacia puntos muy profundos del edificio, alejados de los perímetros donde pueden ubicarse las ventanas (Neila, 2000).

- Sistemas de captación de agua para el ahorro.

Los edificios deben optimizar el uso del agua, tanto en aquellas zonas donde la falta de agua pueda representar un problema, como en aquellas donde siendo suficiente, su depuración y potabilización representan un alto coste social. El gasto de agua se puede optimizar si los sanitarios se fabrican y usan correctamente. El empleo de atomizadores reduce el consumo de agua en los grifos, las cisternas de doble descarga reducen el agua necesaria para el arrastre de desperdicios y los electrodomésticos inteligentes también reducen su consumo de agua. Por otro lado, si se utiliza una red separativa de pluviales y aguas sucias interiores, se pueden utilizar las aguas de lluvia en algunos cometidos, como las cisternas (Neila, 2000).

El proyecto de las Country Towers se basa primordialmente en la utilización de métodos activos de energía, y su funcionamiento se orienta poco a los modos pasivos. Sin embargo, usa la orientación y la forma de sus vanos para favorecer su iluminación natural, aunque su acondicionamiento depende en buena medida de los aparatos eléctricos de aire acondicionado, y no de la forma del edificio que coadyuve a una circulación propia, aunque para los departamentos superiores sería problemático por la velocidad del viento a la que pudieran quedar sometidos.

Análisis ecológico

- a. Cumplimiento con la normatividad.
 - Consideración de las áreas de conservación ecológica en torno a los asentamientos humanos.

En el estado de Yucatán existen trece zonas declaradas como Áreas Naturales Protegidas, siendo cuatro de ellas de competencia municipal. Estas áreas son las del Anillo de Cenotes, la Reserva bio-cultural del Puuc, las ciénagas y manglares de la costa norte de Yucatán, Dzilam, Dzibilchantún, Kabah, Palmar, San Juan Bautista Tabi y anexa Sanicté, Laguna de Yalahau; y las que corresponden al municipio de Mérida son la reserva Cuxtal y las tres zonas de reserva territorial del Municipio de Mérida (CONACYT, 2015). Ninguna de estas áreas abarca la zona en la que se ubica el proyecto de las Country Towers.

- Normatividad vigente en términos de uso de suelo.

Según el Reglamento de Construcciones del Municipio de Mérida, en su artículo 93, la ciudad de Mérida se divide en ocho zonas denominadas distritos, organizadas en un Distrito Central, que comprende el centro geográfico como eje de actividades de la ciudad y siete Distritos Perimetrales a éste, en los que de acuerdo con las características de cada uno se han orientado los usos del suelo. Los Distritos se denominan en base en la región o zona dominante.

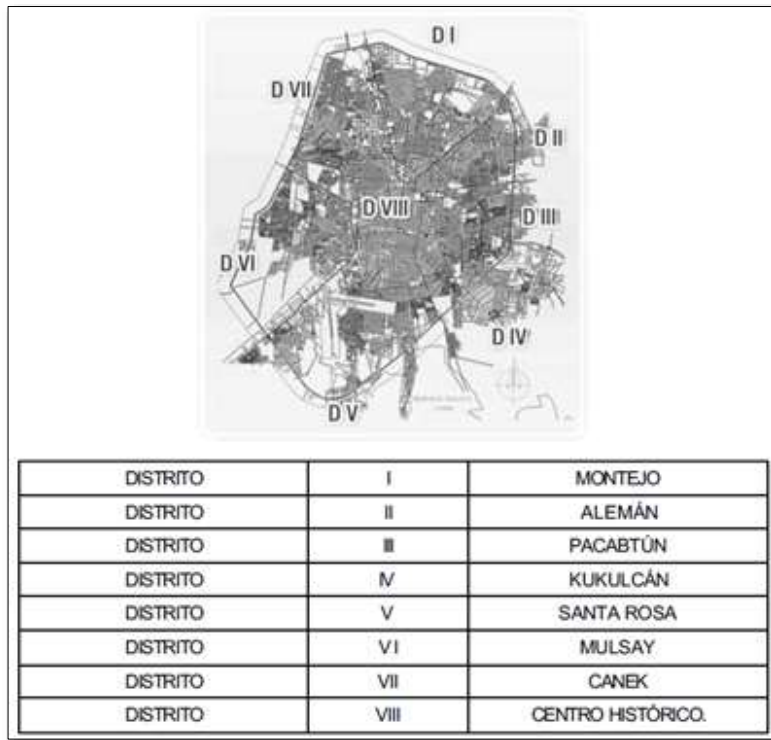


Figura 41. Distritos de la ciudad de Mérida (Dirección de Desarrollo Urbano de Mérida). (Obtenida el 30 de enero de 2015).

En estos Distritos que integran la zonificación secundaria, se proponen los elementos relativos a la calidad de vivienda, densidad ocupacional, régimen de propiedad, reserva territorial, tendencias de crecimiento poblacional, clasificación, ubicación de la industria actual con sus respectivas restricciones, la estructura vial y la propuesta para el pleno funcionamiento de la ciudad. Cada zona de los diferentes Distritos que constituyen la zonificación secundaria, se caracteriza por un uso predominante, de diversos géneros (Municipio de Mérida, Yucatán, 2004).

I	HABITACIONAL
II	SERVICIOS
III	COMERCIAL
IV	INDUSTRIAL
V	ÁREA VERDE
VI	EQUIPAMIENTO
VII	INFRAESTRUCTURA
VIII	PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO, HISTÓRICO, ARTÍSTICO Y CULTURAL

Tabla 2. Distritos de la ciudad de Mérida (Reglamento de Construcciones del Municipio de Mérida).

Las Country Towers se localizan en el Distrito I, “Montejo”, con uso predominantemente habitacional. En la carta síntesis del Plan Municipal de Desarrollo vigente de 2012, se muestra el distrito como de tipo de vivienda de mediana densidad.

En la carta de compatibilidades la vivienda vertical se muestra condicionada (SEDUMA, 2012), y este condicionamiento se vio autorizado según obra en el expediente “15/2012 Proyecto de Construcción y Operación del desarrollo Habitacional Country Towers” de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Mérida, con la Manifestación de Impacto Ambiental y la Licencia de Construcción (Unidad de Acceso a la Información Pública del Poder Ejecutivo de Yucatán (Unaipe), 2012).

SIMBOLOGÍA			CLAVE	HABITACIONAL				
				VIVIENDA AISLADA	VIVIENDA UNIFAMILIAR	VIV. MULTIFAM. HORIZONTAL	VIV. MULTIFAMILIAR VERTICAL	
△ INCOMPATIBLE, PROHIBIDO ◆ COMPATIBLE, PREDOMINANTE ⊙ CONDICIONADO			ZONAS Y VIALIDADES	HVA	HUJ	HMH	HMV	
VIVIENDA	BAJA	RESIDENCIAL		HRB	△	◆	⊙	△
		POPULAR B		HPB	◆	◆	⊙	△
	MEDIA	MEDIA		HMM	△	◆	⊙	⊙
		POPULAR M		HPM	△	◆	⊙	⊙
	ALTA	MEDIA		HMA	△	◆	⊙	⊙
		SOCIAL		HSA	△	◆	⊙	⊙

Tabla 3. Extracto de la Tabla de Compatibilidades de Usos de Suelo en la ciudad de Mérida (Dirección de Desarrollo Urbano de Mérida). (Obtenida el 30 de enero de 2015).

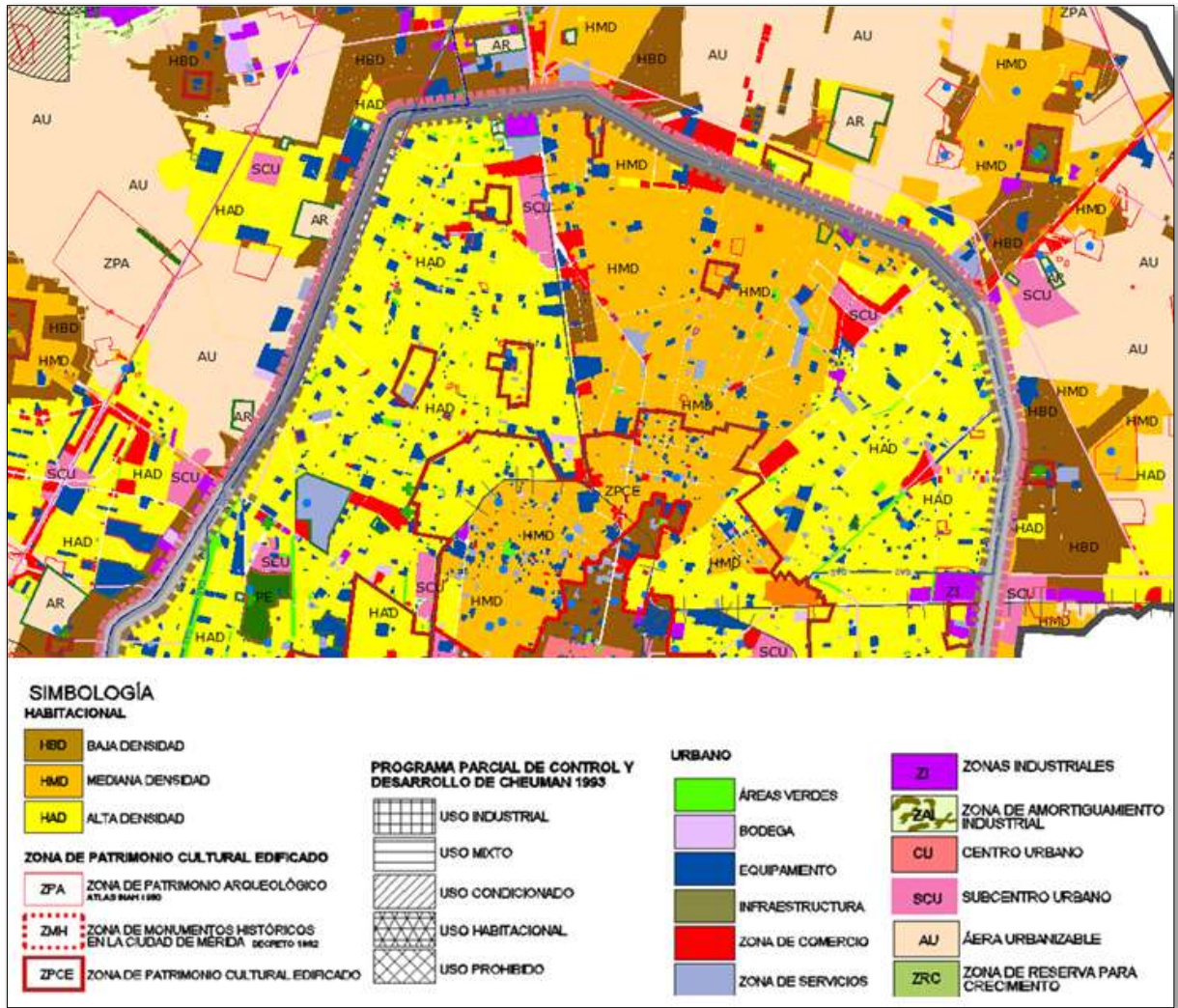


Figura 42. Carta Síntesis del Programa de Desarrollo Urbano de la ciudad de Mérida, 2012 (Dirección de Desarrollo Urbano de Mérida). (Obtenida el 30 de enero de 2015).

- Requisitos de áreas verdes fuera de la vivienda.

Con un aproximado de 81 mil 900 metros cuadrados de construcción y 20 mil metros cuadrados de área verde exterior (Inmobilia Operadora, 2015), se tiene que ésta representa el 24.4% de la superficie. El Reglamento de Construcciones del Municipio de Mérida establece en su artículo 100 que la densidad de área verde exterior para viviendas con densidad alta será de 12.5%, por lo que el proyecto de las Country Towers satisface esta exigencia (Municipio de Mérida, Yucatán, 2004).

- Cumplimiento con la NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Esta Norma tiene como finalidad establecer niveles de eficiencia energética en términos de densidad de potencia eléctrica para alumbrado con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes; con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos y la ecología de la Nación y establecer el método de cálculo para la determinación de la densidad de potencia eléctrica para alumbrado de los sistemas de alumbrado de edificios nuevos no residenciales, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes.

Su campo de aplicación comprende los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios no residenciales nuevos con carga total conectada para alumbrado mayor o igual a 3 kW; así como a las ampliaciones y modificaciones de los sistemas de alumbrado interior y exterior con carga conectada de alumbrado mayor o igual a 3 kW de los edificios existentes.

En cuanto al cumplimiento de la normatividad municipal de uso de suelo, el proyecto de las Country Towers cumple con las ordenanzas, y no se localiza dentro de un área natural protegida. Sobre la Norma NOM-007-ENER-2014 (alumbrado no residencial), no se aplica a este proyecto.

b. Recolección de agua en terrazas y banquetas.

Recoger agua de lluvia supone una gran ventaja, ya que es bastante limpia, es gratuita y además no se requiere de instalaciones complicadas para ello; sin utilizar ningún tratamiento, puede servir para el inodoro, lavadora, lavavajillas, limpieza del hogar, y riego de jardines. Si se quisiera disponer para el aseo personal, cocinar y beber, entonces se tendría que potabilizar el agua y realizar análisis periódicos para disponer de todas las garantías sanitarias.

Cuando se recoge aguas pluviales generalmente se complementa con la que proviene de la red general de abastecimiento, ya que no se puede disponer de ella todo el año y por ello se necesitan tanques de almacenamiento adecuados, y procurando no mezclar ambas redes hidráulicas.

Un sistema de captación de agua pluvial se compone de la recogida del agua de lluvia se realiza desde la cubierta. Se recoge con un canalón que deberá disponer de rejillas adecuadas para evitar que hojas y demás partículas medianas pasen a las bajantes. Seguidamente, debe haber un filtro que elimine partículas de mayor tamaño para así evitar que éstas se depositen en el contenedor. Debe disponer de tapa de registro para su limpieza periódica y estar conectado a la red de desagüe.

El agua se deposita en el tanque, ya filtrada; los más grandes son de concreto, siendo más idóneo que vayan enterrados, para evitar la aparición de algas y bacterias. Algunos elementos importantes del tanque son los sensores de nivel, sistema de aspiración flotante que recoge el agua 15 centímetros por debajo de su nivel, el deflector de agua de entrada y el sifón del rebosadero anti-roedores. La bomba de impulsión sirve para la distribución del agua por la vivienda, hecha con materiales adecuados para el agua de lluvia, silenciosa y de alta eficiencia. Por último, el aparato de sistema de gestión y control es imprescindible cuando se tienen dos tipos de agua; da información de la reserva de agua de lluvia existente en el depósito y conmutará con el agua de la red cuando sea necesario.

El sistema de reciclado debe tener la capacidad de drenaje de las aguas sobrantes, así como de su limpieza. Algunas instalaciones además llevan incorporado antes del filtro un sistema que permite desechar los primeros litros en las primeras lluvias de la temporada que se quiera recoger, es lo que se llama lavado de cubiertas (IS Arquitectura, 2014).

En la propuesta de desagüe pluvial del conjunto no está contemplado el aprovechamiento del agua pluvial, ya que sus rejillas de captación se derivan a cinco pozos pluviales localizados en varios puntos del terreno.

Resultados

La presencia de los edificios altos de vivienda Country Towers representa un hito en la historia urbano arquitectónica de la ciudad de Mérida, Yucatán, por la envergadura de la obra, que una vez totalmente habitada, acomodará a más de mil quinientas personas que harán uso de los recursos que se disponen en el medio tanto natural como artificial.

Sin embargo, el impacto que generen podrá ser constatado hasta que estén ocupadas en su totalidad. El alcance de esta tesis ha sido analizar el impacto que se genera el entrar en la escena urbana, lo que le representa a la realidad meridana a la luz del eje natural de la sostenibilidad, como ya se ha apuntado. Desde esa perspectiva, se pueden llegar a conclusiones basadas en la investigación efectuada en el caso, tanto a nivel documental y planos, como al hacer el análisis y crítica de lo que sucede en la realidad del sitio.

Así pues, en cuanto al impacto hidrológico, las condiciones naturales de escurrimiento del agua superficial no han sido afectadas significativamente por las actividades de desmonte y despalme. Dado el tipo de suelo de la Península de Yucatán, el principal efecto sobre las aguas superficiales se da al modificar la permeabilidad del terreno (Bautista & Palacio, 2005).

En cuanto al suelo, definitivamente se ha alterado al erigirse las torres en su construcción, en el desmonte, nivelación, excavación de zanjas y rellenos; las mencionadas actividades, que invariablemente remueven la vegetación del sitio alteran las características físicas y químicas del suelo en cuanto a su compactación, porosidad o estratificación, y atendiendo a las necesidades ornamentales o de funcionamiento, se han sustituido esas características naturales con medidas artificiales como ductos y pendientes en el concreto, vertiéndose a pozos y registros; y con la incorporación de vegetación de ornato. Al final de cuentas, a nivel de conformación del suelo, en su sentido geológico y topográfico, éste se modificará en cierta forma puntualmente, pero a cambio, se tendrá un producto final al que se le da mayor valor socioeconómico del que tenía como terreno natural.

Indirectamente, se impacta negativamente a la atmósfera, debido a que para lograr el volumen de construcción que representan las Country Towers, se hace uso de materiales de construcción que generan gases de efecto invernadero; sin embargo, incluso dentro del mismo proceso constructivo se emplea maquinaria que usa combustibles fósiles para funcionar, así como se tienen vehículos para el transporte de materiales y personal, lo que más adelante se verá sustituido por los vehículos particulares de los propietarios, creando con ello un punto focal y permanente de emisiones de gases.

A nivel de ecosistema, cuando se alteran las condiciones de la vegetación, se crea un desequilibrio en las poblaciones animales al dividirse su hábitat, y aunque el terreno que comprende el proyecto es relativamente pequeño, a escala medioambiental, se alteran las condiciones de vida de flora y fauna.

La eliminación o sustitución de las especies vegetales puede dar lugar a la expulsión o movilización de las pequeñas especies animales del sitio, a lo que se debe considerar el aumento del tráfico vehicular, que también las afectará, por atropellamiento. Entonces, al ser una construcción de este nivel en tamaño y carácter masivo, se tienen impactos de consideración sobre el ecosistema que inician con la construcción de la obra civil y que perduran en todo su ciclo de vida.

Aunado a lo anterior, se tienen los impactos a nivel urbano y también social; y, por ejemplo, a nivel de elemento arquitectónico, se crea un punto de tensión importante que atrae la atención de la ciudad en tanto es construcción única con respecto a su diseño, lo cual la hace destacar en su entorno.

También en lo urbano se encuentra que al ser una gran aglomeración de gente y no tener las características que la hagan funcionar a base del reciclaje y del uso de tecnologías renovables, los recursos que consume y los subproductos residuales que genera, provocan una carga importante a la ciudad, ya que es ésta la que provee los servicios necesarios para el nivel de confort al que están dirigidos estos departamentos.

Asimismo, el saneamiento está a cargo de la ciudad, que deberá contar con la capacidad para manejar residuos sólidos y líquidos de forma que no sean contaminantes, ya que una vez salidos estos elementos de los límites de su predio, pasan a ser responsabilidad del ayuntamiento, en respuesta al diseño aprobado por este, y avalado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (Seduma) (SEDUMA, 2012).

El impacto que genera el proyecto también se extiende a la esfera económica y social, que puede intersecarse con la urbana, ya que se tiene un elemento que ofrece un aspecto aspiracional con el nivel de comodidad y con la publicidad de exclusividad en su diseño y su manejo público, y que si se populariza, pueda ser que aparezcan elementos parecidos que modificarán la trama urbana. Al corto plazo, el sitio en el que están enclavadas las Country Towers ya se asocia y se consolida con ellas como una zona de alto poder adquisitivo con un virtual límite de introspección.

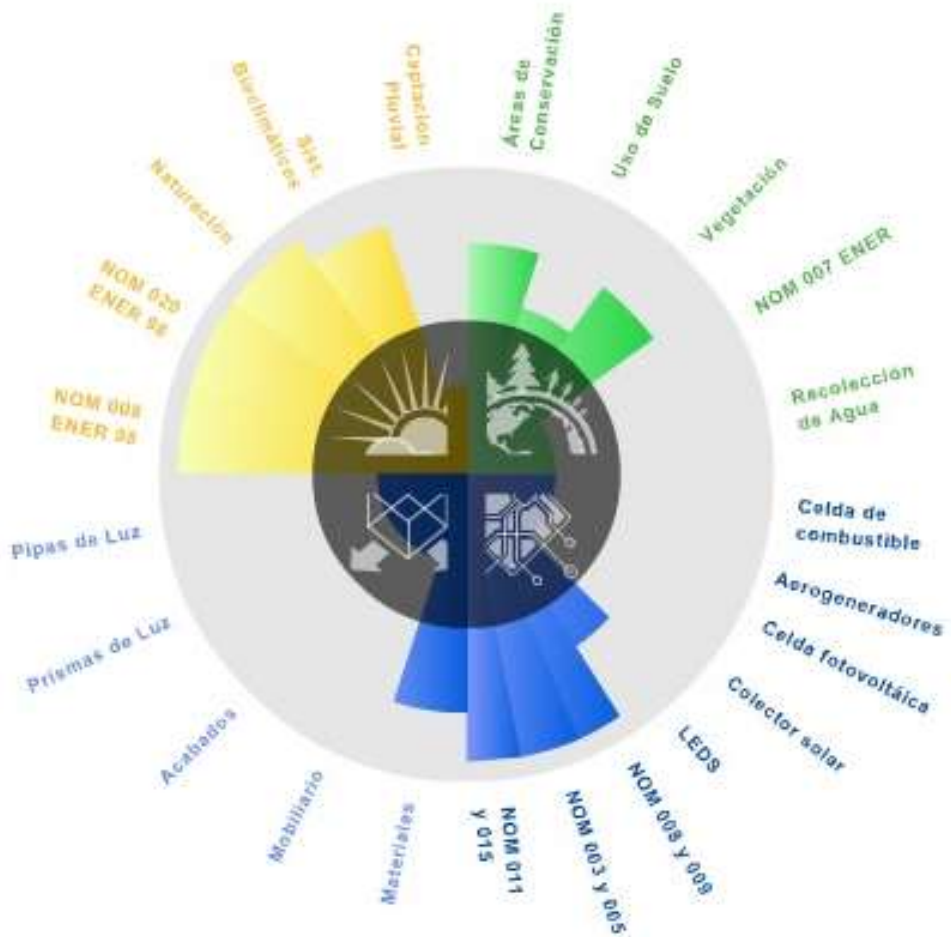
Como punto a favor, el que exista esta obra en la ciudad promueve inversiones en el estado, y el proyecto es apoyado por el gobierno, ya que se las ve como un indicador del entorno de negocios que ofrece Mérida para realizar proyectos e inversiones de esa magnitud (Ayuntamiento de Mérida, 2014); incluso se convierten en fuente de empleo, ya que durante la construcción se generan mil treinta y cinco empleos directos y mil cuatrocientos cincuenta indirectos, propiciando una derrama económica de más del millardo de pesos (SIPSE, 2014). Con ello, se declara que en la construcción se ocupan albañiles, electricistas, soldadores, carpinteros, operadores de maquinarias y prestadores de servicios; y durante la operación y vida útil de las torres, se generará empleos permanentes al requerir técnicos de mantenimiento y servicios, seguridad y vigilancia además de empleados administrativos, y en este sentido, el impacto es positivo.

Al determinar el impacto puntual del proyecto, con los análisis expuestos en cada punto de la metodología ARTEBES, se toman los datos recabados y se ingresan al *software*. La tabla de datos a ingresar se presenta a continuación:

	CONCEPTO	CUMPLE
ESPACIAL	Materiales estructurales con ahorro energético.	✓
	Mobiliario de ahorro energético.	x
	Acabados con ahorro energético.	x
	Optimización de luz natural mediante prismas.	x
	Optimización de luz natural mediante pipas de luz.	x
TECNOLÓGICO	Celdas de combustible para el ahorro.	x
	Aerogeneradores para aprovechamiento de energía eólica.	x
	Celdas fotovoltaicas para ahorro energético.	x
	Colectores solares para ahorro energético.	x
	Focos ahorradores en conformidad con el Fide.	✓
	Cumplimiento con la NOM-008-CNA-1998.	✓
	Cumplimiento con la NOM-009-CNA-2001.	✓
	Cumplimiento con la NOM-003-ENER-2011.	✓
	Cumplimiento con la NOM-005-ENER-2012.	✓
	Cumplimiento con la NOM-011-ENER-2006.	✓
Cumplimiento con la NOM-015-ENER-2012.	✓	
BIOCLIMÁTICO	Cumplimiento con la NOM-008-ENER-2001.	n/a
	Cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011.	✓
	Cumplimiento con la norma de naturación vigente.	✓
	Sistemas bioclimáticos de ahorro.	✓
	Sistemas de captación de agua para el ahorro.	x
ECOLÓGICO	Conservación ecológica en torno a asentamientos humanos.	✓
	Normatividad vigente en términos de uso de suelo.	✓
	Requisitos de áreas verdes afuera de la vivienda.	✓
	Cumplimiento con la NOM-007-ENER-2014, para lámparas exteriores.	n/a
	Recolección de agua en terrazas y banquetas.	x

Tabla 4. Parámetros de evaluación para la metodología ARTEBES aplicado a las Country Towers (elaboración propia).

El resultado de evaluar a las Country Towers con la metodología ARTEBES arrojó que es parcialmente sostenible:



Gráfica 6. Datos de la sostenibilidad de las Country Towers en interfaz gráfica (ARTEBES). .
(Obtenida el 10 de febrero de 2015).



Gráfica 7. Datos de la sostenibilidad de las Country Towers en interfaz gráfica (ARTEBES). .
(Obtenida el 10 de febrero de 2015).

Conclusiones particulares

El proyecto abordado contempla algunos puntos que lo ubican en el camino de la sostenibilidad. Estos puntos son lo que identifican como fortalezas, y entre ellos destaca el hecho de su material principal se cuenta entre los que tienen una baja huella ecológica, reportando incluso ahorros energéticos en el durante su elaboración, trabajo y tiempo de vida. Asimismo, las fuentes de iluminación son un punto a favor para las Country Towers, ya que el volumen en conjunto que representan supone un ahorro energético importante.

En lo general, la observación de la normatividad a través de las Normas Oficiales Mexicanas y la legislación particular en torno al medio ambiente tanto federal como local hacen de estos edificios unos buenos contribuyentes a la sostenibilidad debido a que la normatividad tiene por objetivo regular las actividades en sus diversos ámbitos de acción, de forma que al reunirse todos aquellos que la respetan se conforma un ambiente global que puede llamarse sostenible, y eso es posible con la colaboración de todos los participantes.

También se identificó las áreas de oportunidad de mejora para el proyecto, más que nada en sus aspectos particulares, como en el mobiliario o sus acabados. Pero un punto que se puede optimizar es el de la gestión de la energía que usa para funcionar. Según su diseño, todo en el conjunto funciona a base de energía procedente de hidrocarburos, cuando se tiene espacio suficiente para aprovechar formas alternativas de energía, tanto solar como eólica. Incluso para reciclaje de agua por medio de la recolecta pluvial.



Gráfica 8. Resultados de ARTEBES, por rubro (ARTEBES). (Obtenida el 10 de febrero de 2015).

En suma, en los cuatro escenarios que trabaja ARTEBES, en los rubros de Ecología y Bioclimática tuvo una muy buena evaluación, debido a la observancia de las leyes correspondientes. La cuestión tecnológica, que involucra formas de aprovechar la energía y la del espacio arquitectónico como tal, son aspectos que merecen un mejor abordaje.

Puntualmente, el consumo energético y el aprovechamiento del agua representan los puntos más representativos para intervenir si se considera un escenario de mayor grado de sostenibilidad.

En el consumo energético, al tener una superficie construida de 83 200 metros cuadrados, y un consumo de 33 W/m², existe un consumo de 0.70 MWh, una vez ajustado con el factor de demanda según la NOM de utilización de instalaciones eléctricas (SENER, 2012). Entonces, existe un consumo de 6 135 MW anuales (esto ya incluye el consumo por iluminación), lo que le significa al ambiente una emisión de 3 067 toneladas equivalentes de GEI (SEMARNAT, 2015), que, con las medidas pertinentes, de adecuación al diseño, pueden verse reducidas hasta un 30%, según lo expuesto. Ello significaría que no se estarían emitiendo a la atmósfera 920 toneladas equivalentes de GEI.

Tipo del inmueble	Carga unitaria (VA/m ²)
Restaurantes	22
Tiendas	33
Unidades de vivienda ^a	33
En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
Vestíbulos, pasillos, closets, escaleras	6
Lugares de reunión y auditorios	11
Bodegas	3

Tabla 5. Extracto de la tabla de consumo energético por metraje cuadrado de la NOM-001-SEDE-2012 (SENER). (Obtenida el 28 de octubre de 2015).

Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes)	Factor de demanda (%)
Almacenes	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 12 500	50
Hospitales*	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los apartamentos sin cocina para los inquilinos*	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 1 00000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3000 o menos	100
	De 3001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Voltamperes totales	100

Tabla 6. Factores de demanda eléctrica de la NOM-001-SEDE-2012 (SENER). (Obtenida el 28 de octubre de 2015).

Año	Factor de emisión de electricidad promedio [tCO ₂ e/MWh]
2000	0.6043
2001	0.6188
2002	0.6046
2003	0.6080
2004	0.5484
2005	0.5557
2006	0.5246
2007	0.5171
2008	0.4698
2009	0.5057
2010	0.4946
2011	0.5002*
2012	0.5165*
2013	0.4999

* Los valores del factor de emisión eléctrico para los años 2011 y 2012 fueron ajustados de acuerdo con las actualizaciones realizadas en el Balance Nacional de Energía.

Tabla 7. Factores de emisión de electricidad promedio en toneladas equivalentes de CO₂ por megavatio-hora (SEMARNAT). (Obtenida el 28 de octubre de 2015).

En el caso del agua, con las técnicas adecuadas de optimización del aprovechamiento y/o su reciclaje, se puede pensar en un ahorro de hasta el 15%. Considerando que al día, el conjunto de las Country Towers demanda 618 mil litros, es decir, más de 225 millones de litros anualmente, se podría ahorrar 33 835 500 litros al año (DOF, 2013).

CONCLUSIÓN FINAL

La globalización es un fenómeno del que forma parte la ciudad de Mérida, Yucatán, y seguirá atrayendo formas de pensar y de vivir que, posiblemente importen incluso las formas arquitectónicas de los sitios que tienen verdadera necesidad de espacio de vivienda y que se alzan a lo vertical. Si ese fuese el caso en el futuro, con el proyecto arquitectónico que se ha revisado en este trabajo, se inicia ese despunte, y ha sido un buen momento para analizar este tipo de edificios sin la interferencia de factores que modificaran su entorno. Así, se lo ha analizado prácticamente aislado con ese objetivo, de ver cómo está empezando a funcionar en medio de la tendencia mundial que mira a la sostenibilidad en todos sus aspectos.

Con proyectos como las Country Towers, Mérida se está incorporando a la problemática que acarrearán los edificios altos, entre otras cosas, que son los responsables de más de un tercio de la demanda de la energía del mundo, de un cuarto de la emisión global de los GEI. Ahora de forma mínima, pero de llegarse a replicar los proyectos, sobre todo para uso masivo, la ciudad se verá obligada a suministrar productos y servicios para mantenerlos.

Con el aprendizaje que se pueda extraer de esta aproximación para evaluar la sostenibilidad de un edificio alto de vivienda, tal vez se pueda llevar a cabo un proyecto más integral que tome en cuenta los puntos que se identificaron como mejorables en esta oportunidad. Considerar de forma completa la función de los espacios con las formas de manejar la energía y, sobre todo, de producirla y aprovecharla.

En un terreno generoso como el que nos ocupó, es posible incorporar mecanismos de generación de energía a través de las renovables. Y la misma altura de los edificios se puede prestar a ese objetivo, presentan una fachada que es factible que capte energía solar o con aerogeneradores en azoteas, con una situación de viento inmejorable.

Ya sea para emitir un veredicto de sostenibilidad, o para apoyarse en el proyecto posterior de mejora del edificio, al haber detectado fortalezas y puntos a mejorar, dándole al procedimiento la posibilidad de ser no sólo un instrumento observacional, sino que tiene la potencialidad de hacer contribuciones reales al mejoramiento de una realidad de diseño, mediante recomendaciones de diseño. Es importante mencionar que acciones que contribuyan a mitigar el impacto ambiental, por pequeñas que sean, con el tiempo llegan a significar grandes acciones a favor de la sostenibilidad.

Por lo tanto, es concebible que un proyecto como el de las Country Towers, con soluciones adecuadas en sus puntos de mejora responda mejor a las exigencias de sostenibilidad, siendo tales puntos su consumo de energía eléctrica y de agua.

Del análisis efectuado, a manera de propuestas, se puede considerar que para optimizar el consumo eléctrico del conjunto, se puede abordar desde tres frentes:

- a) La iluminación, que puede aprovecharse a través de prismas de luz que capten más iluminación natural y la distribuyan mejor en el espacio interior, sobre todo en las áreas no adyacentes a las fachadas en las que prevalecen los ventanales; ya que en esas áreas, la iluminación natural es más que suficiente, pero en las zonas internas, la iluminación se realiza por medio de lámparas que, aunque ahorradoras, podrían disminuirse si se hiciese una red en ductos que dirija la luz solar que se puede captar en azoteas, e incluso en las fachadas, que representan un total de 15 500 metros cuadrados de superficie iluminada, por torre.
- b) El aislamiento, que por el uso extendido en el proyecto del aire acondicionado, es una oportunidad de mitigación si se utilizan acabados que aíslen el edificio, para que los interiores no se sobrecalienten, y que la temperatura interior alcanzada por los medios activos de refrigeración se conserve. Aún más, se puede implementar un diseño que contemple la ventilación eficiente pasiva con aberturas y formas en ubicaciones estratégicas que disminuyan el uso de aparatos de aire acondicionado.

Incluso, se puede pensar en la propuesta de De Garrido, que sería el uso de azoteas y muros verdes en las fachadas, aunque dicha solución representaría un proyecto en sí mismo y demandaría otras necesidades, como de riego y mantenimiento, sin embargo, proporcionaría beneficios de regulación térmica y visual.

- c) Un tercer punto es este aspecto es el de la generación energética en sí misma, ya que por el solo tamaño de los edificios que componen el proyecto, se tienen potencialidades que no fueron explotadas. Es posible considerar generadores eólicos en las azoteas, que aprovechen el viento inmejorable que recibirías, así como paneles solares en azoteas o en las fachadas, pasando por materiales y acabados semiconductores, por ejemplo en los vidrios, que podrían contribuir a la captación de energía solar, tanto para producción fotovoltaica de corriente eléctrica, como de almacenamiento de energía térmica para calentar agua. Asimismo, los desechos producidos por las torres, que ascenderán a casi 1.1 toneladas diarias, se podrían encaminar hacia el reciclaje y la generación de electricidad por biomasa y biocombustibles, si se dotase al conjunto de la infraestructura adecuada.

En cuanto al aprovechamiento del agua, el punto para mejorar más crítico detectado, recae en el aprovechamiento del agua pluvial, y en ese sentido, hay mucha posibilidad de acción por la superficie de captación potencial que se tiene. Con bajantes pluviales, redes de tuberías y cisternas que capten el agua procedente de la lluvia, se podría, al menos, utilizarse para mantener el agua que se usa de manera recreativa, en el lago artificial, fuentes y albercas, no teniendo, por tanto, que extraerla del subsuelo.

Sin embargo, aunque estas acciones mejorarían su grado de sostenibilidad, no se puede circunscribir el problema en este ámbito y suponer que las adecuaciones al proyecto solucionarían el problema de fondo que es la inserción de los edificios altos de vivienda, y también no habitacionales, al entorno meridano.

Para tener soluciones fundamentadamente sostenibles y éticas, éstas deben proceder también de las esferas reguladoras, es decir, de la legislación en todos sus ámbitos. Existen parámetros y ordenanzas de carácter internacional, basadas en certificaciones y valoraciones de los edificios en su sostenibilidad, como las dadas por la CTBUH, el LEED, etc., y ya hay visos de legalizar la construcción de los edificios y vigilar su impacto en México, al menos con las NMX y NOMs vigentes, que toman referencia de las normas internacionales.

Sin embargo, en el ámbito local, Yucatán y Mérida, carecen de legislación que controle la construcción de los edificios altos de vivienda, y de cualquier edificio alto, para este efecto. En cuanto a la altura del edificio, la única restricción que se tiene es la calle sobre la que se alza, y en relación a ésta, se obtiene una altura máxima, que es 1.5 veces su anchura, lo que no es aplicable a edificios del tipo de las Country Tower, que son torres.

Lo anterior se debe principalmente a que la forma de construcción era principalmente en extensión y no hubo ningún exponente alto hasta principios del siglo XXI, pero a una década de distancia, no se han hecho adecuaciones a la normatividad, que contemple estas edificaciones que han estado apareciendo.

Con el reconocimiento de edificios verticales altos, también será necesario articular a las dependencias y organizaciones que los abastecen de servicios. La Japay, la CFE, los servicios de recoja de basura, de transportación, de abastecimientos de alimentos, de ocio, etc., deberán adecuar sus canales de servicio y actividades para atender y satisfacer las demandas de una concentración mayor de personas al mismo tiempo; ello implicará la actualización y ajuste de toda la infraestructura actual para dar abasto a las nuevas necesidades, tocando con esto otras esferas, de orden político, económico, laboral y social que se verán modificadas ante una potencial aparición de edificios altos. Por lo menos, la normatividad debería preparar un plan de acción para entrar si los edificios altos de vivienda proliferan para que no se tome a la ciudad de sorpresa.

En suma, en tal plan urbano y de normatividad urbana, se habrá de considerar lineamientos precisos sobre alturas, sombreado, vegetación adecuada, formas de captación de agua, drenajes, medidas de densidad constructiva y habitacional, equipamiento urbano de todo tipo, enlaces viales e interconexión con el resto de la urbe, todo con la preocupación orientada al usuario.

La sostenibilidad no solo se refiere, como se explicó, a los factores medioambientales. Es el conjunto de ejes que integran la posibilidad de hacer funcionar un “algo” para que sea aprovechado por todos y en distintos tiempos.

Lleva implícito el concepto de equidad y es por ello que desde la práctica arquitectónica se pueden hacer propuestas totalmente sostenibles, que tomen en cuenta al usuario en sus vertientes social, ambiental y económica, a partes iguales, dado que una afecta inevitablemente a las demás.

Con edificios como las Country Towers que posiblemente marquen el inicio de una tendencia, se debería aprender de sus aciertos y tomar nota de aquello que no se quisiera repetir, o sencillamente, para hacer versiones mejores, con el objetivo de disfrutar de las ventajas tecnológicas que ofrece la contemporaneidad y para tratar de asegurarnos de que mejoren aún más esas generaciones futuras a las que hace referencia el concepto mismo de sostenibilidad.

Referencias

- Arias, P. (2008). *Mexicanos en Chicago. Diario de campo de Robert Redfield, 1924-1925*. México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Arzate Pérez, M. (2008). *ARTEBES*. Obtenido de Lasus: <http://www.lasus.info/artebes/>
- Arzate Pérez, M. (2008). *Modelo de evaluación sustentable para la arquitectura en México*. México: Unam.
- Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade Brasil. (2002). Manifiesto por la vida. Por una ética para la sustentabilidad. *Ambiente & sociedade*, 1-14.
- Ayuntamiento de Mérida. (27 de noviembre de 2014). *Ayuntamiento de Mérida*. Recuperado el 27 de noviembre de 2014, de Mérida, una ciudad competitiva y atractiva para la inversión: <http://isla.merida.gob.mx/ServiciosInternet/siiw/web/ADSIME/Prensa/php/nota.php?idnota=4999&tituloNota=M%E9rida,%20una%20ciudad%20competitiva%20y%20atractiva%20para%20la%20inversi%F3n>
- Barattero, A. (2009). *Nuevas perspectivas en la industria de la construcción en el paradigma de sostenibilidad*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Barrera, O., & Alonso, A. (2013). *Diseño y evaluación de edificios sustentables*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Bautista, F., & Palacio, G. (2005). *Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán : implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales*. Mérida: Uady.

- Belmonte Martínez, M., Boned Prukiss, J., Gavilanes Vélaz de Medrano, J., & Jiménez Morales, E. (2010). *Documento de descripción formal del conocimiento arquitectónico*. Madrid: Gobierno de España. Ministerio de Ciencia y Educación.
- Bolio, J. (1990). *Vivienda vertical*. Mérida: Fauady.
- Busquets Rubió, P., & Carrera Gallissa, E. (2014). *Huella ecológica*. Recuperado el 9 de septiembre de 2014, de Sitio web de la Universidad Politécnica de Cataluña:
http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=8&id=41
- Cano, U. (1999). Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica. *Boletín IIE*, 208-215.
- Capuz Rizo, S., Gómez Navarro, T., Vivancos Bono, J., Viñoles Cebolla, R., Ferrer Gisbert, P., López García, R., & Bustamante Ceca, M. (2002). *Ecodiseño*. Valencia: Editorial de la UPV.
- Casar Marcos, G. (2014). *Edificación Sustentable en México. Contexto y perspectivas de la NMX-AA-164-SCFI-2013*. México: Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.
- CEMEX. (2015). *Concreto profesional*. Recuperado el 5 de marzo de 2015, de CEMEX: <http://www.cemexmexico.com/Concretos/VentiumUltraLigero.aspx>
- Céspedes-Flores, S., & Moreno-Sánchez, E. (2010). Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación ambiental*, 5-13.
- CNA. (2001). *NOM-008-CNA-1998. Regaderas empleadas en el aseo corporal. Especificaciones y métodos de prueba*. México: Comisión Nacional del Agua (CNA).
- CNA. (2001). *NOM-009-CNA-2001. Inodoros para uso sanitario. Especificaciones y métodos de prueba*. México: Comisión Nacional del Agua (CNA).

- Colegio de arquitectos tabasqueños, A.C. (2014). *Curriculo*. Recuperado el 1 de septiembre de 2014, de Sitio web del colegio de arquitectos tabasqueños, A.C.: www.arquitab.org.mx/eventos/images/Curriculum/garrido.pdf
- Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. (2008). *Construcción de edificios altos*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- CONACYT. (2015). *Áreas Naturales Protegidas del Estado de Yucatán*. Recuperado el 28 de enero de 2015, de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT):
<http://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/anpl/yucatan#page>
- CTBUH. (2014). *Tallest building lists*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH):
<http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/TallestBuildingLists/tabid/1336/language/en-US/Default.aspx>
- De Garrido, L. (2009). *Análisis de proyectos de arquitectura sostenible: Naturalezas artificiales*. Madrid: MacGraw Hill.
- Desarrolladora Habitación S.A. (2014). *Recorrido virtual*. Recuperado el 3 de julio de 2014, de San Angelo 08: <http://www.sanangelo08.com/recorrido/>
- DG de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. (2010). *Guía de mobiliario urbano sostenible con eficiencia energética*. España: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.
- Diario de Yucatán. (22 de julio de 2012). Mérida va para arriba. *Central 9, Temas*.
- Díaz Coutiño, R. (2011). *Desarrollo sustentable. Una oportunidad para la vida*. México: McGraw Hill.
- Dirección de Servicios Públicos Municipales, Mérida, Yucatán. (2014). *Servicio de recolección de basura*. Recuperado el 15 de abril de 2014, de Sana: <http://www.merida.gob.mx/ecomerida/residuos/sana.pdf>

- DOF. (2013). *Decreto por el que se adiciona un artículo 17 TER a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de mayo de 2013* . México: Diario Oficial de la Federación (DOF).
- Domos Prismáticos. (2015). *Funcionamiento*. Recuperado el 22 de abril de 2015, de Domos prismáticos: <http://www.domosprismaticos.com.mx/>
- Echarri, L. (1998). *Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. Madrid: Editorial Teide.
- Escudero, J. (2008). *Manual de energía eólica*. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- estructurainmobiliaria.com. (2015). *Preventa departamentos de lujo en Altabrisa country Towers*. Recuperado el 28 de octubre de 2015, de Estructura Inmobiliaria: <http://www.estructurainmobiliaria.com/es/casa-en-venta-en-merida-fraccionamiento-altabrisa/d579.html>
- EuropaPress. (27 de septiembre de 2013). *La temperatura subirá más de 2°C en 2100 sin políticas "agresivas" para mitigarlo*. Recuperado el 24 de enero de 2014, de EuropaPress: <http://www.europapress.es/epsocial/politica-social/noticia-ipcc-alerta-politica-agresiva-mitigacion-temperatura-planeta-subira-mas-2c-2100-20130927115901.html>
- FAO. (2015). *Colectores de energía solar*. Recuperado el 11 de abril de 2015, de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO): <http://www.fao.org/docrep/x5058s/x5058s04.htm>
- FIDE. (2015). *Luz sustentable*. Recuperado el 11 de abril de 2015, de Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE): http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=120&Itemid=218

- Fonseca, R. (6 de marzo de 2014). *Forum Empresa*. Obtenido de Estrategia y negocios:
http://www.empresa.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1069:cemento-con-huella-bajo-control&catid=101:noticiasforumcategoria&Itemid=320
- Fuentes, V. (2002). *Arquitectura bioclimática*. México: Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco.
- García Parra, B. (2008). *Ecodiseño. Nueva herramienta para la sustentabilidad*. México: Designio. Libros de diseño.
- Gligo, N. (2007). Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina, un cuarto de siglo después. *Revista Virtual Redesma*.
- Gobierno de la República. México. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. México: Gobierno de la República.
- Gobierno Español. (2006). *Decreto DOGC 4574-16.2.2006 1/2006, de 14 de febrero, por el que se regula la aplicación de criterios de ecoeficiencia en los edificios*. Cataluña: Departamento de la Presidencia. Gobierno Español.
- Granda, C. (2007). *Condiciones técnicas para el crecimiento sostenible en la teoría económica*. Obtenido de Sitio web de la Universidad Nacional de Colombia: revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/download/1436/2066
- Grupo Desur. (2014). *Onze*. México: Grupo Desur.
- Huxtable, A. (1982). *El rascacielos. La búsqueda de un estilo*. Madrid: Editorial Nerea.
- IAE. (2015). *Equivalencias*. Recuperado el 22 de febrero de 2015, de Instituto Argentino de la Energía (IAE): <http://www.iae.org.ar/equivalencias.pdf>

- IMCYC. (2004). *Concretos ligeros*. Recuperado el 11 de marzo de 2015, de Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC): <http://www.imcyc.com/ct2009/jul09/tecnologia.htm>
- INECC. (2010). *Investigación ambiental 2010*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).
- INEGI. (2013). *Inegi Medio Ambiente*. Recuperado el 5 de diciembre de 2013, de Basura: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/ambiente/basura.aspx?tema=T>
- INEGI. (2014). *Actividades económicas Yucatán*. Recuperado el 3 de marzo de 2014, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/yuc/economia/>
- Iniciativa de la Carta de la Tierra. (2012). *La Carta de la Tierra*. Recuperado el 12 de abril de 2014, de Iniciativa de la Carta de la Tierra: <http://earthcharterinaction.org/contenido/pages/Lea%20la%20Carta%20de%20la%20Tierra>
- Inmobilia Operadora. (2015). *Country Towers Mérida*. Recuperado el 20 de enero de 2015, de Country Towers Mérida: <http://www.countrytowers.com.mx/>
- Iracheta, A., & Bolio Osés, J. (2012). *Mérida metropolitana. Propuesta integral de desarrollo*. Mérida: Fundación del Plan Estratégico de Yucatán, A.C.
- IS Arquitectura. (2014). *Recogida de aguas pluviales*. Recuperado el 23 de agosto de 2014, de IS Arquitectura: <http://blog.is-arquitectura.es/nuevas-tecnologias-en-viviendas/reciclaje-de-agua/recogida-de-aguas-pluviales/>
- Isa, F., Ortúzar, M., & Quiroga, R. (2005). *Cuentas ambientales: conceptos, metodologías y avances en los países de América Latina y el Caribe*. Nueva York: Naciones Unidas.

- ISO. (2002). *ISO/TC 59/SC 17 Sustainability in buildings and civil engineering works*. Recuperado el 15 de marzo de 2014, de International Standard Organization (ISO):
http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=322621
- IVE. (2012). *Cómo ahorrar energía aislando térmicamente la fachada principal de su edificio por el exterior de la vivienda*. España: Instituto Valenciano de la Edificación (IVE).
- JAPAY. (2014). *Infraestructura*. Recuperado el 25 de noviembre de 2014, de Junta de Agua Potable de Yucatán (JAPAY):
<http://www.japay.yucatan.gob.mx/infra/plantas.php>
- JAPAY. (4 de enero de 2015). *Inauguración PTAR Altabrisa*. Recuperado el 2 de marzo de 2015, de Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán (JAPAY):
<http://www.japay.yucatan.gob.mx/noticias/verarticulo.php?IdArticulo=248>
- Jiménez Herrero, L. (2000). *Desarrollo sostenible: transición hacia la coevolución global*. Madrid: Pirámide.
- Kamin, B. (2014). *Tribune Tower competition*. Obtenido de Sitio web del Chicago Tribune: <http://www.chicagotribune.com/news/politics/chi-chicagodays-tribunetower-story,0,361661.story>
- López, F. (2009). Algunos apuntes sobre sostenibilidad y arquitectura. *Escala*, 85-92.
- Lucon, O., Zain, A., & Bertoldi, P. (2014). Buildings. En ONU, *Climate change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (págs. 671-738). Nueva York: Cambridge University Press.
- Machado, J., & Miranda, C. (2004). La verticalización como resultado material de la incorporación inmobiliaria en Maringá-Paraná. *Urbano*, 57-67.

- Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., & Behrens, W. (1972). *The limits of growth*. Nueva York: Universe Books.
- Montaner, J., & Muxí, Z. (2013). *Arquitectura y política*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Municipio de Mérida, Yucatán. (2004). *Reglamento de construcciones del Municipio de Mérida*. Merida: Diario Oficial del Estado de Yucatán.
- Municipio de Mérida, Yucatán. (2009). *Rglamento de protección al ambiente y del equilibrio ecológico del municipio de Mérida*. Mérida: Municipio de Mérida, Yucatán.
- Neila, J. (2000). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid: <http://habitat.aq.upm.es/select-sost/ab3.html>
- Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili.
- ONU. (1972). *Declaración de Estocolmo sobre el medio ambiente humano*. Estocolmo: Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- ONU. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo "Nuestro futuro común"*. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- ONU. (1998). *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Kioto: Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- ONU. (2002). *Declaración de Johannesburgo sobre el desarrollo sostenible*. Johannesburgo: Organización de las Naciones Unidas (ONU).

- ONU. (2013). *Desarrollo sostenible*. Recuperado el 20 de enero de 2014, de Organización de las Naciones Unidas (ONU): <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- ONU Declaración de Río. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Río de Janeiro: Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- ONU Programa 21. (1992). *Programa 21*. Río de Janeiro: Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- Perello, A. (1994). *Las claves de la arquitectura*. Madrid: Editorial Planeta.
- Priego González de Canales, C. (2003). La institucionalidad ambiental nacional e internacional. En J. Rojas Hernández, Ó. Parra Barrientos, & (coords.), *Conceptos básicos sobre medio ambiente y desarrollo sustentable* (pág. 332). Buenos Aires: Inet-Gtz.
- Quintana De Uña, J. (2006). *Sueño y frustración. El rascacielos en Europa, 1900-1939*. Madrid: Alianza Editorial.
- Ramírez, N. (2009). La verticalización. *Escala*, 16-18.
- Reichmann International. (2015). *Torre Mayor*. Recuperado el 12 de octubre de 2015, de Torre Mayor: <http://www.torremayor.com.mx/index.php/es/inicio-es>
- rentasyventas.com. (2015). *Departamento Residencial en Venta en Fraccionamiento Altabrisa, Mérida, Yucatán*. Recuperado el 28 de octubre de 2015, de Rentas y Ventas: <http://www.rentasyventas.com/departamentos-en-venta-en-merida-yucatan/departamentos-en-venta-en-merida----country-towers--fgc-dr11220018-fraccionamiento-altabrisa/i131741.html>
- Ruano, M. (2008). *Un Vitruvio ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Salazar, S. (2011). *Construcción y desarrollo sostenible. Arquitectura bioclimática*. Almería: Universidad de Almería.

- Santos, M. (1996). *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Hucitec.
- SCFI. (2013). *NMX-AA-164-SCFI-2013. Edificación sustentable. Criterios y requerimientos ambientales mínimos*. México: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI).
- SE. (2014). *Catálogo mexicano de normas*. Recuperado el 14 de noviembre de 2014, de Secretaría de Economía (SE): <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas>
- SEDA. (2010). *Scottish Ecological Design Association (SEDA)*. Recuperado el 18 de diciembre de 2013, de Sitio web de la SEDA: <http://www.seda.uk.net/>
- SEDUMA. (4 de abril de 2012). *Detalles de evaluación*. Recuperado el 3 de agosto de 2014, de Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA): <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/seguimiento-impacto/detalle-solicitud.php?IdEstudio=421>
- SEMARNAT. (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- SEMARNAT. (2015). *Factor de emisión eléctrico 2013*. Recuperado el 28 de octubre de 2015, de Programa GEI México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT): ecretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- SENER. (2001). *NOM-008-ENER-2001. Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*. México: Secretaría de Energía (SENER).
- SENER. (2007). *NOM-011-ENER-2006. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado*. México: Secretaría de Energía (SENER).

- SENER. (2011). *NOM-003-ENER-2011. Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado*. México: Secretaría de Energía (SENER).
- SENER. (2011). *NOM-020-ENER-2011. Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional*. México: Secretaría de Energía (SENER).
- SENER. (2012). *NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones eléctricas (utilización)*. México: Secretaría de Energía (SENER).
- SENER. (2012). *NOM-005-ENER-2012. Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, método de prueba y etiquetado*. México: Secretaría de Energía (SENER).
- SENER. (2012). *NOM-015-ENER-2012. Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado*. México: Secretaría de Energía (SENER).
- Sepúlveda, S., Chavarría, H., & Rojas, P. (2005). *Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de los territorios rurales (el biograma)*. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- SIPSE. (28 de noviembre de 2014). *Abren en Mérida edificio más alto del sureste de México y de Centroamérica*. Recuperado el 30 de noviembre de 2014, de SIPSE: <http://sipse.com/milenio/inauguracion-edificio-mas-alto-sureste-mexico-centroamerica-merida-125077.html>
- Skyscraper. (2014). Recuperado el 14 de noviembre de 2014, de The Skyscraper Museum: http://www.skyscraper.org/SITE_MAP/site_map.htm
- Sullivan, L. (1896). The tall building artistically considered. *Lippincott's Magazine*, 403-409.
- Szokolay, S. (1983). *Arquitectura solar*. España: Editorial Blume, S.A.

- Torre Latinoamericana. (2015). *Historia*. Recuperado el 3 de octubre de 2015, de Torre Latino: <http://torrelatinoamericana.com.mx/historia/>
- UAEH. (2014). *Historia de la arquitectura mexicana*. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH).
- UCS. (2012). *A short history of energy*. Recuperado el 24 de enero de 2014, de Union of Concerned Scientists (UCS): http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/a-short-history-of-energy.html
- UNADM. (2015). *Legislación y normatividad*. México: Universidad Abierta y a Distancia de México (UNADM).
- Unidad de Acceso a la Información Pública del Poder Ejecutivo de Yucatán (Unaipe). (2012). *Solicitud 8788*. México: Unaipe.
- Universidad Abierta y a Distancia. (2014). *La mochila ecológica*. Recuperado el 3 de noviembre de 2014, de Universidad Abierta y a Distancia: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358024/contLinea/leccin_44_la_mochila_ecologica.html
- Universidad de Chile. (2014). *Celdas fotovoltaicas*. Recuperado el 3 de diciembre de 2014, de Universidad de Chile: <http://users.dcc.uchile.cl/~roseguel/celdasolar.html>
- USGBC. (2014). *LEED Green building certification system*. Recuperado el 7 de junio de 2014, de Consejo del Edificio Verde de Estados Unidos (USGBC): <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs10716.pdf>
- Victor, D. (2014). *Introductory Chapter. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Reino Unido: Cambridge Press.

Wackernagel, M., & Rees, W. (2001). *Nuestra huella ecológica. Reduciendo el impacto humano sobre la tierra*. Buenos Aires: Editorial LOM.

Wells, M. (2005). *Rascacielos. Las torres del siglo XXI*. Madrid: Rivas Vaciamadrid.

Yeang, K. (1999). *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili.

Yeang, K. (2001). *El rascacielos ecológico*. España: Gustavo Gili.