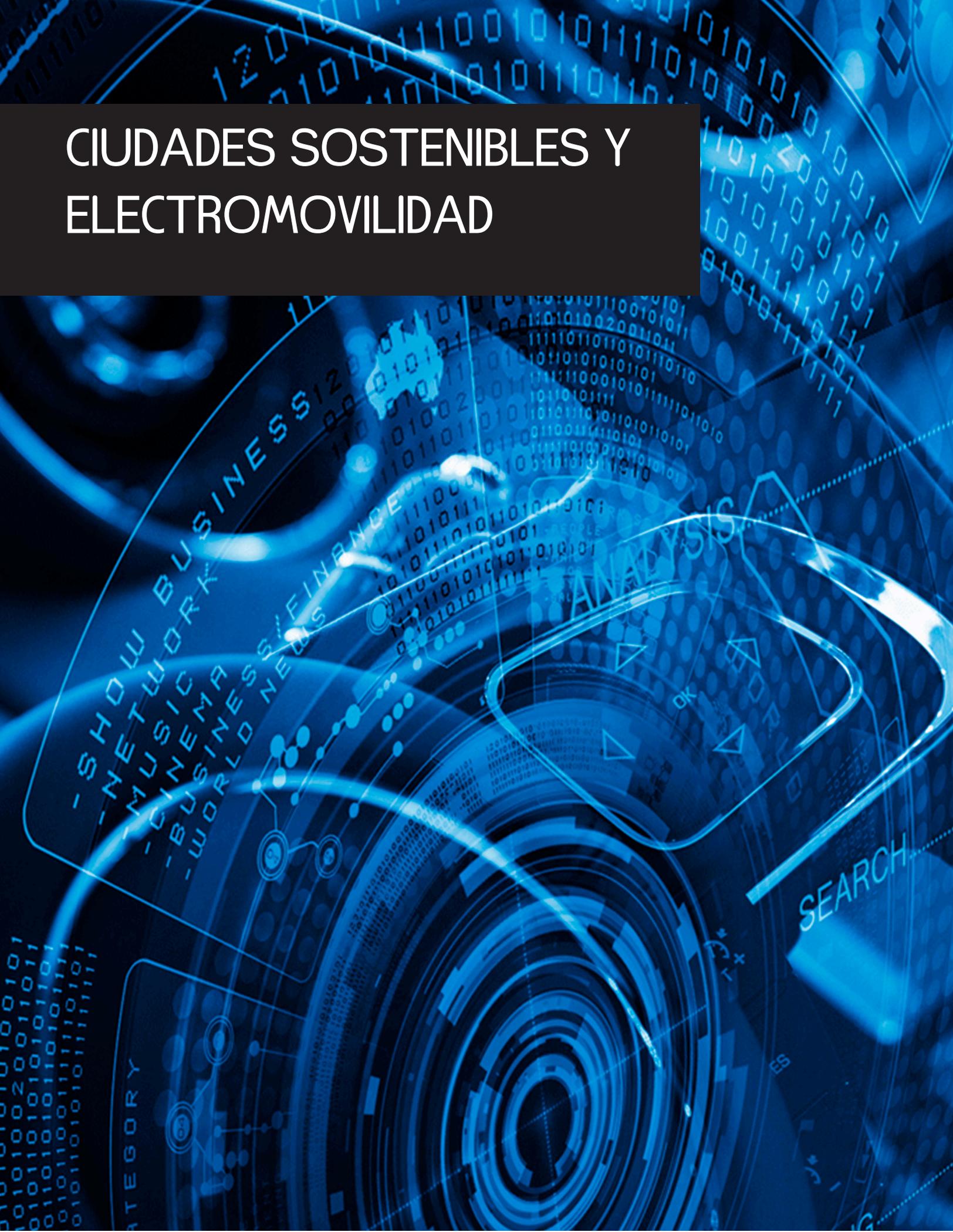


CIUDADES SOSTENIBLES Y ELECTROMOVILIDAD





- INTE
- LIVE
- MED
- PHO
- VIDE
- MUS



10101101

Investigadores*

MSc. Rolando Portilla Pastor

Dr. José Rodrigo Rojas M.

*Investigador: Rojas, J. Doctor en Ciencias de la Universidad Austral de Chile. Investigador y académico en el área de planificación de proyectos de generación de energía.

Correo electrónico:
RRojasM@ice.go.cr

*Investigador: Portilla, R. Máster en manejo de recursos naturales y cuencas hidrográficas del CATIE e Ingeniero Civil, Universidad de Costa Rica.

Correo electrónico:
rportilla23@yahoo.com.mx

Recibido: 14 de junio del 2017
Aceptado: 16 de junio del 2017

Resumen

La mayor parte de las ciudades en el planeta experimentan un desarrollo expansivo y desordenado, que lleva a la formación de mega-urbes donde habita un alto porcentaje de la población total. Ante esta situación, la ciudad sostenible debería ser una meta y un reto global para todos los países del mundo. Ante esto, la electro-movilidad sostenible constituye un elemento inherente de las ciudades sostenibles modernas, que presenta grandes ventajas como mejora en la salud pública, ahorro en la factura petrolera y mejoramiento de la calidad de vida.

La grave situación que enfrenta la Gran Área Metropolitana (GAM) requiere de un cambio radical en términos de planificación urbana, que oriente el desarrollo mediante ejes y conceptos medulares como: ciudad compacta sostenible, prioridad al transporte peatonal y público, inter-modalidad, potenciación de la electro-movilidad, establecimiento de límites espaciales, ecológicos y poblacionales, uso de energías renovables, gestión ambiental sostenible y consenso social, empresarial y político alrededor de un modelo ciudad.

Palabras claves

Ciudades sostenibles, electro-movilidad, Gran Área Metropolitana, Costa Rica

Abstract

Most of the cities around the world experiment a messy and expansive development, that takes to the formation of mega-cities, where inhabit most of the country population. In view of this condition, sustainable cities should be a goal and a global challenge for all the countries in the world. Under such condition, sustainable electro-mobility represents an inherent element of modern sustainable cities, with great advantages including improvement in public health, savings in oil expenses and a better quality of life.

The difficult situation of the "Gran Área Metropolitana" (GAM) requires a radical change in terms of urban planning, that address the development toward strategic axes as: compact sustainable city, priority to pedestrian and public transport, inter-modality, electro-mobility, establishment of spatial, ecological and population boundaries, use of renewables energies, sustainable environmental management and social, business and political agreement about a city model.

Key words

Sustainable cities, electromobility, Big Metropolitan Area, Costa Rica.

1. Introducción: Los problemas y desafíos de las mega-urbes

Tal como lo indica Rueda (1999), más de la mitad de la población mundial vive hoy en zonas urbanas y para el 2050 esa cifra habrá aumentado a 6.500 millones de personas, es decir dos tercios de la humanidad. Ante estas proyecciones no es posible planificar y mucho menos lograr un desarrollo sostenible sin que ello signifique una transformación radical en la forma en que construimos y administramos los espacios urbanos. El vertiginoso crecimiento de grandes urbes en el mundo junto con el aumento de las tasas de migración, desde el campo a la ciudad, han sido los principales detonantes para acelerar un explosivo surgimiento del fenómeno de las megas metrópolis. Como dato interesante, ya desde 1990 solo había 10 ciudades con más de 10 millones de habitantes en todo mundo, desafortunadamente para el 2014 la cifra había aumentado a 28 representando más de 453 millones de personas (Roes, 1996, Wackernagel, 1996 y Lema, 2016).

Es con base en lo indicado, que la forma en que crecen las ciudades, por muchos años, ha sido un tema de mayor preocupación y de reflexión por parte de organizaciones alrededor del mundo que impulsan un desarrollo humano justo, igualitario, inclusivo y sostenible. Como hito histórico, el 25 de septiembre de 2015 (Cumbre Mundial de Objetivos de Desarrollo Sostenible, New York, 2015), (Naciones Unidas, 2015), los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales dirigidos a erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad como parte de una nueva agenda para el desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años. El objetivo número 11 propone "Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles". Se trata de un compromiso con tres elementos esenciales: 1. Desarrollar planes, programas, proyectos y acciones concretas para la sostenibilidad urbana. 2. Apoyar una mejor planificación y diseño del espacio que permita optimizar la densidad, la conectividad y la diversidad y 3. Respalda una inversión más equitativa para las iniciativas urbanas (Naciones Unidas, 2015).

2. Ciudades sostenibles: Un reto de magnitud global

Las ciudades son polos humanos y verdaderos hervideros donde fluyen ideas, intercambios de mercancías, comercio, cultura, ciencia, productividad, desarrollo social, tecnología, naturaleza y mucho más. A lo largo de la historia se ha documentado (Rees, 1996 y Science for Environment Policy, 2015) como las ciudades han sido factores decisivos de progreso social y económico. No obstante, en los últimos años han emergido una serie de dificultades para mantener ciudades que sigan creando oportunidades, empleos y prosperidad sin ejercer presión sobre el mismo entorno y sus recursos. De hecho, tal como lo expone (Adams, 2006), la mayor parte de las personas más pobres del mundo actualmente viven en zonas rurales, pero la necesidad de salir de esta indigencia, les hace huir y buscar nuevas oportunidades provocando verdaderos éxodos hacia las grandes ciudades. Esta condición social es lo que explica las principales causas del crecimiento desproporcionado y explosivo de las urbes.

Recientes investigaciones revelan que la mitad de la población mundial, 3.500 millones de personas, viven en mega-ciudades como es el caso de Bombay, Ciudad de México y Brasilia. Esta crisis urbanística requiere, sin demora, una transformación y una gestión adecuada de los espacios urbanos. Sin esta condición el desarrollo sostenible será imposible e ineludiblemente las aspiraciones de igualdad social se alejarán. La tarea es compleja y difícil, especialmente en el cometido de mejorar la sostenibilidad urbanística, ya que como indica (Kennedy et al., 2007 y Hiremath et al., 2013) no solo se requiere garantizar el acceso a viviendas seguras y asequibles, sino el mejoramiento de los anillos marginales. Todo lo anterior necesita inversiones en infraestructura para el acceso al agua, energía, alimento, entretenimiento y sin duda al transporte público.

Los problemas comunes de las ciudades, como las que conforman la región de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica (GAM Alajuela, Heredia, San José y Cartago), derivan sobre todo de la expansión demográfica desregulada, del crecimiento urbano desordenado, de la congestión vial producto de la ausencia de planificación y de la falta de recursos financieros del gobierno

central para desarrollar a tiempo infraestructura social (Mezger, 2016). Por lo tanto, el reto para la GAM debe ser generar condiciones de ciudad sostenible. Para ello, requiere crear un conjunto de condiciones que permitan a sus pobladores seguir prosperando y creciendo, y al mismo tiempo optimizar el uso de los recursos, reducir la contaminación y acortar la brecha de la pobreza. Como lo establecen las Naciones Unidas (2016), las ciudades sostenibles deben ser sitios de oportunidades, con acceso a servicios básicos, energía, vivienda, transporte y facilidades para todos.

3. Concepto de ciudades sostenibles

El término "ciudades sostenibles" se impulsó en 1994 en Aalborg (Dinamarca), donde se generó un movimiento europeo representado en la Carta Europea de Ciudades Sostenibles o Carta de Aalborg, firmada por *más de 400 ciudades* que se comprometieron a adoptar medidas de sostenibilidad. De acuerdo con esta carta, las ciudades en Europa, como primera fase, basarán su desarrollo de acuerdo con conceptos sostenibles de vida y de la naturaleza (European Sustainable Cities, 1996).

Una ciudad sostenible tiene por aspiración lograr justicia social con base en escalas y economías sostenibles y un medio ambiente duradero. Su concepto requiere necesariamente de la sustentabilidad económica y de la equidad como mecanismos para alcanzar la protección del capital natural. El concepto intrínsecamente demanda que nuestro consumo de recursos materiales, hídricos y energéticos renovables no supere la capacidad de los sistemas naturales para reponerlos. La urbe sostenible supone el mantenimiento de la diversidad biológica, la salud pública y la calidad del aire, el agua y el suelo a niveles suficientes para preservar la vida y el bienestar humanos, así como la flora y la fauna, para siempre (CEPAL, 2012).

4. Ventajas de un modelo de ciudad sostenible

Tal como lo explica la CEPAL (2012) y el BID (2016), el crecimiento rápido y no planificado de las ciudades de América Latina ha generado una serie de desafíos que no pueden ser resueltos de manera tradicional, ya

que son propensos a la inseguridad, vulnerabilidad, al cambio climático y desastres naturales. Nuestras urbes deben migrar hacia un modelo de Ciudad sostenible con eficientes procesos de planificación colaborativa y participación ciudadana. Al promover un desarrollo integrado y sostenible, las ciudades se tornan más innovadoras, competitivas, atractivas y resilientes.

Entonces, *¿Cuáles son las ventajas de las Ciudades Sostenibles?* Hay diversos aportes al tema, quizás los de mayor aplicación los que señalan CEPAL (2012) y Naciones Unidas (2013): a) Mejoran la calidad de vida de los habitantes por medio del desarrollo de un ambiente urbano planificado, ordenado y armonioso. b) Disminuye la contaminación ambiental c) Facilitan la integración de procesos en la administración pública, y a su vez aportan información necesaria y transparente para una mejor toma de decisiones y gestión presupuestaria d) Optimizan la asignación de recursos y ayudan a reducir gastos innecesarios. e) Elevan el grado de satisfacción de los habitantes pues permiten prestar una mejor atención a los usuarios de servicios y mejorar la imagen de los órganos públicos. f) Permiten una mayor participación de la sociedad civil organizada y de los ciudadanos en la administración por medio del uso de herramientas tecnológicas que ayudan a monitorear los servicios públicos g) Producen indicadores de desempeño que son útiles para medir, comparar y mejorar las políticas públicas.

5. Una ecuación relacional para el surgimiento de ciudades sostenibles

Con el objetivo de expresar con mayor claridad los distintos términos y relaciones que tiene el concepto de ciudades sostenibles, se propone una ecuación relacional que identifica una serie de factores que determinan el surgimiento este tipo de urbes.

$$\mathbf{C.S = (PLP * VPS * RF) (DU + EMS + GAS + ER + N + DB) / CPD}$$

Dónde:

CS: Ciudad sostenible, PLP: Planificación integrada con visión de largo plazo, VPS: Voluntad política y social, RF: Recursos financieros, DU: Densificación urbana, EMS: Electro movilidad sostenible, GAS: Gestión ambiental sostenible (agua, suelo, residuos sólidos), ER: Energías renovables, N: Naturaleza, DB: Diseño bioclimático, CP: Crecimiento poblacional descontrolado.

Como se indica, la ecuación que determina una ciudad sostenible presenta tres variables fundamentales y que potencian los demás factores. Hay tres parámetros multiplicandos: la planificación con visión de largo plazo (PLP), la voluntad política y social (VPS) y la existencia de recursos financieros (RF). La planificación es vital para definir la visión objetivo de largo plazo que se quiere para desarrollar la ciudad, constituye el punto de partida ineludible en el desarrollo de toda ciudad sostenible. Posteriormente, es necesario contar con el acuerdo político y social alrededor de la propuesta, de modo que sea posible su desarrollo. El último multiplicando son los recursos financieros, factor obligatorio para el desarrollo de todos los programas y proyectos que la planificación integral haya establecido.

El producto de estas tres variables multiplica a una serie de factores que se suman, los cuales son:

- Densificación urbana: Aumento de la densidad poblacional superficial (hab/ha.), para evitar o controlar el crecimiento urbano horizontal y disperso.
- Electro-movilidad sostenible: Desplazamiento de personas utilizando medios eléctricos alimentados con energía limpia, entre ellos: tranvías, trenes, buses, trolebuses, motos y bicicletas eléctricas.
- Gestión ambiental sostenible: Planes y acciones sostenibles del recurso hídrico y un manejo apropiado de los residuos sólidos de la ciudad.

- Energías renovables: Utilización de energías renovables como: energía hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica, biomasa, entre otras.
- Naturaleza: Comprende el desarrollo de corredores naturales, bulevares, parques, zonas verdes, reforestación urbana, huertas urbanas, de modo que la naturaleza constituya un elemento inherente de toda ciudad sostenible.
- Diseño bio-climático: Significa diseñar las edificaciones de la ciudad contemplando aspectos como la ventilación e iluminación natural, coberturas naturales, arquitectura paisajística, revestimiento natural de taludes, etc.

Como variable inversamente proporcional al surgimiento de una ciudad sostenible, se utiliza el parámetro CPD (crecimiento poblacional descontrolado), por considerarse que este elemento, por saturación del espacio físico y por agotamiento de recursos, atenta per-se contra el establecimiento de una ciudad sostenible.

6. Modelos de Ciudades Sostenibles

Alrededor del mundo se han documentado experiencias de ciudades que han adoptado medidas para avanzar hacia la sostenibilidad, estas acciones se relacionan con planificar el uso integrado de la tierra que apoya el desarrollo orientado al transporte, integrar la creación de códigos de eficiencia energética en las ciudades, hacer pilotos de sistemas de distribución de recursos energéticos en distritos urbanos, recuperar energía a partir de residuos municipales, integrar consideraciones ambientales para aumentar la capacidad de recuperación, mejorar la gestión de la ciudad a través de la planificación y el diseño de transporte sostenible, legislar a favor del uso de energías renovables, apoyar proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar los sistemas

de gestión de aguas servidas y promover los espacios verdes para el disfrute de la población. Algunos ejemplos exitosos incluyen el proyecto para la eco-ciudad de Tianjin, el de Transporte Sostenible y el Programa de Desarrollo Urbano en Asia, la introducción de medidas favorables al clima en el Transporte en la Ciudad de México y la Iniciativa Global de Economía de Combustible en ciudades de África y Sudamérica (FMAM, 2016).

Destacan como urbes sostenibles la Ciudad de Copenhague, Dinamarca, porque está toda pensada para cubrir su territorio con bicicletas, sus emisiones de CO₂ resultan de los más bajos del mundo. Toda una experiencia que ha llevado a Copenhague a liderar todos los rankings de ciudades habitables dado su alto grado de sustentabilidad. Otro caso es Toronto, Canadá, que es la candidata a convertirse en la ciudad más sostenible de América del Norte, y para demostrarlo creó un plan de acción de cambio climático cuyo principal objetivo es reducir en un 80% las emisiones de gases de efecto invernadero para el 2050. En esta sintonía se toman todas las medidas posibles, por ejemplo, recientemente se sumó a la lucha contra las bebidas envasadas en plástico y quiere prohibirlas, promueve los techos verdes, exige a sus ciudadanos la separación de residuos, ubica paneles solares en todo edificio estatal y hasta se mete con la comida natural. Si hay algún terreno libre, lo habilita para que entre varios puedan usar esta tierra para cultivar. Sus promesas de a poco se van cumpliendo y así es que pretenden también tener unos 1000 km de ciclo-vías para colaborar con el desplazamiento urbano.

Adicionalmente, el estudio Sustainable Cities Index 2016 (ARCADIS, 2016) elaboró una clasificación tomando en cuenta hasta 32 índices o factores. Entre los más destacados podemos citar: infraestructura de transportes, facilidad para montar empresas y hacer negocios, turismo, renta per cápita, importancia de la ciudad para la economía mundial, conectividad móvil y a Internet, tasa de empleo, zonas verdes, coste de la vida o eficiencia energética. A partir de estos indicadores se calculan los niveles de sostenibilidad ambiental, económica y social de las ciudades, y la posición final es el resultado de la combinación de estas tres variables. Lo primero que llama la atención es que Europa lidera el ranking mundial de sostenibilidad, encabezando la lista Zurich (Suiza) entre 100 grandes ciudades. La segunda posición del ranking es para Singapur. Respecto a las ciudades de Latinoa-

mérica participantes en el estudio, destaca Santiago de Chile (puesto 71) como la ciudad más sostenible de la región. Otras urbes de América Latina en el Top 100 son Sao Paulo (puesto 79), Buenos Aires (puesto 80), Río de Janeiro (puesto 82), Lima (puesto 83) y Ciudad de México (puesto 84) (ARCADIS, 2016).

En los capítulos anteriores se han expuesto generalidades sobre el estado del arte relacionado y conceptos de la urbe sostenible, sus ventajas y las brechas existentes, a continuación, se desarrollan elementos básicos de un modelo de electro-movilidad así como un caso de estudio particular sobre la electro-movilidad como parámetro fundamental en la definición de sostenibilidad a la que aspira la Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica.

7. Un Modelo de Transporte Eficiente y Sostenible

• a. La Electro-movilidad sostenible

La electro-movilidad puede definirse como el desplazamiento de personas, animales o carga, que son realizados utilizando como recurso energético la electricidad. Dentro de este concepto, surgen una gran cantidad de medios de transporte eléctrico que pueden considerarse parte del mismo, entre ellos: autos particulares, motocicletas, bicicletas, buses, vehículos de carga, tranvías, trenes y teleféricos. Sin embargo, en la época actual no basta con tener sistemas de transporte eficiente y moderno, estos, deben ser necesariamente sostenibles. No basta incluso con que dichos sistemas sean eléctricos, deben ser por así decirlo, *electro-sostenibles*. La electro-movilidad sostenible implica que los insumos y energía utilizados por los vehículos o sistemas de transporte, estén ligados a un carácter de sostenibilidad, en una perspectiva de ciclo de vida. Así, por ejemplo, en el caso de un automóvil eléctrico o híbrido conectable, desde su fase de diseño, hasta que el mismo está circulando en las calles, factores como los insumos requeridos (materias primas para su construcción, tipo de energía utilizada, etc.) así como los efectos ambientales ocasionados en su fabricación y operación, deben ser contemplados apropiadamente, para lograr que ese vehículo pueda

ser considerado como inmerso en el concepto de la electro-movilidad sostenible.

En el campo de la sostenibilidad, uno de los aspectos más relevantes resulta ser la energía con la que se alimenten los vehículos eléctricos. Muchos países desarrollados poseen sistemas de transporte público eléctricos muy eficientes y modernos (subterráneos, trenes, BRT's, etc.), sin embargo, muchos de estos sistemas se alimentan de energía eléctrica obtenida de fuentes no renovables como gasolina, diésel, carbón, gas natural, energía nuclear, entre otros, por lo que no pueden considerarse como sistemas de transporte dentro de la electro-movilidad sostenible. Países como Costa Rica y Uruguay, cuyas matrices electro-energéticas presentan porcentajes superiores al 95% de energía producida con fuentes renovables (hidroeléctrica, eólica, geotérmica, biomasa, solar), constituyen dos claros ejemplos de países con condiciones idóneas para desarrollar sistemas de transporte eléctricos, que sean verdaderamente sostenibles, es decir, que utilicen energía eléctrica renovable y que además cumplan con otros criterios de sostenibilidad ambiental como son: reducción de ruido, control de la contaminación, *protección de ecosistemas, entre otros*. Son dos países que, si se lo proponen y organizan, pueden llegar a ser modelos a nivel mundial en electro-movilidad sostenible.

En la actualidad, la electricidad constituye un factor fundamental de desarrollo de ciudades y sociedades. De acuerdo al modelo de desarrollo imperante, resulta difícil imaginar una ciudad moderna y eficiente sin el uso de la electricidad. Podemos decir entonces, que la electro-movilidad, constituye un elemento inherente y fundamental de las ciudades modernas y de avanzada. Si a esto agregamos, que la electro-movilidad es sostenible, en los términos supra señalados, podemos concluir que existe un **vínculo esencial entre la electro-movilidad sostenible y el ideal de ciudad moderna, eficiente y sostenible que se pueda plantear para el futuro**. Definitivamente, son muchas las ventajas que representa para una ciudad incorporar sistemas de electro-movilidad sostenibles, entre ellas: mejora en la calidad del aire, reducción del ruido, mejoramiento de la salud pública, ahorro en la factura petrolera, mejoramiento de la calidad de vida, entre otros.

b. Ciudad compacta y electro-movilidad

La ciudad compacta genera un modelo de ciudad más sostenible y ambientalmente equilibrada, lo que significa construir espacios **más habitables**. De hecho, la salud del medio ambiente se convierte en el mejor indicador de la habitabilidad de las ciudades compactas. Una ciudad con menor contaminación, con movilidad eficiente, con calidad en sus espacios públicos, con menor consumo energético y con mayor integración en su entorno territorial, significa una ciudad más acogedora y habitable. El modelo de ciudad compacta, eficiente y cohesionada socialmente, con las variaciones requeridas para adecuarla a los retos de la modernidad, sigue siendo el que mejor se ajusta al ideal de ciudad sostenible (Wikipedia, 2015).

Esa adecuación del concepto de ciudad compacta a la modernidad, permite la incorporación de los sistemas de transporte eléctricos, en sus diversos modos: autos particulares, tranvías, trenes, motos, bicicletas, etc. Resulta difícil imaginar una gran urbe, similar en tamaño a la GAM, que pretenda ser sostenible, eficiente y moderna, y que no incorpore modos de transporte electro-vehicular, esto porque, aunque se densifique la ciudad, se tengan usos mixtos del suelo y se establezcan centros o núcleos urbanos densos, las distancias para trasladarse entre dichos centros son grandes, y se requerirán necesariamente sistemas de transporte **público eléctricos** para recorrerlos. Podemos concluir entonces, que la electro-movilidad, en las épocas actuales, constituye un elemento inherente a la ciudad compacta, moderna y sostenible.

La ciudad compacta es denominada como una urbe de cercanías, que busca reducir desplazamientos de las personas y hacer más eficiente y sostenible la movilidad. Es la opción energéticamente más eficiente, debido a que involucra el menor consumo de combustibles o de electricidad por el desplazamiento de personas. Según Addison (2017), la movilidad urbana debe ser autónoma, conectada, eléctrica y compartida (ACEC). Debe ser autónoma porque son millones de personas las que mueren por accidentes en carreteras y se espera que los vehículos autónomos serán, con sus ventajas tecnológicas (cámaras, LIDAR, láser, etc.) más seguros y eficientes. La movilidad urbana debe ser conectada porque debe permitir a personas utilizar aplicaciones (App's) que las dirijan a través del tráfico

de las ciudades por medio de servicios interconectados. (Sasso, 2017). La movilidad urbana debe ser eléctrica, con base en fuentes renovables, porque debemos terminar con la dependencia de los combustibles fósiles y sus serias consecuencias ambientales y de salud pública. Finalmente, la movilidad urbana deberá ser compartida, porque el transporte público (buses, taxis, metros, tranvías, etc.), representa la forma más eficiente y sostenible de transportar personas (Addison, 2017).

Ciudades líderes a nivel mundial en movilidad urbana están utilizando ACEC. Por ejemplo, Pittsburgh tiene ya vehículos autónomos y Vancouver un sistema de monorriel autónomo. En la actualidad, no existen ciudades que sean 100% ACEC, sin embargo, en el futuro, ACEC estará en el corazón de todas las ciudades inteligentes, brindando una movilidad segura, no contaminante, saludable y más económica.

d. Sistemas Integrados de Electro-movilidad para Ciudades Sostenibles

Gran parte de la eficiencia en un sistema de transporte radica en la inter-modalidad, es decir, en la capacidad de poder combinar en forma ordenada y estructurada, los diferentes modos de transporte: autos particulares, buses, taxis, tranvías, trenes, teleféricos, ciclo vías, etc. El desarrollo de las plataformas intermodales es considerado un factor de suma importancia para la mejora de la movilidad urbana en las grandes ciudades. Lo anterior significa que la infraestructura debe contar con los ambientes y recursos para la comodidad del intercambio, como por ejemplo una gran cantidad de estacionamientos para vehículos particulares, estacionamientos de bicicletas, paraderos de buses y por supuesto la conexión a sistemas de transporte masivo (Aguilar, 2015). Sin embargo, dichas plataformas integradas deben ser muy eficientes, pues de lo contrario se corre el riesgo de que las personas, al no encontrar facilidades y conectividades en ese intercambio modal, se decidan por preferir los viajes mono-modales, fundamentalmente el vehículo particular o en taxi.

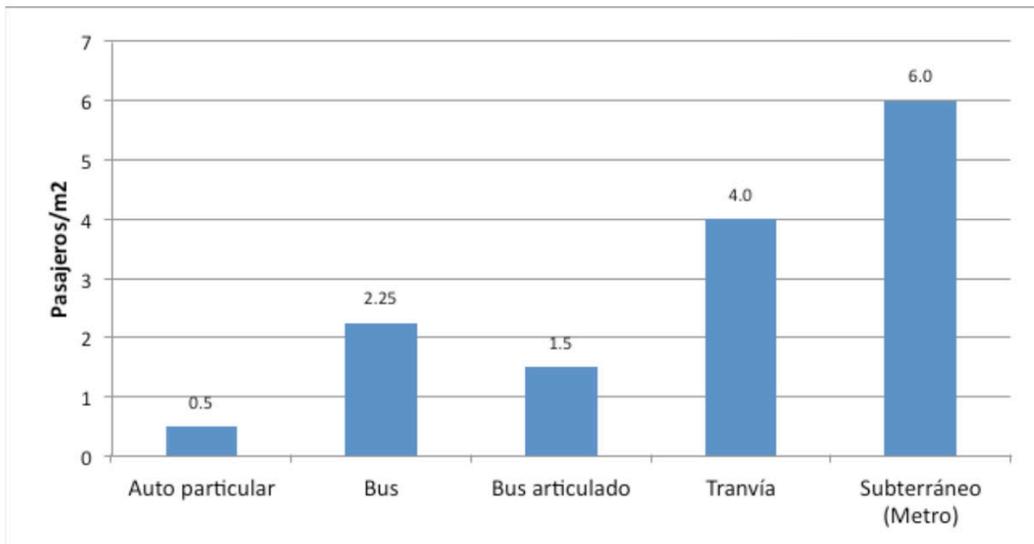
De hecho, una de las razones para el surgimiento de ciudades dispersas y desconectadas, es la prioridad que se le brinda al vehículo particular, para cubrir desplazamientos a lugares alejados y la imposibilidad de cubrir los mismos con el transporte público. Un as-

pecto importante con respecto a estos nodos, es que el intercambio modal en estos sistemas de transporte dentro de las ciudades, se realice en un punto que sea importante para la actividad peatonal (plazas, bulevares, centros comerciales, etc.), porque en una ciudad compacta, la prioridad debe tenerla el peatón. Todo foco intermodal, se convierte en un punto de densificación y centralidad, tal y como ha ocurrido en ciudades como Barcelona o Curitiba, donde se ha optado por la construcción de edificios a escala importante en el entorno inmediato a la infraestructura intermodal, esto debido al elevado costo del suelo gracias a la cantidad de población que transita esa zona (Aguilar, 2015).

e. La Prioridad del Transporte Público

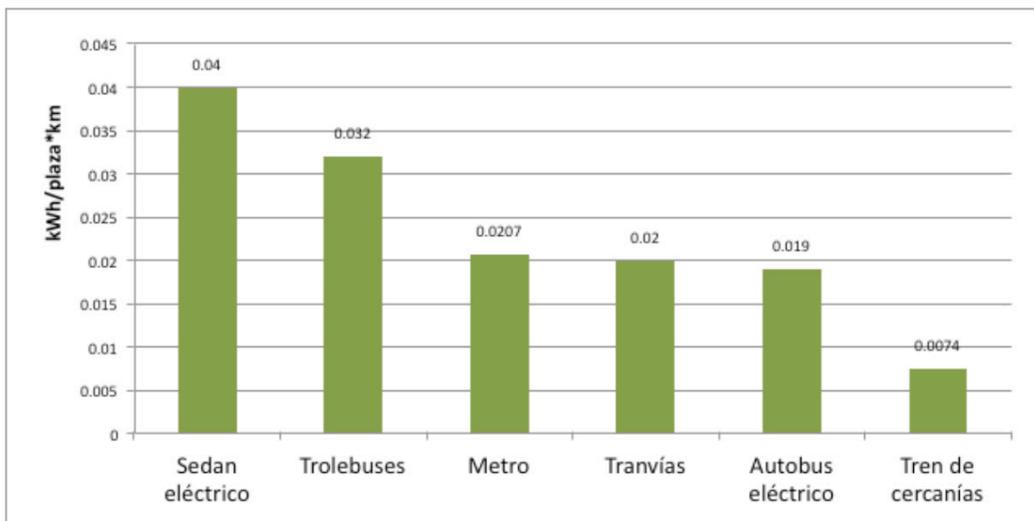
Resulta fundamental para el logro de una ciudad sostenible, la existencia de un sistema de transporte público eficiente y sostenible, que permita el desplazamiento de sus habitantes en forma confiable hacia los distintos puntos, minimizando la contaminación y los efectos ambientales. Un sistema de transporte público constituye la forma más eficiente y sostenible de transportar personas en una ciudad. Es la más eficiente porque transporta la mayor cantidad de personas ocupando un menor espacio de calle por pasajero, 0.5 pasajeros/m² en un automóvil particular contra 2.25 pasajeros/m² en un bus y hasta 6 pasajeros/m² en un metro, todos a máxima ocupación (Figura 1a). Por otra parte, el transporte público eléctrico representa, en términos de consumo energético, el modo más eficiente de transportar personas, con un menor consumo de combustible por pasajero-kilómetro, incluso utilizando electricidad, como puede apreciarse en la Figura 1b. El consumo electro-energético de un metro o un tranvía por plaza y por kilómetro recorrido, resulta ser la mitad del consumo de un auto particular eléctrico a plena capacidad, enfatizando la eficiencia energética del transporte público masivo por encima del transporte particular.

Figura 1-a. Eficiencia en la movilización de pasajeros



Fuente: Elaboración propia con base en (Instituto Ferroviario de Chile, 2012, Electromaps, 2016; Berizzo, R. 2016; Riol Jurado, 2012, García A, Canizares, M. 2008).

Figura 1-b. consumo de electricidad unitario por modo de transporte

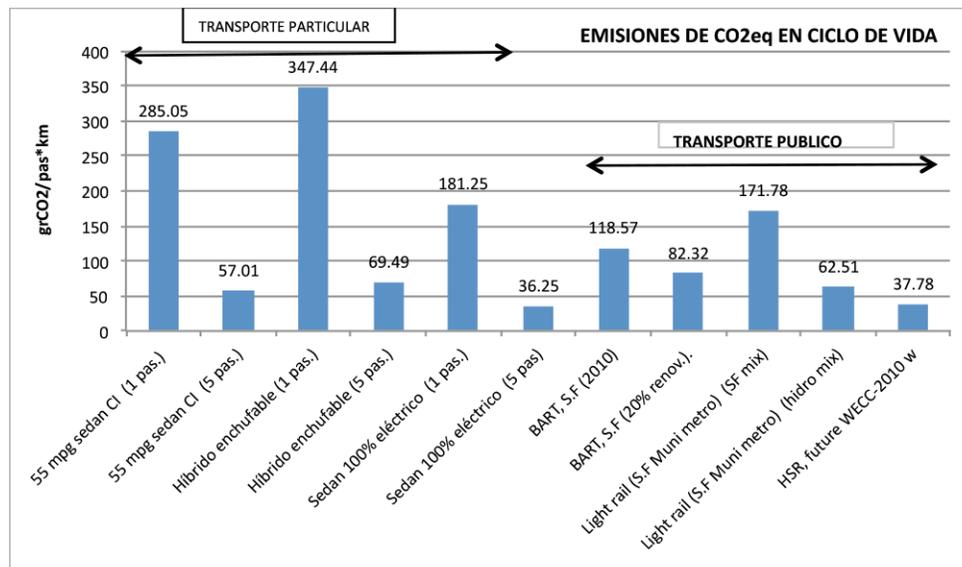


Fuente: Elaboración propia con base en (Instituto Ferroviario de Chile, 2012, Electromaps, 2016; Berizzo, R. 2016; Riol Jurado, 2012, García A, Canizares, M. 2008).

Debe señalarse además que, en una perspectiva de ciclo de vida, es decir, contemplando los efectos ambientales en todo el proceso tecnológico (manufactura de los vehículos, operación de los mismos, infraestructura vial, fuente energética alimentadora, entre otros) el

transporte público eléctrico ocasiona iguales o menores emisiones de CO₂equivalente por pasajero y por kilómetro, con respecto al transporte particular, según sea el modo y la ocupación del vehículo, tal y como puede apreciarse en la Figura 2.

Figura 2. Emisiones de CO₂eq unitarios para diferentes modos de transporte



Fuente: Elaboración propia con base en (Chester & Horvath, 2009 y 2012).

De la figura 2 se derivan varios aspectos importantes:

- El transporte público presenta valores unitarios de emisiones que oscilan entre los 37.78 y los 171.78 grCO₂/pas*km, muy inferiores a los del transporte vehicular particular, cuando la ocupación del vehículo es baja.
- La ocupación de los vehículos resulta fundamental al evaluar y calcular emisiones. Los valores de emisiones unitarias más altas los producen los automóviles particulares con un solo pasajero, con valores entre 181,75 y 347,44 gr CO₂/pas*km. Sin embargo, puede verse como los valores de emisiones se reducen considerablemente para el mismo tipo de vehículos particulares, con 5 pasajeros. Incluso el auto particular de combustión interna presenta un valor de apenas 57,01grCO₂/pas*km, que compite con los niveles de los autos

híbridos conectables, los vehículos 100% eléctricos y los sistemas de transporte público.

De acuerdo a todos los planteamientos anteriores, puede concluirse que, por razones de eficiencia y sostenibilidad, el transporte público sostenible debería ser una de las prioridades fundamentales en el desarrollo de una ciudad, por encima del automóvil particular, aunque este sea eléctrico.

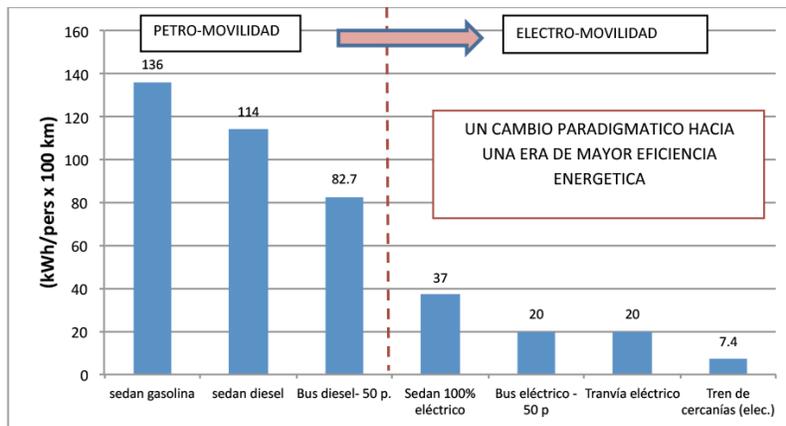
e. Eficiencia energética de la movilidad

Un aspecto esencial al formular un modelo de transporte sostenible para una ciudad, es considerar la eficiencia energética de los distintos medios de movilidad. El paradigma está cambiando en el planeta, migrando de sistemas de movilidad basados en el petróleo, que podríamos denominar la petro-movilidad, hacia sistemas basados en gran medida en la electro-movilidad. En la

Figura 3 presenta una comparación de los consumos energéticos equivalentes entre vehículos de combustión interna y eléctricos, donde es posible apreciar la diferencia notoria entre las dos eras, con reducciones en el consumo de hasta un 72% en el caso del vehículo

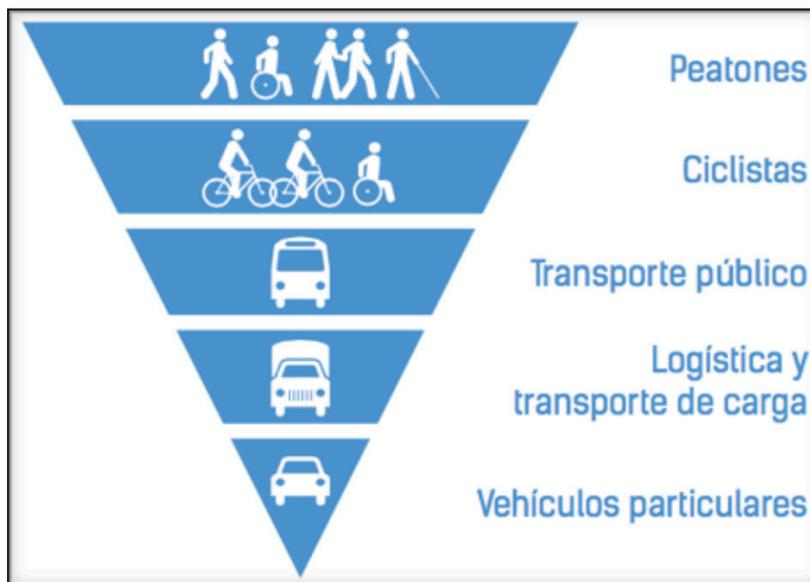
de gasolina con respecto al eléctrico y de 75% entre el bus diésel de 50 pasajeros y el eléctrico equivalente. No hay discusión, en términos de eficiencia energética, de las ventajas que representa el modelo de la electro-movilidad.

Figura 3. Consumo energético de varios modos de transporte



Fuente: Elaboración propia con base en: REPIC, 2015; ICE, 2016.

Figura 4. Pirámide invertida de la movilidad sostenible



Fuente: Elaboración propia con base en: REPIC, 2015; ICE, 2016.

f. Pirámide invertida de la movilidad sostenible

La pirámide invertida de la movilidad sostenible (Figura 4), plantea que el diseño y las soluciones para la movilidad urbana deben estar pensadas desde lo más probable a lo menos frecuente, desde lo que está al alcance de todos, o que es propio de nuestra naturaleza, como caminar, hacia lo que requiere más infraestructura, procedimientos, gasto de combustibles, o sea lo más costoso.

Según puede deducirse de la pirámide, una ciudad sostenible debe tener como prioridad el peatón, por encima de todos los otros modos de transporte. Por su parte, la electro-movilidad puede intervenir, en mayor o menor medida, en todos los modos de la pirámide, incluso en la movilidad peatonal, por medio del uso de escaleras eléctricas, sillas de ruedas eléctricas y ascensores, entre otros. Y sin lugar a dudas, la electro-movilidad sostenible tendría también un lugar preponderante para el desarrollo de sistemas eléctricos de tranvías, trenes, subterráneos, buses, taxis y autos particulares

g. Aspectos complementarios

Con la electro-movilidad sostenible no basta, se requiere en forma complementaria integrar otros elementos al modelo de una ciudad sostenible, entre ellos:

- ordenamiento territorial incorporando parámetros como la capacidad de uso del suelo, determinación y protección de zonas frágiles ambientalmente o de riesgo.
- optimización de densidades edificatorias.
- cambio en patrones culturales de movilidad y uso del suelo.
- Visión de largo plazo
- Diseño bioclimático
- Educación y concienciación ambiental.
- Incorporación de áreas verdes (corredores, parques, etc.) a las zonas urbanas.

- Uso de energías renovables.
- Tratamiento sostenible de residuos.
- Gestión inteligente y sostenible del agua.
- Control de la contaminación por ruido, con materiales aislantes.
- Incentivos fiscales para favorecer la movilidad sostenible.
- Bulevares peatonales que favorezcan la integración y la convivencia.
- Uso de vehículos autónomos, privados o públicos.
- Masificación del tele-trabajo, como forma de evitar desplazamientos, ahorrar energía y disminuir contaminación ambiental.

h. Estudio de Caso para el Gran Área Metropolitana (GAM).

• Diagnóstico de situación

i. Ausencia de planificación oficial

No existe duda de que la gran área metropolitana (GAM), donde habita el 60% de la población del país, experimenta un crecimiento caótico y desordenado, falto de planificación integrada y con visión de futuro. Los diversos esfuerzos que se han realizado desde los años 80 para implementar planes de ordenamiento como el Plan Regional de Desarrollo Urbano de la Gran Área Metropolitana de 1982 (Plan GAM 82), el Proyecto de Planificación Regional y Urbana de la GAM (PruGAM) del 2010, el Proyecto de Ordenamiento Territorial de la GAM

(PotGAM) del 2012 y recientemente el Plan-GAM 2013-2030, por diversas razones, no han podido implementarse. El Plan GAM-2013-2030, oficializado mediante decreto N°38145 en el 2014, y que en general constituye una excelente herramienta de planificación, ha sido impugnado ante la Sala IV, por parte de algunos sectores profesionales y técnicos. A la fecha, se está en espera de la resolución de dicha sala. Pareciera que somos buenos para formular planes, pero no para eje-

cutarlos. Mientras tanto, la gran área metropolitana sigue creciendo en forma desordenada, desarticulada, individualista e insostenible, incluso más allá del anillo de contención establecido en el plan GAM de 1982, priorizando el interés individual por encima del interés público.

ii. Patrones insostenibles de crecimiento

Se ha producido en la GAM un crecimiento horizontal expansivo, alejándonos cada vez más de los centros de consumo, poblando áreas periféricas sin criterios de planificación y ordenamiento territorial. Esto responde en gran parte a un ideal de buscar una mejor calidad de vida, en sitios más tranquilos y rurales y alejándose de los grandes centros urbanos y sus complejidades y conflictos. Se ha generado entonces un modelo de crecimiento con un casco urbano muy poco denso y una zona periférica que incrementa gradualmente su densificación. De hecho, San José es una de las ciudades menos densas a nivel latinoamericano. Tanto la GAM como otras ciudades de nuestro país siguen un patrón de ocupación denominado 3D (distante, disperso y desconectado), caracterizado por la expansión desproporcionada, fragmentada y no planificada de la mancha urbana, produciendo un casco urbano poco denso y una zona periférica que empieza a densificarse gradualmente. Ese

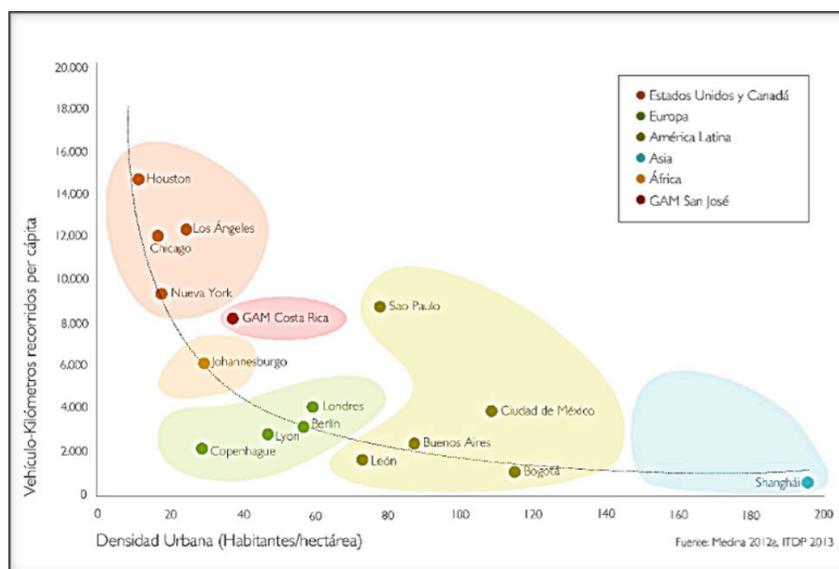
modelo de ocupación territorial resulta altamente improductivo, profundiza la desigualdad y genera altos niveles de contaminación (Mezger, 2016).

El hecho de que una ciudad sea dispersa (extendida) y presente una menor densidad poblacional, obliga a sus habitantes a utilizar el automóvil para acceder a los centros de consumo y trabajo. El transporte público en estos casos resulta sumamente costoso por tratarse de zonas alejadas y con menor número de usuarios, difíciles de cubrir, con lo que se potencia aún más el uso preferencial del automóvil particular. Además, bajo el modelo de ciudad 3D resulta más caro proveer servicios de electricidad, agua y alcantarillado, recolectar basura, hacer labores de limpieza, mantenimiento y vigilancia de calles y espacios públicos (Mezger, 2016), al tener que extender las redes de servicios públicos hasta zonas más alejadas.

Resulta interesante explorar las relaciones existentes entre densidad urbana, consumo energético y longitud de recorrido vehicular per cápita, para diferentes ciudades en el mundo, y establecer donde se encuentra la GAM. Las dos siguientes figuras (5 y 6) muestran relaciones entre estos parámetros:

Observando la figura, vemos ciudades como Shanghai

Figura 5. Densidad Urbana vs kilómetros-vehículo recorridos per cápita para varias ciudades en el mundo



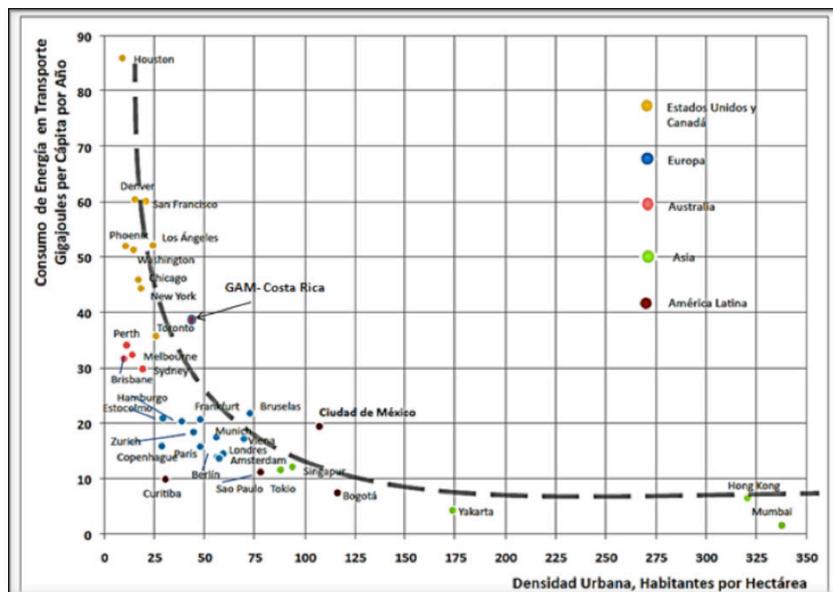
Fuente: Tomado de Mezger (2016).

y Bogotá, presentan densidades territoriales altas, superiores a los 100 habitantes/ha, con valores del parámetro KVR (kilómetros-vehículo recorridos per cápita) muy bajos (inferiores a 2000 km-vehículo per cápita), representando el ideal de la ciudad compacta: densidades urbanas altas que ocasionan menores desplazamientos y recorridos de las personas, y por ende, valores del índice KVR más bajos. Por el contrario, puede verse como ciudades como Houston, Los Ángeles o Chicago presentan la cara opuesta de la moneda, con densidades urbanas muy bajas (menores de 30 habitantes por hectárea), o sea ciudades dispersas y desconectadas, que ocasionan la necesidad de grandes desplazamientos y por lo tanto redundan en valores del indicador KPR superiores a 10 000 km-vehículo per cápita. Lamentablemente, la GAM sigue hasta el momento, la tendencia de las ciudades norteamericanas dispersas antes mencionadas, con un valor de la densidad urbana baja, cercana a los 40 hab/ha y valores del indicador KPR cercanos a los 8 000 km-vehículo per cápita.

La conclusión parece obvia: debemos aumentar la densidad urbana de la GAM (construcción vertical, usos mixtos del suelo, entre otros) y a la vez reducir los desplazamientos de las personas y el uso del vehículo, mejorando el transporte público con sistemas sostenibles, lo que redundará en valores menores del indicador KPR. Esto acercaría a la GAM al concepto de ciudad compacta sostenible.

En términos de consumo energético, la siguiente figura explora la relación entre densidad urbana y consumo de energía anual per cápita, para diferentes ciudades en el mundo. De la Figura 6, puede verse como ciudades como Hong Kong, Mumbai, Yakarta e incluso Bogotá, presentan valores altos de densidad urbana (entre 125 y 350 habitantes/ha). Esta densidad urbana alta, hace que el uso del vehículo particular sea menor, con lo que consecuentemente el consumo energético anual per cápita resulta también bajo. Por el contrario, ciudades como Houston, Denver, San Francisco y Nueva York presentan densidades urbanas muy bajas, con valores de consumo energético altos (superiores a 30 Giga-Joules anuales per cápita). La GAM como ya se indicó, presenta un valor bajo de densidad espacial urbana, cercano a 40 habitantes/ha.

Figura 6. Consumo energético anual per cápita y densidad urbana de varias ciudades



Fuente: Tomado de ITDP (2012).

Por su parte, el consumo energético anual en la GAM en el sector transporte se ubicó en 80 757 Tera-Joules/persona*año en el año 2015. Con un valor poblacional cercano a los 2.2 millones de habitantes, resulta un consumo energético per cápita de 37 Giga-Joules/habitante-hectárea. Ubicando estos valores en el gráfico de la Figura 6, es posible ubicar a la GAM cerca de ciudades como Toronto, Sidney, Nueva York o Chicago. Una vez más, el camino parece ser claro para la GAM: aumentar la densidad urbana reduciendo los desplazamientos del *vehículo* particular, con lo cual se reducirá también el consumo energético anual por persona.

iii. Una red de transporte público ineficiente e insostenible

La red vial vehicular en la GAM es insuficiente para un desplazamiento fluido y rápido de los diferentes modos de transporte. Tenemos años de retraso en cuando a carreteras (necesidad de nuevas vías, ampliaciones, reparaciones, etc.) que no dan abasto con la flotilla vehicular que diariamente pretende circular por la GAM. Para agravar la situación, la GAM no dispone de una red de transporte público eficiente, que permita a miles de personas contar con una alternativa al uso del vehículo particular. Diariamente, miles de costarricenses experimentamos los inconvenientes de una red de transporte público obsoleta, ineficiente y contaminante, tanto en buses, taxis y trenes. Perdemos un tiempo equivalente de 15 días al año "pegados" en las presas del área metropolitana, producto de nuestro modelo urbano (MIVAH, 2013).

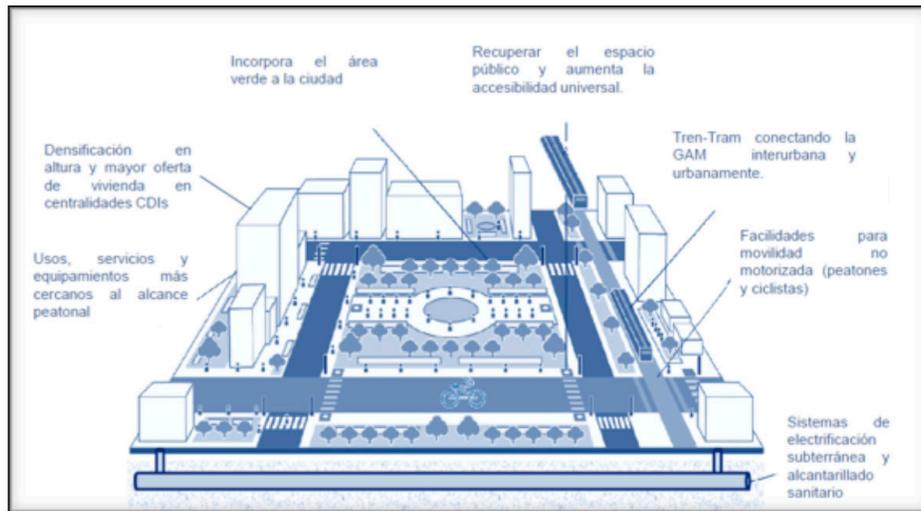
iv. Necesidad de una imagen objetivo de la ciudad

Una de las principales críticas que pueden formularse al modelo de crecimiento urbano de la GAM es la inexistencia de una visión objetivo clara de largo plazo. Sencillamente, en el tema de crecimiento urbano, no sabemos adónde vamos, ni tenemos claridad en el tipo de ciudad y de sistema de transporte que queremos. Por lo tanto, si no sabemos adónde deseamos llegar, todo rumbo será correcto o equivocado. Predomina una visión de corto plazo, altamente manipulada e influenciada por intereses políticos y empresariales, que impiden avanzar con una perspectiva de interés colectivo y de beneficio prioritario del país. Esta imagen de la ciudad del futuro, debe incluir necesariamente una visión sobre la red de transporte y de los sistemas de movilidad que deseamos en la GAM para los próximos 50 años.

El último instrumento de planificación integral formulado, el Plan GAM-2013-2030, constituye un buen esfuerzo de caminar hacia la formulación de una imagen objetivo ciudad, incorporando conceptos como los siguientes

- Núcleos urbanos, denominados Centralidades Densas Integrales (CDI's), dirigidos a la densificación inteligente de áreas urbanas y a la reducción de los tiempos de desplazamiento de las personas. Estas centralidades urbanas, por su concepto y objetivos, constituirían también núcleos de eficiencia energética y reducción de la huella de carbono de la ciudad (Figura 7).

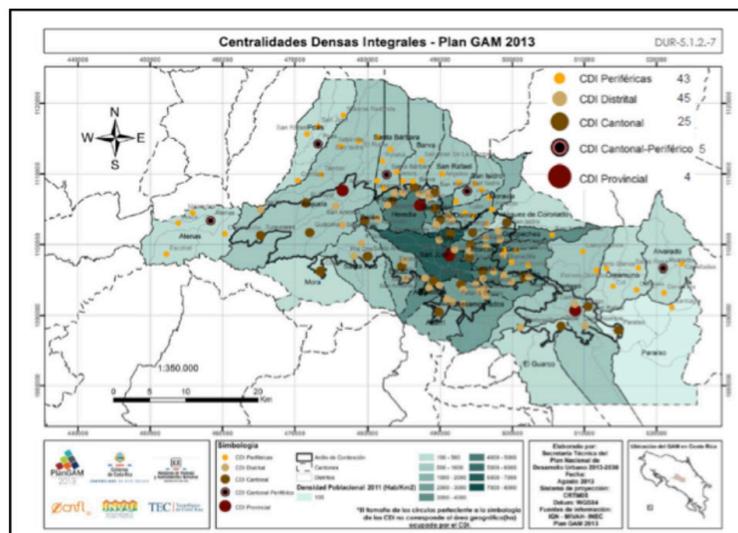
Figura 7. Modelo ilustrativo de Centralidades Densas Integrales del Plan GAM 2013



Fuente: Tomado de MIVAH (2013).

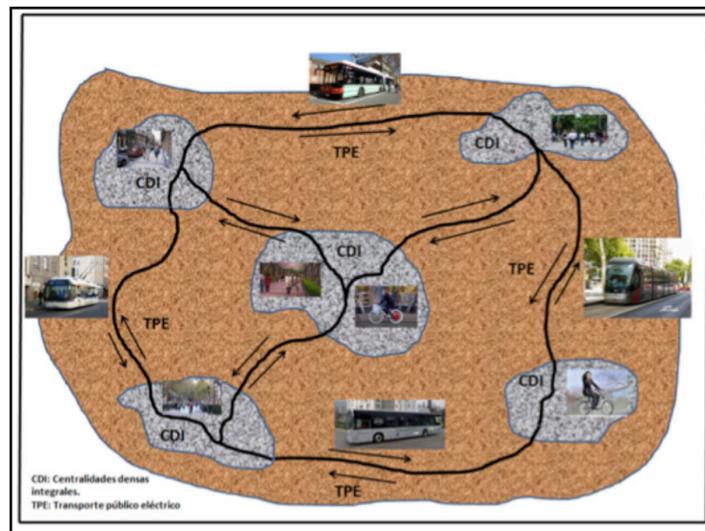
- Una red eficiente de transporte público, por medio de buses y trenes, que interconecta las distintas Centralidades Densas Integrales (CDI's), tal y como se muestra en la Figura 9.
- Desarrollo del tren eléctrico metropolitano.
- Sectorización del transporte público (rutas exclusivas y ordenamiento de buses).
- Macro-zonificación regional con base en índices de fragilidad ambiental.
- Aprovisionamiento estratégico de zonas verdes para lograr ejes continuos en la GAM (corredores biológicos).

Figura 8. Ubicación de las CDI's en la GAM



Fuente: Tomado de MIVAH (2013).

Figura 9. Esquema típico de la conectividad electro-móvil entre centralidades densas integrales.



Fuente: Elaboración propia (2017).

v. Crecimiento ilimitado en la GAM

Otro de los inconvenientes del modelo urbanístico de la GAM radica en la premisa del crecimiento ilimitado. En estos momentos no hay límites al crecimiento urbano en el área metropolitana, la ciudad podría seguir extendiéndose en todas direcciones sin restricción absoluta, excepto, en teoría, los Parques Nacionales existentes. Tampoco hay límites para el crecimiento poblacional, y esta podría crecer en forma ilimitada, con todas las consecuencias ambientales que conlleva.

Planificar o Diseñar una ciudad es similar a planificar o diseñar una casa, y ambas necesariamente deben planificarse para una población límite, que permita una vida sustentable y armoniosa en los espacios finitos que comprenden.

i. Formulación de un modelo integrado de ciudad sostenible para la GAM.

- Cambio paradigmático

Las políticas públicas actuales privilegian el uso del automóvil con lo cual se desarrolla y potencia una cultura carro-centrista en los habitantes. Se prioriza entre otras cosas la construcción de carreteras urbanas, así

como los subsidios a los combustibles. Urge por lo tanto un cambio radical en el paradigma de políticas públicas relativas al transporte, en donde se migre de priorizar el automóvil a priorizar el peatón y el transporte público. Una nueva visión dirigida a reducir las necesidades de viaje en automóvil particular, impulsando y promoviendo otros modos de transporte más eficientes y sostenibles, como el transporte no motorizado (caminar o usar bicicleta), así como el transporte público eléctrico.

- Lineamientos y ejes para un modelo de ciudad sostenible

•

La imagen objetivo de ciudad sostenible que se propone para la GAM debería seguir las siguientes líneas generales o ejes de acción:

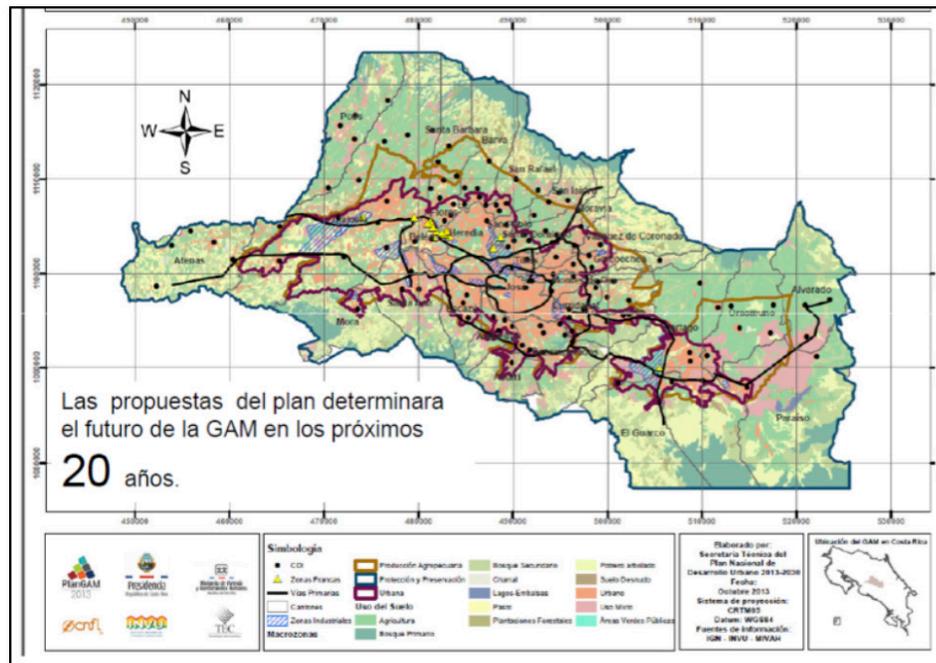
- Transformar a la GAM en una ciudad compacta y conectada: compacta porque privilegie la densificación de la ciudad en vez de la expansión hacia la periferia, y conectada porque permita una movilidad eficiente, sostenible y equitativa de sus habitantes hacia los diversos sitios que sus necesidades ameriten.

6. Desarrollo de programas de manejo de residuos sólidos.
7. Sistemas de tratamiento de aguas servidas municipales o provinciales.
8. Utilización de energías renovables para generación eléctrica en la GAM (hidroeléctrica, eólica, solar, biomasa) ya sea partir de redes centralizadas como de sistemas de generación distribuida.
9. Desarrollo de espacios que promuevan e inviten a la convivencia social.

10. Promoción masiva del teletrabajo, tanto el sector público como en el privado.

Algunos de los aspectos antes señalados están en su mayoría presentes en el modelo de ciudad que propone el Plan GAM 2013, modelo CDI, de centralidades densas integrales, por lo que es criterio de los autores que, como punto de partida, el mismo debería ser implementado, una vez que supere la impugnación legal antes indicada. Es claro que este esfuerzo podría posteriormente mejorarse y complementarse, con muchos de los lineamientos o ejes antes mencionados. Un producto final de la planificación del modelo ciudad podría reflejar algo similar a lo logrado con el Plan GAM-2013, que se muestra en la Figura 11. Otro aspecto final complementario, pero no menos

Figura 11. Plan GAM-2013 integrado



Fuente: Tomado de MIVAH (2013).

importante es lograr el consenso social, empresarial y político para impulsar un modelo y una visión de la GAM bajo los conceptos y líneas antes señalados. Lograr trascender el ciclo político de los cuatro años y lograr que un Plan de Desarrollo Urbano con perspectiva de largo plazo pueda por fin implementarse.

- **El rol de las instituciones estatales dentro de una ciudad sostenible**

Las instituciones estatales tienen un rol fundamental en el logro de una ciudad GAM sostenible, cada una en sus *áreas o ámbitos de acción*. Por ello, es muy relevante poder establecer alianzas estratégicas entre las instituciones y empresas (público-públicas y público-privadas) para la planificación, diseño y construcción de obras dirigidas a impulsar un modelo de ciudad sostenible en la GAM. En el 2003 se conformó el Consejo Nacional de Planificación Urbana, compuesto por los ministros de Obras Públicas y Transportes, Planificación y Política Económica y de Ambiente y Energía, así como los presidentes ejecutivos del INVU, el IFAM, y el Gerente de la CNFL. A este Consejo, se le otorga la potestad de firmar convenios entre las partes que fortalezcan las potestades legales e institucionales de cada uno, así como aprovechar los recursos de cada régimen en beneficio del medio urbano. (Presidencia de la República, 2003). Esta instancia podría aprovecharse para establecer alianzas entre ministerios e instituciones del Estado, no solo para la planificación integral en la GAM, sino para el desarrollo de obras y proyectos específicos en pro del logro de una ciudad sostenible.

En particular, sería importante explorar la posibilidad de una alianza ICE-Municipalidades de la GAM- INCOFER y el MOPT, para la planificación, diseño y construcción de una red de transporte ferroviario eléctrico, tanto para movilización de pasajeros, como para transporte de carga, dentro de la GAM. Una red de primer mundo, 100% eléctrica y con energía renovable. Se propone conformar un consorcio nacional para impulsar la electro-movilidad sostenible en la GAM.

8. Conclusiones

- La mayor parte de las ciudades en el planeta experimentan un desarrollo expansivo y desordenado, que lleva a la formación de mega-urbes. Es un hecho que la mitad de la población mundial habita en mega-ciudades y esta proporción podría aumentar en el futuro. Por lo tanto, la ciudad sostenible debe ser un norte y un imperativo para todos los países del mundo, un reto de magnitud global.
- La electro-movilidad sostenible constituye un elemento inherente de las ciudades sostenibles modernas y tecnológicas, que presenta muchas ventajas, entre ellas: mejora en la salud pública, reducción en los niveles de ruido, ahorro en la factura petrolera, reducción de embotellamientos, mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.
- La grave situación que enfrenta la Gran Área Metropolitana requiere de un cambio radical y disruptivo en términos de planificación urbana, que oriente el desarrollo hacia los conceptos de ciudad compacta sostenible con prioridad al transporte peatonal y público, potenciación de la electro-movilidad, uso de energías renovables y gestión ambiental sostenible.
- Costa Rica presenta condiciones idóneas para desarrollar sistemas de transporte eléctricos, tanto privados como públicos. Si se lo propone, nuestro país podría llegar a ser un modelo a nivel mundial en electro-movilidad sostenible.
- Por razones de eficiencia y sostenibilidad, se requiere invertir la pirámide de la movilidad en las ciudades, para que la prioridad sea el peatón, el ciclista y el transporte público, por encima del automóvil particular. Es fundamental romper con el paradigma carro-centrista y migrar hacia modelos de movilidad integrados, modernos y sostenibles.
- Existen lineamientos orientadores del desarrollo de una ciudad sostenible en la GAM. El Pla GAM 2013-2030, hace referencia a los siguientes: a) transformación de la GAM en una ciudad compacta y conectada, b) desarrollo de un sistema de transporte público intermodal y sostenible que interconecte todas las centralidades densas integrales, c) conversión de la flota vehicular

particular a autos eléctricos, d) uso de energías renovables, e) CD'Is como núcleos de eficiencia energética, f) establecimiento de límites claros al crecimiento de la ciudad, en términos espaciales, ecológicos y poblacionales, g) creación de corredores o bulevares peatonales con zonas verdes y ciclovías, h) lograr el consenso social, empresarial y político para impulsar un modelo y una visión de la GAM, que trascienda el ciclo político de cuatro años.

- Las instituciones estatales tienen un papel fundamental en el desarrollo de una ciudad sostenible para la GAM.

- Se recomienda utilizar el Consejo Nacional de Planificación Urbana, para impulsar convenios y alianzas entre los principales ministerios e instituciones del Estado, no solo para la planificación integral en la GAM, sino para el desarrollo de obras y proyectos específicos en pro del logro de una ciudad sostenible.

- Se recomienda explorar la posibilidad de una alianza ICE-Municipalidades de la GAM- INCOFER y el MOPT, para la planificación, diseño y construcción de una red de transporte ferroviario eléctrica de primer mundo, tanto para movilización de pasajeros, como para transporte de carga, dentro de la GAM.

9. Recomendaciones

- Se han documentado varios esfuerzos (Plan GAM 82, Prugam, PotGAM, Plan GAM 2013-2030, etc.) para lograr una planificación integrada en la GAM. Se recomienda usar el Plan GAM 2013 como punto de partida y mejorarlo con nuevos elementos y enfoques.

10. Referencias Bibliográficas

- Adams, W. 2006. The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century. Report of the IUCN Renowned Thinkers Meeting, 29-31 January 2006. IUCN.
- Addison, J. 2017. Urban Mobility is autonomous, connected, electric and shared. Meeting of the minds. <http://meetingoftheminds.org/urban-mobility-autonomous-connected-electric-shared-2016/>
- Aguilar, D. 2015. La importancia de la inter-modalidad en ciudades compactas. Seminario de Urbanismo. Madrid, España. Informe Técnico. 50 p.
- ARCADIS, 2016. Sustainable Cities Index 2016 Putting people at the heart of city sustainability. Informe Técnico. 40 p. <https://www.arcadis.com/media/0/6/6/7/B06687980-3179-47AD-89FD-F6AFA76EBB7374DSustainable%20Cities%20Index%202016%20Global%20Web.pdf>
- Berizzo, R. 2016. El transporte público eléctrico: un cambio irreversible. Rosario Argentina. Consultado el 2 de junio del 2017: <http://www.revistavial.com/index.php/publicaciones/2015/edicion-especial-17/item/2731-el-transporte-publico-electrico-un-cambio-irreversible>
- BID, 2016. Banco Interamericano de Desarrollo. Evaluación de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles del BID. Informe Técnico. 60 p. pdf.
- CEPAL, 2012. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Población, Territorio y Desarrollo Sostenible. Informe Técnico. 243 p. pdf.
- Chester, M. & A Horvath, 2009. Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains. Department of Civil and Environmental Engineering. University of California. USA.
- Chester, M. & Horvath, A. 2012. High speed rail with emerging automobile and aircraft can reduce environmental impacts in California's future. University of California. USA.
- Electromaps. 2016. Portal de Coches eléctricos. España. Consultado el 2 de junio del 2017 en <https://www.electromaps.com/coches-electricos>
- European Sustainable Cities & Towns Campaign, 1996. Informe Técnico Traducido al Español. 4 p.
- FMAM, 2016. Fondo Mundial para el Medio Ambiente. Ciudades Sustentables. Informe Técnico. 5 p. pdf.*
- Grutter, J. 2015. Rendimiento real de buses, híbridos y eléctricos. Renewable energy and energy efficiency promotion in international cooperation (REPIC). Suiza.*
- Herrera, J. 2015. Situación Energética de Costa Rica (2015). Vigésimo segundo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica.*
- Hiremath, R., Balachandra, P., Kumar, B., Bansode, S. & Murali, J. 2013. Indicator-based urban sustainability—A review. Energy for Sustainable Development. 17 (6): 555-563.*
- ICE. 2016. El transporte electro-vehicular en Costa Rica y su incidencia en los escenarios de demanda eléctrica futura. Planificación y Desarrollo Eléctrico. San José, Costa Rica.*
- ITDT, 2012. La importancia de reducción del uso del automóvil en México. Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo de México. México, DF.*
- Instituto Ferroviario de Chile, 2012. Metro se acerca a sus mayores densidades históricas. Consultado en: <http://www.institutoferroviario.cl/2012/06/metro-se-acerca-a-sus-mayores-densidades-historicas-registrando-hasta-7-pasajeros-por-m2/>. Santiago de Chile.*

Kennedy, C., Cuddihy, J. & Engel-Yan, J. 2007. The changing metabolism of cities. Journal of Industrial Ecology, 11 (2):43-59

Mezger, T. 2016. Implicaciones sociales, económicas y ambientales del modelo de ciudad vigente en la GAM. Vigésimo Segundo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Informe Final. San José, Costa Rica.

MIVAH. 2013. Plan Nacional de Desarrollo Urbano para la GAM (Plan GAM 2013) Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. San José, Costa Rica.

Naciones Unidas, 2013. Departamento de Política Económica y Social de las Naciones Unidas, (2013), "Hacia el logro de las ciudades sostenibles" en Estudio Económico y Social Mundial 2013.

Naciones Unidas, 2015. Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Septiembre 2015, New York.

Rueda, S. 1999. Taller sobre Indicadores de Huella y Calidad Ambiental Urbana. Fundación Fórum Ambiental. Agencia Europea de Medio Ambiente. Informe Técnico. 40 p. pdf.

Sasso, R. 2017. Modelo de Movilidad Urbana. Periódico La Nación. Edición 2 de mayo del 2017. Página 25A. San José, Costa Rica.

Lema, S. 2016. Peatón Primero, Pro bicicleta y Zonas Calmas: Las iniciativas del Plan Integral de Movilidad de Santiago. Sistemas de Información Geográfica. Consultado el 9/5/2017 en: <http://sigtransporte.blogspot.com/2016/01/peaton-primero-pro-bicicleta-y-zonas.html#comment-form>

Presidencia de la República. 2003. Decreto Ejecutivo N°31062 - MOPT-MIVAH-MINAE. San José, Costa Rica.

Rees, W. 1996. La huella ecológica: Población y riqueza. Indicadores territoriales de sustentabilidad, *Ecología política* 12: 12-27.

Riol Jurado, 2012. Revisión Crítica de datos sobre consumo de energía y emisiones de los medios de transporte público. Fundación de los ferrocarriles españoles. Madrid, España.

Science for Environment Policy. 2015. Indicators for sustainable cities. In-depth Report 12. Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol. Available at: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>

Wackernagel, M. 1996. La huella ecológica: Población y riqueza. *Ciudades sostenibles Ecología política* 12: 1-29.

Wikipedia, 2015. Ciudad Compacta. Consultado el 29/4/2017 en: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciudad_compacta.