

CONFIGURACIÓN DE POLÍTICAS Y CRITERIOS DE PLANEACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MOVILIDAD AÉREA URBANA

Oscar Díaz Olariaga

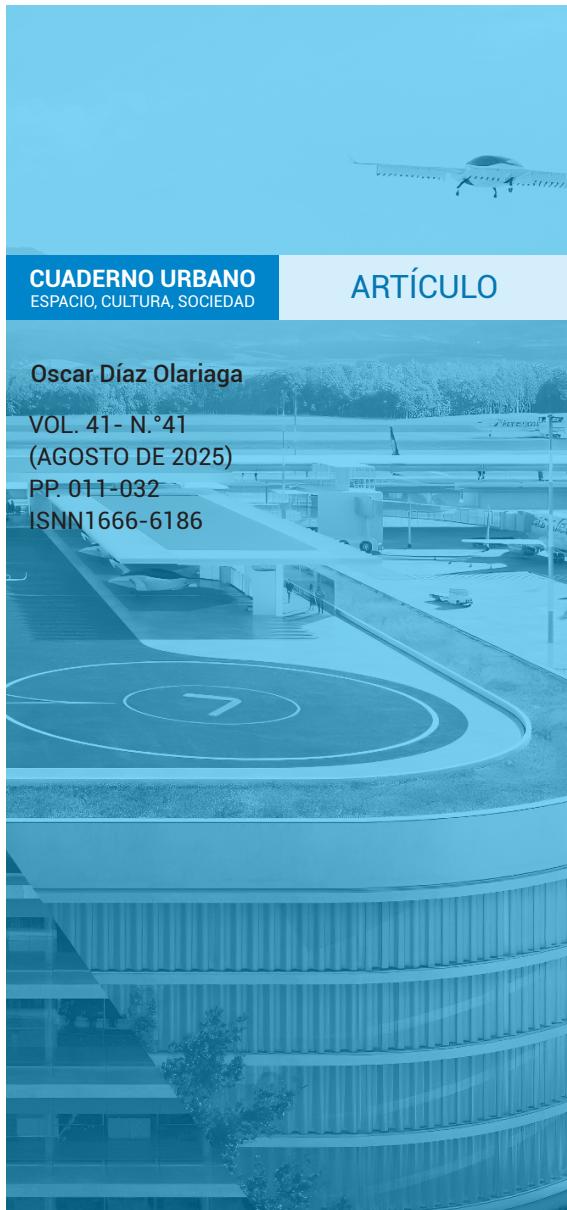
Doctor Ingeniero Aeronáutico por la Universidad Politécnica de Madrid (España); Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales por la UNED (España). Profesor titular, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás (Bogotá, Colombia).

E-MAIL: OscarDiazOlariaga@usta.edu.co

ORCID: 0000-0002-4858-3677.

ISSN1666-6186. VOL.41 - N.º 41 (Agosto de 2025) PP. 011-032
Recibido: 08/03/25 - Evaluado y aprobado: 23/06/25
<https://doi.org/10.30972/crn.41418539>





CUADERNO URBANO
ESPACIO, CULTURA, SOCIEDAD

ARTÍCULO

Oscar Díaz Olariaga

VOL. 41 - N.º 41
(AGOSTO DE 2025)
PP. 011-032
ISNN1666-6186

CONFIGURACIÓN DE POLÍTICAS Y CRITERIOS DE PLANEACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MOVILIDAD AÉREA URBANA

RESUMEN

La Movilidad Aérea Urbana es una tecnología emergente de transporte aéreo a baja altitud, a nivel urbano e interurbano, que dará lugar a cambios fundamentales en materia de movilidad y conectividad en las ciudades / regiones del futuro. Esta nueva tecnología motivará una importante transformación en las infraestructuras de la ciudad, y no solo las de transporte, y en el propio desarrollo urbano. Si bien los impactos de estas transformaciones aún están por verse, los planificadores y formuladores de políticas, a nivel urbano, deben prepararse para estos cambios a fin de minimizar el potencial de impactos adversos y maximizar la probabilidad de éxito en la implantación sostenible de esta nueva tecnología. Por ello, el objetivo de este artículo de revisión es analizar una potencial configuración de políticas y criterios de actuación en materia de planeación urbana que deberán considerar las autoridades y agentes públicos en el próximo lanzamiento y desarrollo de la Movilidad Aérea Urbana en las ciudades.

Palabras clave

Estudios urbanos, desarrollo urbano, infraestructura urbana, planeación urbana, movilidad urbana sostenible

CONFIGURATION OF POLICIES AND PLANNING CRITERIA FOR THE IMPLEMENTATION OF URBAN AIR MOBILITY

ABSTRACT

Urban Air Mobility is an emerging low-altitude air transport technology, at the urban and inter-urban level, that will lead to fundamental changes in mobility and connectivity in the cities / regions of the future. This new technology will motivate an important transformation in the city's infrastructure, and not only transportation, also in urban development itself. While the impacts of these transformations remain to be seen, planners and policymakers, at the urban level, must prepare for these changes in order to minimize the potential for adverse impacts and maximize the probability of success in the sustainable implementation of this new technology. Therefore, the objective of this review article is to analyze a potential configuration of policies and action criteria in terms of urban planning that authorities and public agents must consider in the next launch and development of Urban Air Mobility in cities.

Keywords

Urban studies, urban development, urban infrastructure, urban planning, sustainable urban mobility

CONFIGURAÇÃO DE POLÍTICAS E CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA MOBILIDADE AÉREA URBANA

RESUMO

A Mobilidade Aérea Urbana é uma tecnologia emergente de transporte aéreo de baixa altitude, a nível urbano e interurbano, que conduzirá a mudanças fundamentais na mobilidade e conectividade nas cidades/regiones do futuro. Esta nova tecnologia motivará uma importante transformação na infraestrutura da cidade, e não apenas nos transportes, também no próprio desenvolvimento urbano. Embora os impactos destas transformações ainda não sejam visíveis, os planejadores e decisores políticos, a nível urbano, devem preparar-se para estas mudanças, a fim de minimizar o potencial de impactos adversos e maximizar a probabilidade de sucesso na implementação sustentável desta nova tecnologia. Portanto, o objetivo deste artigo de revisão é analisar uma potencial configuração de políticas e critérios de atuação em termos de planejamento urbano que autoridades e agentes públicos devem considerar no próximo lançamento e desenvolvimento da Mobilidade Aérea Urbana nas cidades.

Palavras-chave

Estudos urbanos, desenvolvimento urbano, infraestrutura urbana, planeamento urbano, mobilidade urbana sustentável

INTRODUCCIÓN

La Movilidad Aérea Urbana (Urban Air Mobility - UAM, en adelante, y por practicidad, se usará el acrónimo en inglés para su referencia), hoy día una tecnología emergente, representará una alternativa adicional para el transporte en las grandes ciudades durante las próximas décadas, permitiendo adaptarse a los requisitos y limitaciones cada vez mayores que imponen los problemas de contaminación ambiental, debido a las congestiones de tráfico cada vez mayores y las emisiones relacionadas (BORGATO ET AL., 2023; UNDP, 2022). La UAM es un modo de transporte destinado, principalmente, para cubrir destinos urbanos e interurbanos, que utilizará aeronaves de propulsión eléctrica de despegue y aterrizaje vertical, y cuya operación se realizará desde nuevas (y relativamente reducidas) infraestructuras terrestres denominadas vertipuertos (EASA, 2022; FAA, 2022; AHN Y HWANG, 2022; BOEING, 2018).

Las conexiones aéreas urbanas-interurbanas generadas por la UAM ofrecerán una nueva solución de viajes rápidos para complementar los modos existentes de transporte público urbano. Además de los servicios de transporte de pasajeros a demanda (“taxi aéreo”) y logísticos (transporte de carga aérea), la UAM contribuirá, como servicio público en, por ejemplo: respuestas a emergencias, servicios médicos o sanitarios, operaciones de rescate, misiones humanitarias, etc. (KRYLOVA, 2022; COHEN Y SHAHEEN, 2021; COHEN ET AL., 2021).

Los servicios UAM previstos pueden revolucionar el panorama de los futuros entornos urbanos, llevando la movilidad a la tercera dimensión, la vertical. Esto sólo

será posible con una innovación radical en muchos ámbitos de la gobernanza local de las ciudades y con un cambio total en la forma en que las ciudades desarrollan sus políticas y planes de desarrollo sostenible, integrando el transporte terrestre y aéreo con total seguridad (PERPERIDOU Y KIRGIAFINIS, 2022; GILLIS ET AL., 2021).

Este artículo de revisión presenta y analiza la potencial configuración de políticas, junto con la recomendación de criterios de actuación, en materia de planeación urbana, en relación con los principales pilares (al menos al inicio) del ecosistema UAM (que se espera permitan, incentiven, e impulsen el futuro desarrollo sostenible de la UAM en las ciudades), a saber: (a) infraestructuras terrestres de soporte y gestión del espacio aéreo urbano; (b) infraestructuras energéticas; (c) financiación / inversión; y (d) planificación urbana. Además, este trabajo se desarrolla teniendo en cuenta algunos principios generales del desarrollo urbano que pretenden incluir a la UAM en el contexto de la movilidad urbana bajo la perspectiva de servicio, entendida como capacidad de aportar valor en la solución de una necesidad con un uso aceptable de los recursos. En definitiva, este documento proporciona un marco de estándares y recomendaciones de políticas de planificación urbana para apoyar a todas las autoridades y agentes involucrados en un proceso de toma de decisiones armonizado para una implantación y desarrollo gradual de los servicios de la UAM en las ciudades.

METODOLOGÍA

Para el presente trabajo de revisión se utilizó una metodología típica en este tipo de investigación denominada “mapeo sistemático”, que es el proceso de identificar, categorizar y analizar la literatura existente relevante para un determinado tema de investigación (PETERSEN ET AL., 2008, 2015; KITCHENHAM Y CHARTERS, 2007; FARSHCHIAN Y

DAHL, 2015). El objetivo de esta revisión es mostrar una perspectiva general del campo científico relacionado. El mapeo sistemático se desarrolla en tres bloques básicos: (a) definición para la búsqueda, donde se define la pregunta de investigación, el alcance de la revisión, los criterios de inclusión y exclusión, y finalmente la cadena de búsqueda; (b) ejecución de la búsqueda, y (c) análisis y discusión de los resultados.

En lo que se refiere a la definición de la búsqueda, se inicia con la pregunta de investigación: ¿cuáles serían las políticas y los criterios de planeación, a nivel urbano, para la implementación de la Movilidad Aérea en las ciudades? En cuanto al alcance de la revisión, se realizó una búsqueda en los siguientes catálogos digitales: ScienceDirect, IEEE Xplore, Taylor & Francis, Springer, Wiley, SAGE y JSTOR. Para la búsqueda se utilizó un conjunto amplio de descriptores (palabras clave), asociados con el núcleo de la investigación.

El periodo temporal de búsqueda es 2015-2025 (ambos inclusive), aunque la mayoría de las publicaciones encontradas y seleccionadas son muy recientes, debido a que este modo de transporte urbano es aún emergente.

Para filtrar los estudios se aplicaron los siguientes criterios de inclusión / exclusión: (a) se incluyeron todas aquellas publicaciones científicas que solo tengan relación con la temática y enfoque del estudio (o de investigación); (b) se incluyeron estudios editados en idioma inglés y español; (c) se incluyeron casos de estudios, siempre y cuando aportaran un marco conceptual relacionado y con resultados concretos, medibles y comparables; (d) se incluyeron informes y/o estudios técnicos con base científica sólida; (e) se incluyó “literatura gris” siempre y cuando presentara un fundamento teórico sólido, riguroso y formal; (f) se excluyeron artículos sin diseño de investigación y sin una pregunta de investigación bien definida; (g) se excluyeron revisiones terciarias; y (h) se excluyeron notas de prensa y/u opinión.

Finalmente, en cuanto a la conducta de la búsqueda, se aplicaron dos filtros de revisión: (a) primer filtro de revisión: título del artículo, resumen y palabras clave; (b) segundo filtro de revisión: texto completo del artículo.

Previo a la presentación, análisis y discusión de los resultados se presenta el denominado “esquema de caracterización de datos”, en el cual se mencionan y describen los estudios “primarios” encontrados y seleccionados en la búsqueda sistemática (según los criterios antes mencionados) (VANHALA ET AL., 2022).

MARCO CONCEPTUAL

Definición y componentes básicos de la UAM

Movilidad Aérea Urbana se refiere a un emergente sistema de transporte aéreo que utilizará vehículos aéreos (tripulados y/o no tripulados), a propulsión eléctrica, de despegue y aterrizaje vertical (o VTOL, Vertical Take-Off and Landing), para el transporte de pasajeros o mercancías en trayectos urbanos e interurbanos a baja altitud (entre 300 y 500 m) (BRELJE Y MARTINS, 2019; EASA, 2022; FAA, 2022, 2023; NASA, 2018). La UAM se enfoca en el transporte de corta y media distancia, para el transporte de pasajeros (entre 2 y 6), conectando destinos dentro de grandes áreas urbanas o entre destinos interurbanos e incluso regionales cortos (ANAND ET AL., 2021; CAUSA ET AL., 2022; GOYAL ET AL., 2021). El transporte de mercancías (máx. 5 kg) será desarrollado por pequeños vehículos aéreos no tripulados conocidos como “drones”.

Vehículo aéreo VTOL: los vehículos aéreos de despegue y aterrizaje vertical (VTOL, Vertical Take-Off and Landing) serán los que presten los servicios UAM (AIRBUS, 2018) para transporte de pasajeros. Aunque los servicios UAM se prevén recién a medio plazo (finales de la presente década), la industria aeronáutica ya viene trabajando en el desarrollo de vehículos aéreos, para servi-

cios UAM, tipo VTOL o eVTOL (eléctricos de despegue y aterrizaje vertical) (FREDERICKS ET AL., 2018). Actualmente existen muchos prototipos en fase de desarrollo, pruebas, y certificación, con capacidades de entre uno y seis pasajeros, con tiempos de vuelo de entre 30 y 250 minutos, y rangos de alcance de entre 5 y 250 km (HU ET AL., 2025). En la Figura 1 se muestran varias tipologías de vehículos aéreos eVTOL para transporte de pasajeros.

Gestión del espacio aéreo urbano: el previsible aumento progresivo del número de vehículos aéreos que prestarán servicios UAM demandará del diseño e implementación de un modelo de gestión del espacio y tráfico aéreo a nivel urbano, etc. (BOSSON Y LAUDERDALE, 2018; COTTON Y WING, 2018).

Infraestructura de soporte: el establecimiento de una infraestructura operativa es un requisito previo esencial para el éxito del desarrollo de los servicios UAM. Las principales infraestructuras físicas de soporte a las operaciones UAM serán los denominados vertipuertos. Se define al vertipuerto como “un área de tierra, agua o estructura que se usa o se pretende usar para el aterrizaje, despegue y movimiento de aeronaves con capacidad VTOL” (EASA, 2022; FAA, 2022).

Numerosos estudios han explorado los requisitos de diseño y construcción de vertipuertos (PREIS, 2021; STRAUBINGER ET AL., 2020). Un vertipuerto tiene un número limitado de componentes, además de que prestará servicio a aeronaves eléctricas pequeñas, por lo que no demandará de un espacio tan grande como un aeropuerto. Se estima que, al inicio de la era UAM, la superficie que demande un vertipuerto sea de entre 3.000 y 12.000 m², superficie que probablemente irá creciendo a medida que aumente la demanda UAM (BIRRELL ET AL., 2022; SCHWEIGER ET AL., 2022) (ver Figura 2).

Figura 1

Tipologías (previstas) de vehículos aéreos eVTOL para transporte de pasajeros (p.e. para servicios de taxi aéreo urbano).



Fuente: Silva y Solís (2024).

Configuración de políticas y criterios de planeación para la implementación urbana de la Movilidad Aérea Urbana

Como las estaciones (o puntos de conexión) de otros modos de transporte, los vertipuertos también estarán distribuidos en las áreas metropolitanas conformando una red, la cual deberá estar perfectamente integrada tanto con el resto de los modos (y nodos) de transporte de la ciudad (ver Figura 2) como con otras infraestructuras urbanas habituales (ver Figura 3). Para la configuración de la red de vertipuertos se deberán tener en cuenta varios factores y criterios, donde, entre otros, serán: (a) la demanda prevista (dando lugar a conexiones origen-destino); (b) el impacto ambiental generado (en especial el ruido); (c) cumplimiento operacional en relación al uso

del espacio aéreo, ya que el previsible aumento progresivo del número de vehículos aéreos que prestarán servicios UAM demandará del diseño e implementación de un modelo de gestión del espacio y tráfico aéreo (THIPPHAVONG, 2018; MUELLER ET AL., 2017) (diseño que incluirá la programación de despegues y llegadas de vehículos aéreos, la integración sin fisuras con las operaciones aéreas tradicionales, gestión de trayectoria continua, gestión de redes UAM, etc. (BOSSON & LAUDERDALE, 2018; COTTON & WING, 2018); y (d) la proximidad y/o conectividad con otros modos de transporte (SHON & LEE, 2025).

Figura 2

Presentación de la configuración prevista de un vertipuerto y de su integración con otras infraestructuras de transporte, en el ejemplo de la figura, con un aeropuerto.



Fuente: Lilium (2020).

Figura 3 Localización prevista de un vertipuerto en zona céntrica de una ciudad y su integración en la infraestructura urbana.



Fuente: The Beck Group (2019).

Servicios previstos del sistema UAM

Varios y diversos son los servicios previstos por el sistema UAM, tanto en el transporte de pasajeros como de carga. A continuación, se citan varios casos de uso previstos para la UAM (solo aquellos que se ajustan al enfoque del presente trabajo), los cuales se irán implementando paulatinamente a medida que el mercado los vaya aceptando e incorporando, y el entorno legal y regulatorio lo permita (STRAUBINGER ET AL., 2021; COHEN ET AL., 2021; NASA, 2018; PORSCHE CONSULTING, 2021; ROLAND BERGER, 2020).

- Transporte de pasajeros a demanda (“taxi aéreo”).
- Transporte de mercancías / paquetería (este servicio se realizará vía drones, es decir, vehículos aéreos no tripulados y pilotados a distancia, en trayectos muy cortos).
- Transporte médico de pasajeros (“ambulancia aérea”).
- Transporte de insumos para situaciones de emergencia (vía drones).
- Varios servicios de bien público, seguridad y vigilancia.

De los casos de uso previsto de la UAM mencionados, merece una especial atención el servicio de taxi aéreo, el cual será, muy probablemente, uno de los primeros

modelos de negocio que presentará la UAM al mercado. Este servicio se refiere al uso de vehículos aéreos eVTOL para el transporte aéreo de pasajeros, a demanda, tanto a nivel urbano, interurbano e incluso hasta regional cercano. Se espera que el servicio de taxi aéreo disminuya sustancialmente los tiempos de traslado en las grandes áreas metropolitanas, y entre ciudades limítrofes (NASA, 2018). Este modelo de negocio se dirige a un público amplio, viajeros cotidianos (que se desplazan por cuestiones laborales o de negocio, o de estudio), viajeros ocasionales, visitantes foráneos que llegan a la ciudad (ya sea por negocio o turismo), etc. Aunque inicialmente el precio del servicio de taxi aéreo se prevé costoso, las tarifas irán disminuyendo a medida que aumente la demanda, se reduzcan los costos operativos, y el servicio se haga más popular (ASMER ET AL., 2024, AL HADDAD ET AL., 2020). Finalmente, el servicio de taxi aéreo estará diseñado para satisfacer las necesidades de movilidad de toda la población, de fácil acceso a sus infraestructuras de soporte (los vertipuertos, los cuales estarán distribuidos en la ciudad / región bajo una estructura de red), y ser completamente inclusivo, por ejemplo, incluyendo a aquellas personas con movilidad reducida y/o discapacitadas (ANAND ET AL., 2021)

ESQUEMA DE CARACTERIZACIÓN DE DATOS

A nivel de resultados, y previo al desarrollo y análisis de sus componentes, y según las fases de ejecución de la metodología mapeo sistemático, se procede a describir el denominado “esquema de caracterización” (ver Tabla 1), que es un resumen de la identificación de los trabajos “primarios” encontrados en la búsqueda. Las investigaciones denominadas “primarias” son aquellas que responden, específicamente, a la pregunta de investigación planteada en la metodología (CARRIZO Y MOLLER,

2018). El resto de los estudios citados / referenciados en la investigación, conocidos como “estudios secundarios y terciarios”, no se incluyen en el esquema de caracterización de datos, pero tienen un papel relevante de contextualización en el desarrollo de las diferentes temáticas tratadas en el presente artículo.

RESULTADOS: POLÍTICAS Y CRITERIOS DE PLANEACIÓN URBANA PARA LA UAM

Planteamiento

A continuación, se presentan, a nivel de configuración o si se quiere de recomendación, las políticas urbanas y criterios de actuación en la planeación, en función de los cuatro pilares clave del desarrollo inicial del ecosistema UAM, a saber: (a) infraestructuras terrestres de soporte y gestión del espacio aéreo urbano; (b) infraestructuras energéticas; (c) financiación / inversión; y (d) planificación urbana. Para cada uno de estos pilares, previo al desarrollo de las políticas y criterios de actuación, se presenta, de forma concisa, el fundamento, o contexto conceptual, de cada uno de los pilares.

Tabla 1 Esquema de caracterización de datos.

Dato (estudio primario)	Tema de análisis	Área temática de aportación
Ahn y Hwang (2022)	Vertipuertos	Desarrollo e integración urbana UAM
Al Haddad et al. (2020)	Adopción UAM	Implementación de la UAM
Anand et al. (2021)	Ánálisis de demanda	Uso de servicios UAM
Asmer et al. (2024)	Desarrollo e implantación urbana	Desarrollo UAM
Birrell et al. (2022)	Vertipuertos	Diseño de infraestructura UAM
Bosson y Lauderdale (2018)	Gestión de red operacional vehículos VTOL	Gestión del espacio aéreo urbano
Brunelli et al. (2023)	Vertipuertos	Diseño, localización e integración urbana
Bulanowski et al. (2022)	Espacio urbano para la UAM	Creación de espacio urbano para servicios UAM
Causa et al. (2022)	Planificación	Criterios tácticos y estratégicos de planificación de la UAM en las ciudades
Cotton y Wing (2018)	Espacio aéreo urbano	Gestión del espacio y tráfico aéreo urbano para operaciones UAM
Cox (2023)	Vehículos VTOL y vertipuertos	Ánálisis operacional (urbano) de la UAM
Eissfeldt (2020)	Sostenibilidad ambiental	Criterios de sostenibilidad ambiental de la UAM
Gillis et al. (2021)	Integración UAM	Criterios de integración urbana de la UAM
Gouveia et al. (2022)	Planificación	Gestión de planificación e integración urbana de la UAM
Jin et al. (2024)	Planificación estratégica UAM	Servicios UAM en la ciudad
Krylova (2022)	Infraestructura UAM	Planificación de la integración de infraestructura UAM en la ciudad
Lim y Hwang (2019)	Vertipuertos	Criterios de localización de vertipuertos en la ciudad
Perperidou y Kirgianinis (2022)	Planificación urbana	Integración de la UAM en la planificación urbana
Ploetner (2020)	Integración multimodal	Integración de la UAM en el sistema de transporte público urbano
Shon y Lee (2025)	Operación UAM	Optimización de operaciones UAM en el espacio aéreo urbano
Straubinger et al. (2021)	Servicios UAM urbanos	Ánálisis de modelos de negocio previstos de la UAM
SUMP (2021)	Sostenibilidad ambiental	Planificación e integración urbana sostenible de la UAM

Configuración de políticas y criterios de planeación para la implementación urbana de la Movilidad Aérea Urbana

Takacs y Haidegger (2022)	Infraestructura UAM	Requisitos regulatorios para desarrollo sostenible de la UAM
Tojal y Paletti (2023)	Sostenibilidad ambiental	Criterios para la implementación sostenible de la UAM en las ciudades
Vascik y Hansman (2019)	Vertipuertos	Desarrollo y criterios de accesibilidad a infraestructuras UAM
Wilhelm (2021)	Ánálisis financiero UAM	Requisitos de financiación de infraestructura UAM
Yedavalli y Cohen (2022)	Uso del suelo	Planificación del uso del suelo urbano para desarrollo de infraestructura UAM
Yun y Hwang (2020)	Ánálisis ambiental	Exigencias ambientales para las operaciones urbanas de la UAM

Fuente: Elaboración propia.

Infraestructuras de soporte UAM y espacio aéreo urbano

Fundamentos. Uno de los aspectos cruciales a considerar para la definición de la política de la UAM es la gestión del tráfico aéreo urbano y la integración con la aviación tripulada. Las operaciones UAM se llevarán a cabo en el espacio aéreo de nivel inferior de las ciudades y, en algunas situaciones, podrían estar adyacentes al espacio aéreo donde opera la aviación tripulada. En vista de esto, hay una serie de aspectos que deben abordarse para la definición de regulación y estandarización, que en última instancia conduciría a una implementación segura y eficiente de la UAM. Estos aspectos se incluyen en particular en los temas de desarrollo de vertipuertos en la ciudad, como así también su integración en los aeropuertos existentes, integración de los sistemas de gestión del tráfico aéreo, estructuración del espacio aéreo y aprobaciones y certificaciones de operaciones con drones (BULANOWSKI ET AL., 2022; GOUVEIA ET AL., 2022; TAKACS Y HAIDEGGER, 2022).

Al igual que en los aeropuertos, los vertipuertos deberán integrarse en las ciudades con rutas de salida y

aproximación adecuadas que salvaguarden la seguridad de los ciudadanos. Por otro lado, lo más probable es que muchos aeropuertos desarrollen vertipuertos para permitir la operación de servicios UAM desde y hacia el aeropuerto (AHN Y HWANG, 2022; GOYAL ET AL., 2021). Esto planteará una serie de preguntas que deben abordarse al crear las políticas relacionadas. Será necesaria la colaboración entre planificadores urbanos, expertos en aviación / transporte aéreo y expertos de la UAM para garantizar que se analicen todos los aspectos técnicos necesarios, incluido el volumen de vuelos permitidos, el tamaño de los vertipuertos, la asistencia en tierra, el suministro de energía, el estacionamiento, los lugares de aterrizaje de emergencia y las operaciones desde y hacia al vertipuerto dentro de la ciudad (incluida la estructuración del espacio aéreo urbano) (THIPPHAVONG, 2018; VASCIK Y HANSMAN, 2019; PREIS Y HORNUNG, 2022). Por lo tanto, se debe crear un marco regulatorio específico que proporcione estándares adecuados de seguridad y protección y permita una competencia leal, abordando los siguientes conceptos (LIM Y HWANG, 2019; PLOETNER, 2020; PREIS, 2021; TORENS, 2021; YUN Y HWANG, 2020; ORTLIEB, 2024): (a) diseño, construcción y operación de vertipuertos; (b) gestión del espacio aéreo urbano; (c) integración

de sistemas de gestión del tráfico aéreo de la aviación comercial convencional y la UAM (incluyendo vehículos aéreos tripulados como no tripulados o drones); y (d) homologaciones y certificaciones (dada la naturaleza de las operaciones UAM, será necesario desarrollar nuevos estándares y regulaciones, no solo para los vehículos sino también para los operadores, pilotos, personal técnico, etc.).

Políticas y criterios de actuación. Con base en los conceptos clave planteados en los párrafos previos, se sugieren las siguientes configuraciones de política y los criterios de actuación en la planificación, según la tipología de actor del ecosistema UAM (STRAUBINGER Y ROTHEFELD, 2018; COX, 2023; KPMG, 2023; YEDAVALLI Y COHEN, 2022; FADHIL, 2018; JIN ET AL., 2024; EISSENFELDT, 2020).

Operadores / gestores de aeropuertos:

- diseñar un plan para la integración de la UAM en el aeropuerto, especialmente considerando la ubicación de los vertipuertos dentro del aeropuerto;
- definir rutas de aproximación y salida de vehículos aéreos UAM dentro del aeropuerto; al hacerlo, se deben salvaguardar los objetivos de seguridad, capacidad y ruido del aeropuerto;
- crear lineamientos para el número máximo de operaciones UAM que se permiten en el aeropuerto tomando como base el nivel máximo de ruido permitido en el aeropuerto y su próximo entorno.

Gestores / planificadores urbanos:

- definición de criterios para la ubicación óptima de los vertipuertos dentro de la ciudad y cómo reutilizar la infraestructura existente para ello;
- configuración arquitectónica de los vertipuertos intentando no alterar el paisaje de la ciudad ni la fauna o flora de la zona;
- definir posibles ubicaciones de aterrizajes de emergencia (solo se utilizarán para este propósito).

Infraestructuras para suministro de energía

Fundamentos. La integración de la UAM en la infraestructura energética urbana puede ser una tarea compleja y desafiante. En general, los movimientos y operaciones de la UAM requieren el apoyo de infraestructura urbana como vertipuertos, estacionamiento de aeronaves, estacionamiento de vehículos particulares de usuarios de la UAM e interfaces con el entorno terrestre (BRUNELLI ET AL., 2023). Un factor importante que influye en la complejidad de la tarea depende de las opciones de fuentes de energía de los vehículos UAM. Desde el punto de vista de la infraestructura, la solución más favorable es la propulsión (de los vehículos aéreos UAM) basada exclusivamente en baterías, lo que hace que los costos de infraestructura para los centros de energía sean relativamente bajos (NREL, 2023; LIBERACKI, 2023). En lo que se refiere al suministro de energía, las líneas eléctricas y la infraestructura de recarga son mucho más fáciles de gestionar en los vertipuertos que cualquier tanque de combustible o hidrógeno. En conclusión, la integración de la UAM en la infraestructura urbana depende de las opciones energéticas para alimentar a las aeronaves UAM. Por otro lado, la provisión de redes inteligentes como dispositivos de almacenamiento de energía verde excedente (como la producida por parques eólicos o plantas fotovoltaicas) podría garantizar mejores desempeños ambientales (LÓPEZ ET AL., 2023). Por tanto, para el desarrollo sostenible de la infraestructura energética en los ecosistemas urbanos se deben abordar los siguientes aspectos (COHEN ET AL., 2021; ASD, 2023; SUMP, 2021; TOJAL Y PALETTI, 2023):

- Gestionar el desarrollo de: (a) infraestructura energética dedicada al servicio de las actividades de la UAM integrada con otros sistemas de finalidad similar; (b) ubicación y distribución de los sistemas vinculados con las bases de operaciones de la UAM; (c) infraestructura energética complementada con centros móviles (de carga) integrados con otros

Configuración de políticas y criterios de planeación para la implementación urbana de la Movilidad Aérea Urbana

consumidores de energía; e (d) infraestructura energética dedicada de la UAM integrada como parte de los vertipuertos, así como de los sistemas relacionados (ayudas para la aproximación y el aterrizaje).

- Sostenibilidad ambiental local: uno de los objetivos del uso de la UAM, integrada con otros sistemas de transporte urbano, es mejorar la sostenibilidad y la gestión de los recursos naturales. Esto incluye proteger los recursos naturales y la infraestructura asociada y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente. Incluir una gestión energética que abarque las energías renovables debería contribuir significativamente a este proceso.

Políticas y criterios de actuación. La UAM, al funcionar con energía eléctrica, contribuirá a la amplia tendencia de electrificación del sistema de transporte urbano (principalmente, pero no únicamente). Por lo tanto, el gran alcance de las recomendaciones energéticas formuladas para la UAM es de alto nivel como resultado de las tendencias globales y regionales. Se refieren a adaptaciones en el ámbito de la política energética, la infraestructura y la implementación de soluciones inteligentes y asumen que la UAM es parte integrante del sistema de movilidad urbana, consumidora de recursos energéticos y posible contribuyente al proceso de optimización y mejor asignación de estos recursos (VILATHGAMUWA ET AL., 2022). Por lo tanto, las prioridades relacionadas con la energía asumidas por los tomadores de decisiones de alto nivel se deberán abordar considerando (SHAH, 2021; DENG ET AL., 2024): (a) el cambio climático; (b) el aumento del número de consumidores de energía; (c) reducción de la relación causal entre la producción de energía y el cambio climático mediante el cambio hacia las energías renovables; y (d) reducir la demanda unitaria de energía apoyando el desarrollo de tecnologías orientadas a la eficiencia energética, así como implementando implicaciones de economía circular y actitudes impulsadas por la sostenibilidad tanto a nivel industrial como social. Entonces, con base en los

conceptos clave planteados en los párrafos previos, se sugieren las siguientes configuraciones de política, y criterios de actuación en la planificación, según la tipología de actor del ecosistema UAM (NIEUWENHUIJSEN, 2020; RUGGIERI ET AL., 2021; SUN, 2021; GALLO Y MARINELLI, 2020).

Autoridades regulatorias locales / regionales:

- seguir las prioridades nacionales en materia de combinación energética; creación de una política que apoye el aumento de la proporción de energía producida con el uso de energías renovables;
- proteger el ambiente natural como medio eficiente para inhibir y mitigar el cambio climático y como medio para reducir la demanda temporal de energía eléctrica.

Operadores de redes y distribución de energía:

- aumentar la capacidad de la red para atender a un mayor número de consumidores, necesidad impulsada por las ciudades en expansión, el creciente número de ciudadanos, así como por el proceso de electrificación de la movilidad urbana;
- crear o desarrollar granjas fotovoltaicas u otras formas de tecnologías de producción de energía distribuida, especialmente dedicadas a apoyar el desarrollo de estaciones de suministro / carga de la UAM.

Productores y proveedores de energía de fuentes renovables:

- búsqueda de soluciones que contribuyan a una mejor asequibilidad y aplicabilidad de la energía procedente de energías renovables en condiciones urbanas densamente pobladas;
- búsqueda de soluciones que contribuyan a la eficiencia de las aplicaciones de la UAM y al atractivo económico de esta.

Inversores privados y del sector público:

- apoyar el desarrollo de tecnologías que mitiguen los fenómenos adversos en relación con los procesos de gestión de la energía;

- apoyar el desarrollo de nuevas formas de producción de energía a partir de energías renovables.

Financiación e inversión

Fundamentos. Cada zona urbana se caracteriza por el desarrollo dinámico de infraestructuras del transporte de mercancías y pasajeros, por la dotación de administraciones ágiles y por asignaciones financieras específicas de los gobiernos locales, en un entorno empresarial preparado para inversión de riesgo en innovación, acceso simplificado a datos e información sobre viajes y transporte. Con este supuesto, se intenta proporcionar enfoques y directrices para esbozar cuestiones clave en el ámbito de la financiación de la UAM (WILHELM, 2021).

La financiación e inversión desempeñarán un papel vital para garantizar un despliegue eficaz de la UAM. Desde el punto de vista de la financiación de redes y nodos de transporte, cada país las construye utilizando diferentes formas y fuentes de financiación, ya sean públicas, privadas o en asociación (HÖRCHER Y TIRACHINI, 2021). Actualmente, la UAM no está incluida entre los modos de transporte para el desarrollo de estos planes y, por tanto, acceder a financiación pública a nivel local será más complicado si no se elimina este obstáculo. Del mismo modo, la UAM debería poder beneficiarse de incentivos que estimulen el uso de estos medios de transporte en combinación con otros modos de transporte sostenibles. Para cada zona urbana, será necesario estudiar los flujos de mercancías y de personas para verificar el nivel real de interoperabilidad y proponer (en las fases de planificación y programación) la asignación de financiación para permitir su mejora o la construcción de infraestructuras (HUSEMANN ET AL., 2024).

Políticas y criterios de actuación. Si los actores institucionales conocen y están informados / capacitados sobre el potencial de la UAM, pueden estar dispuestos a

movilizar al sector público para activar financiamiento para un uso integrado; si el sector privado coopera con el sector público y proporciona información a la sociedad civil, esta última podrá tener respuestas orientadas a la aceptación social. Entonces, con base en los conceptos clave planteados en los párrafos previos, se sugieren las siguientes configuraciones de política, y criterios de actuación en la planificación, según la tipología de actor del ecosistema UAM (APA-MTI, 2024; DULIA Y SHIHAB, 2024; UAM GEOMATICS, 2019; WERLAND Y RUDOLPH, 2019).

Autoridades nacionales:

- trabajar con planificadores urbanos, planificadores de transporte, legisladores y tomadores de decisiones para definir el alcance de la financiación de la UAM con el fin de explorar cómo puede contribuir a la movilidad inclusiva;
- trabajar con proveedores de servicios e infraestructura, así como con inversores dibujando modelos de negocio que también integren una capa de igualdad social que proteja a los usuarios y no usuarios de los servicios de la UAM.

Autoridades locales:

- apoyar el desarrollo de infraestructuras compatibles con la zonificación del uso del suelo;
- hacer frente a la amenaza de un monopolio privado a largo plazo;
- garantizar una protección social basada en cuestiones e inquietudes de aceptación pública, alineada con los objetivos de política pública.

Proveedores de servicios:

- trabajar con planificadores urbanos, usuarios de la UAM, otros servicios que dependen de la UAM, inversores públicos y privados en el campo del servicio específico para elaborar modelos de negocio viables;
- trabajar con inversores públicos y privados en el ámbito del servicio específico y agentes públicos para trazar modelos de negocio y tarifas que aseguren una cohesión social,

accesibilidad y equidad que se ajusten a las expectativas de los ciudadanos.

Inversores:

- trabajar con operadores de transporte, operadores de la UAM, planificadores de transporte, planificadores estratégicos de la ciudad, ecosistemas locales de innovación y puesta en marcha para garantizar el cumplimiento de la regulación financiera;
- trabajar con operadores de transporte, operadores de la UAM, planificadores de transporte, ecosistemas locales de startups e innovación y conocer la actitud de los ciudadanos (usuarios y no usuarios de la UAM) en el campo de generación de ingresos esperados para evaluar mejor el nivel de riesgo y el rango de ingresos.

Planificación urbana

Fundamentos. La integración de la UAM en las ciudades trae consigo los desafíos de las limitaciones multidisciplinarias que podrían ralentizar el ritmo hacia una aplicación exitosa, siendo los cambios en los patrones de movimiento y urbanización una de las áreas de impacto más importantes (ASMER ET AL., 2024). Comprender el papel del entorno construido y su relación con la ubicación de los vertipuertos también puede ser importante para integrarse con los usos del suelo cercanos y priorizar la movilidad sostenible. A medida que el mercado UAM evolucione, la planificación comunitaria, la divulgación pública y la investigación continua serán importantes para comprender los impactos de la UAM en el ecosistema del transporte local y equilibrar los objetivos de la comunidad con los intereses comerciales (YEDAVALLI Y COHEN, 2022).

Además, para desarrollar la preparación institucional para la UAM, tomar decisiones políticas basadas en datos es crucial para fomentar la mejora de la co-

municación y las negociaciones entre una variedad de departamentos municipales internos y partes interesadas externas (COHEN ET AL., 2020). Uno de los desafíos más grandes y abiertos en términos de sostenibilidad ambiental, social y económica es el que enfrentan las ciudades en rápida expansión, lo que trae consigo una serie de cuestiones relacionadas con la movilidad, con las externalidades que produce, sus ineficiencias y desigualdades. La planificación de la movilidad urbana sostenible no se puede lograr sin establecer políticas de movilidad coherentes sustentadas por la participación de partes interesadas clave, incluidos los ciudadanos (CARVALHO ET AL., 2024).

Políticas y criterios de actuación. Las ciudades desempeñan un papel vital de administración de la confianza pública y tienen la responsabilidad de traducir las prioridades comunitarias en una dirección política que determine, en este caso, los usos de un nuevo modo de transporte. Las políticas sugeridas en el campo de la planificación y el transporte urbanos apoyan la necesidad de organizar el asentamiento humano entendido como una caracterización espacial, social y económica de un estado deseado, proporcionando una orientación y priorización de largo plazo desarrollada en torno del objetivo de integrar la UAM en las ciudades del futuro (TORRISI ET AL., 2020). A continuación se presentan algunas recomendaciones de políticas a aplicar para el desarrollo de la UAM en la planificación urbana. Se necesitan investigaciones y políticas para guiar el despliegue equitativo y sostenible de la UAM, y se necesitan políticas sólidas (así como planificación) para mitigar los impactos adversos y maximizar los beneficios potenciales. Para estos propósitos, se identifican cuatro áreas de enfoque clave para la concientización y el desarrollo de capacidades: (a) integración multimodal, (b) uso del suelo, (c) impactos ambientales, y (d) equidad social, lo que lleva a las siguientes recomendaciones de políti-

cas y criterios de actuación en la planificación para los agentes públicos locales (CAMI, 2021; ASD, 2023; STRAU-BINGER ET AL., 2020; APA-MTI, 2024; PAK, 2024):

- caso por caso, ciudad por ciudad, realizar un análisis exhaustivo del uso actual de los medios de transporte y para qué tipo de viajes y logística; realizar una auditoría de la planificación y servicios de infraestructura actuales y previstos;
- verificar qué servicios de transporte (mercancías y pasajeros) tienen mayor demanda y sus cuellos de botella para luego identificar el segmento de la UAM que puede ayudar a superar los cuellos de botella en el transporte;
- implicación de diversos actores del sector público y privado en la fase de planificación del transporte;
- hacer transparentes los resultados de las pruebas y el uso de drones, los pros y contras de la UAM y su integración con otros medios de transporte, mostrando resultados medibles y tangibles; verificación y medición de externalidades relacionadas con la movilidad sostenible, como la reducción de emisiones de CO2;
- organizar campañas de encuentro entre desarrolladores de tecnología de la UAM y actores públicos, incluidos ciudadanos;
- planificación urbana integrada en el sentido holístico;
- activación de foros donde sea posible recibir un intercambio de actores de la sociedad civil en el tema de la integración de la UAM al sistema de transporte urbano existente.

CONCLUSIONES

Este artículo de revisión describe posibles configuraciones de políticas urbanas y criterios de actuación en la planificación urbana deseables para apoyar la integración gradual de la UAM en la estructura de las ciudades, y permitir y fortalecer su pleno despliegue en las mismas.

Apuntar al despliegue de la UAM es una cuestión de diseñar la movilidad del mañana, para lo cual un enfoque programático es crucial. Definir la dirección es-

tratégica que se debe tomar, los objetivos clave que se deben alcanzar, las acciones que se deben implementar y los pilares que deben guiar a los numerosos actores del ecosistema urbano requiere una visión armonizada que debe crearse y compartirse, incluyendo a todos los actores directos e indirectos en el ámbito de la UAM. Dirigir la evolución del ecosistema urbano general hacia condiciones previas y procesos compatibles con la integración de los servicios e infraestructuras de la UAM parece ser la mejor manera de capturar eficazmente todos los beneficios derivados del despliegue de la UAM.

Los servicios (o modelos de negocio) UAM revolucionarán el panorama de los futuros entornos urbanos, llevando la movilidad a la tercera dimensión. Esto sólo será posible con una innovación tecnológica radical en muchos ámbitos de la gobernanza local / regional y con un cambio completo en la forma en que las ciudades / regiones desarrollan sus planes de movilidad, integrando el transporte terrestre y aéreo con total seguridad.

Por lo tanto, el concepto clave sobre el que se basan las políticas y configuraciones de planificación urbana aquí propuestas es la “integración”, con el propósito de fomentar:

- la integración UAM en los planes de movilidad urbana sostenible existentes;
- la integración de la UAM con los servicios de transporte terrestre, persiguiendo la visión estratégica y coherente de infraestructuras, redes y nodos multimodales;
- la integración de la UAM en infraestructura energética, combinando la eficiencia operativa y ambiental; y
- la integración de la UAM en la planificación urbana / regional, persiguiendo la sostenibilidad y la integración social.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahn, B. y Hwang, H.-Y.** (2022). Design Criteria and accommodating capacity analysis of vertiports for urban air Mobility and its application at Gimpo Airport in Korea. *Applied Sciences*, 12, 6077. DOI: 10.3390/app12126077
- AIRBUS** (2018). Blueprint for the sky. Toulouse: AIRBUS.
- Al Haddad, C., Chaniotakis, E., Straubinger, A., Plötner, K. y Antoniou, C.** (2020). Factors affecting the adoption and use of urban air mobility. *Transportation Research Part A*, 132, 696–712. DOI: 10.1016/j.tra.2019.12.020
- Anand, A., Kaur, H., Justin, C. y Mavris, D.** (2021). A scenario-based evaluation of global urban fair mobility demand. *AIAA Scitech Forum*. DOI: 10.2514/6.2021-1516
- APA-MTI** (2024). Planning for Advanced Air Mobility. Chicago: American Planning Association & Mineta Transportation Institute.
- ASD** (2023). Urban Air Mobility and Sustainable Development. Brussels: Aerospace, Security and Defence Industries Association of Europe.
- Asmer, L., Jaksche, R. y Pak, H.** (2024). A city-centric approach to estimate and evaluate global Urban Air Mobility demand. *CEAS Aeronautical Journal*. DOI: 10.1007/s13272-024-00742-w
- Birrell, S., Payre, W., Zdanowicz, K. y Herriotts, P.** (2022). Urban air mobility infrastructure design: Using virtual reality to capture user experience within the world's first urban airport. *Applied Ergonomics*, 105, 103843, DOI: 10.1016/j.apergo.2022.103843
- BOEING** (2018). Flight path for the future of mobility. <https://acortar.link/zcfCpF>
- Borgato, S., Chirico, F., Fermi, F. y Le Petit, Y.** (2023). Costs and benefits of the sustainable urban mobility transition. *Transportation Research Procedia*, 72, 1145-1152. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.11.571
- Bosson, C. y Lauderdale, T.** (2018). Simulation evaluations of an autonomous urban air mobility network management and separation service. *Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*. June 25-29, 2018, Atlanta. DOI: 10.2514/6.2018-3365
- Brelje, B. y Martins, J.** (2019). Electric, hybrid, and turboelectric fixed-wing aircraft: A review of concepts, models, and design approaches. *Progress in Aerospace Sciences*, 104, 1-19. DOI: 10.1016/j.paerosci.2018.06.004
- Brunelli, M., Ditta, C. y Postorino, M.** (2023). New infrastructures for Urban Air Mobility systems: A systematic review on vertiport location and capacity. *Journal of Air Transport Management*, 112, 102460. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2023.102460
- Bulanowski, K., Gillis, D., Fakhraian, E. y Lima, S.** (2022). AURORA-Creating Space for Urban Air Mobility in Our Cities. 6th Conference on Sustainable Urban Mobility, Aug. 31-Sept. 2, 2022, Skiathos Island.
- CAMI** (2021). Integrating Advanced Air Mobility into Communities. White Paper. Community Air Mobility Initiative

(CAMI). <https://acortar.link/RTALMu>

- Carrizo, D. y Moller, C.** (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare, Revista chilena de ingeniería*, 26, 45-54. DOI: 10.4067/S0718-33052018000500045
- Carvalho, J., Pinho de Sousa, J. y Macário, R.** (2024). Towards a more inclusive mobility: participatory mobility planning at a metropolitan scale. *Transportation Research Procedia*, 78, 222-229. DOI: 10.1016/j.trpro.2024.02.029
- Causa, F., Franzone, A. y Fasano, G.** (2022). Strategic and tactical path planning for urban air mobility: overview and application to real-world use cases. *Drones*, 7(1), 11. DOI: 10.3390/drones7010011
- Cohen, A. y Shaheen, S.** (2021). Urban Air Mobility: Opportunities and Obstacles. Working Paper, Transportation Sustainability Research Center, University of California (Berkeley).
- Cohen, A., Shaheen, S. y Farrar, E.** (2021). Urban Air Mobility: History, Ecosystem, Market Potential, and Challenges. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(9), 6074-6087. DOI: 10.1109/TITS.2021.3082767
- Cohen, A., Guan, J., Beamer, M. y Dittoe, R.** (2020). Reimagining the Future of Transportation with Personal Flight: Preparing and Planning for Urban Air Mobility. White Paper. Transportation Sustainability Research Center, University of California (Berkeley). DOI: 10.7922/G2TT4P6H
- Cotton, W. y Wing, D.** (2018). Airborne trajectory management for urban air mobility. Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. June 25-29, 2018, Atlanta. DOI: 10.2514/6.2018-3674
- Cox, K.** (2023). eVTOLs and vertiports: Operations and infrastructure for a new and sustainable way to fly. *Journal of Airport Management*. <https://acortar.link/tqPfcG>
- Deng, C., Shi, Z.; Chi, B. y Wang, J.** (2024). Evaluating the Development Levels of Green Urban Transportation Systems. *Sustainability*, 16, 4795. DOI: 10.3390/su16114795
- Dulia, E. y Shihab, S.** (2024). How to Negotiate with Private Investors for Advanced Air Mobility Infrastructure? An Analysis of Public Private Partnerships using Game Theory. Working Paper. Kent State University. DOI: 10.13140/RG.2.2.25387.86566/1
- EASA** (2022). Vertiports. Cologne: European Union Aviation Safety Agency.
- Eissfeldt, H.** (2020). Sustainable urban air mobility supported with participatory noise sensing. *Sustainability*, 12(8), 3320, DOI: 10.3390/su12083320
- FAA** (2023). Urban Air Mobility (UAM). Concept of Operations. Washington DC: Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation.
- FAA** (2022). Memorandum. Vertiport Design. Washington DC: Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation.

- Fadhil, D.** (2018). A GIS-based analysis for selecting ground infrastructure locations for urban air mobility. Master Thesis, Technical University of Munich.
- Farshchian, B. y Dahl, Y.** (2015). The role of ICT in addressing the challenges of age-related falls: A research agenda based on a systematic mapping of the literature. *Personal and Ubiquitous Computing*, 19(3), 649–666. DOI: 10.1007/s00779-015-0852-1
- Fredericks, W., Sripad, S. y Bower, G.** (2018). Performance metrics required of next-generation batteries to electrify vertical takeoff and landing (VTOL) aircraft. *ACS Energy Letters*, 3(12), 2989–2994, DOI: 10.1021/acsenergylett.8b02195
- Gallo, M. y Marinelli, M.** (2020). Sustainable Mobility: A Review of Possible Actions and Policies. *Sustainability*, 12, 7499. DOI: 10.3390/su12187499
- Gillis, D., Petri, M., Pratelli, A. y Semanjski, I.** (2021). Urban Air Mobility: A State of Art Analysis. *Computational Science and Its Applications – 21st International Conference*, September 13–16, 2021, Cagliari (Italy).
- Gouveia, M., Dias, V. y Silva, J.** (2022). Management of urban air mobility for sustainable and smart cities: Vertiport networks using a user-centred design. *Journal of Airline and Airport Management*, 12(1), 15–28. DOI: 10.3926/jairm.207
- Goyal, R., Reiche, C., Fernando, C. y Cohen, A.** (2021). Advanced Air Mobility: Demand Analysis and Market Potential of the Airport Shuttle and Air Taxi Markets. *Sustainability*, 13(13), 7421. DOI: 10.3390/su13137421
- Hörcher, D. y Tirachini, A.** (2021). A review of public transport economics. *Economics of Transportation*, 25, 100196. DOI: 10.1016/j.ecotra.2021.100196
- Hu, L., Yan, X. y Yuan, Y.** (2025). Development and challenges of autonomous electric vertical take-off and landing aircraft. *Heliyon*, 11, e41055. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e41055
- Husemann, M., Kirste, A. y Stumpf, E.** (2024). Analysis of cost-efficient urban air mobility systems: Optimization of operational and configurational fleet decisions. *European Journal of Operational Research*, 317(3), 678–695. DOI: 10.1016/j.ejor.2023.04.040
- Jin, Z., Ng, K., Zhang, C., Wu, L. y Li, A.** (2024). Integrated optimization of strategic planning and service operations for urban air mobility systems. *Transportation Research Part A*, 183, 104059. DOI: 10.1016/j.tra.2024.104059
- Kitchenham, B. y Charters, S.** (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Technical Report. Keele University and University of Durham. <https://acortar.link/ZMnVtC>
- KPMG** (2023). Integrating air mobility into wider infrastructure. Aviation 2030 series, White Paper. KPMG. <https://acortar.link/aFLcHL>
- Krylova, M.** (2022). Urban planning requirements for the new air mobility (UAM) infrastructure integration. Master

Thesis, Frankfurt University of Applied Sciences, Germany.

Liberacki, A. (2023). Key factors in reducing cost of UAM implementation. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 95(9), 1403-1410. DOI: 10.1108/AEAT-10-2022-0273

LILIUM (2020). Designing a scalable vertiport. Gauting, Germany, Lilium GmbH. <https://acortar.link/Sq6r8k>

Lim, E. y Hwang, H. (2019). The selection of vertiport location for on-demand mobility and its application to Seoul metro area. *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*. DOI: 10.1007/s42405-018-0117-0

López, A., Ramírez-Díaz, A. y Castilla-Rodríguez, I. (2023). Wind farm energy surplus storage solution with second-life vehicle batteries in isolated grids. *Energy Policy*, 173, 113373. DOI: 10.1016/j.enpol.2022.113373

Mueller, E., Kopardekar, P. y Goodrich, K. (2017). Enabling Airspace Integration for High-Density Mobility Operations. 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. 5-9 June 2017, Denver (Colorado), DOI: 10.2514/6.2017-3086

NASA (2018). Urban Air Mobility Market Study. Washington DC: National Aeronautics and Space Administration. <https://ntrs.nasa.gov/citations/20190000519>

Nieuwenhuijsen, M. (2020). Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities; A review of the current evidence. *Environment International*, 140, 105661. DOI: 10.1016/j.envint.2020.105661

NREL (2023). Federal Aviation Administration Vertiport Electrical Infrastructure Study. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. DOI: 10.2172/2203520

Ortlieb, M. (2024). Enabling Safe and Scalable Urban Air Mobility: An Air Traffic Management and Communication Framework for Seamless Air Space Integration. AIAA SCITECH 2024 Forum. DOI: 10.2514/6.2024-0454

Pak, H. (2024). Can Urban Air Mobility become reality? Opportunities and challenges of UAM as innovative mode of transport and DLR contribution to ongoing research. *CEAS Aeronautical Journal*. DOI: 10.1007/s13272-024-00733-x

Perperidou, D. y Kirgiafinis, D. (2022). Urban Air Mobility (UAM) Integration to Urban Planning. 6th Conference on Sustainable Urban Mobility, August 31–September 2, 2022, Skiathos Island.

Petersen, K., Vakkalanka, S. y Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1–18. DOI: 10.1016/j.infsof.2015.03.007

Petersen, K., Feldt, R. y Mujtaba, S. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. DOI: 10.14236/ewic/EASE2008.8

Ploetner, K. (2020). Long-term application potential of urban air mobility complementing public transport: an upper Bavaria example. *CEAS Aeronautical Journal*, 11(4), 991–1007. DOI: 10.1007/s13272-020-00468-5

Porsche Consulting (2021). The economics of vertical mobility. Stuttgart: Porsche Consulting.

- Preis, L. y Hornung, M.** (2022). Vertiport Operations Modeling. Agent-Based Simulation and Parameter Value Specification. *Electronics*, 11(7), 1071. DOI: 10.3390/electronics11071071
- Preis, L.** (2021). Quick Sizing, Throughput Estimating and Layout Planning for VTOL Aerodromes – A Methodology for Vertiport Design. *AIAA Aviation Forum*, August 2-6, 2021. DOI: 10.2514/6.2021-2372
- Roland Berger** (2020). *Urban Air Mobility*. Munich: Roland Berger.
- Ruggieri, R., Ruggeri, M., Vinci, G. y Poponi, S.** (2021). Electric Mobility in a Smart City: European Overview. *Energies*, 14, 315. DOI: 10.3390/en14020315
- Schweiger, K., Knabe, F. y Korn, B.** (2022). An exemplary definition of a vertidrome's airside concept of operations. *Aerospace Science and Technology*, 125, 107144, DOI: 10.1016/j.ast.2021.107144
- Shah, K.** (2021). Green transportation for sustainability: Review of current barriers, strategies, and innovative technologies. *Journal of Cleaner Production*, 326, 129392. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129392
- Shon, H. y Lee, J.** (2025). An optimization framework for urban air mobility (UAM) planning and operations. *Journal of Air Transport Management*, 124, 102720. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2024.102720
- Silva, C. y Solís, E.** (2024). Aircraft Design Implications for Urban Air Mobility Vehicles Performing Public Good Missions. Vertical Flight Society's 80th Annual Forum & Technology Display. Montréal, Canada, May 7-9, 2024. <https://goo.su/UGXTu>
- Straubinger, A., Michelmann, J. y Biehle, T.** (2021). Business model options for passenger urban air mobility. *CEAS Aeronautical Journal*, 12, 361–380. DOI: 10.1007/s13272-021-00514-w
- Straubinger, A., Rothfeld, R., Shamiyeh, M., Büchter, K., Kaiser, J. y Plötner, K.** (2020). An overview of current research and developments in urban air mobility – Setting the scene for UAM introduction. *Journal of Air Transport Management*, 87, 101852. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101852
- Straubinger, A. y Rothfeld, R.** (2018). Identification of relevant aspects for personal air transport system integration in urban mobility modelling. *Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA*, 212, 1–10. DOI: 10.5281/zenodo.1446077
- SUMP** (2021). *Urban Air Mobility and Sustainable Urban Mobility Planning – Practitioner Briefing*. Brussels: UIC2–UAM Initiative Cities Community (EU's Smart Cities Marketplace).
- Sun, L.** (2021). Reducing energy consumption and pollution in the urban transportation sector: A review of policies and regulations in Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 285, 125339. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125339
- Takacs, A. y Haidegger, T.** (2022). Infrastructural requirements and regulatory challenges of a sustainable Urban Air Mobility ecosystem. *Buildings*, 12, 747. DOI: 10.3390/buildings12060747
- The Beck Group** (2019). Uber Elevate Summit 2019. <https://goo.su/9uCmSG>
- Thippavong, D.** (2018). *Urban Air Mobility Airspace Integration Concepts and Considerations*. *Aviation Technology*,

Integration, and Operations Conference, June 25-29, 2018, Atlanta.

- Tojal, M. y Paletti, L.** (2023). Is Urban Air Mobility Environmentally Feasible? Defining the Guidelines for a Sustainable Implementation of its Ecosystem. *Transportation Research Procedia*, 72, 1747–1754. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.11.649
- Torens, C.** (2021). Horizon UAM: Safety and Security Considerations for Urban Air Mobility. *AIAA Aviation Forum*, August 2-6, 2021. DOI: 10.2514/6.2021-3199
- Torrisi, V., Garau, C., Ignaccolo, M. y Inturri, G.** (2020). Sustainable Urban Mobility Plans: Key Concepts and a Critical Revision on SUMPs Guidelines. In: Gervasi, O. (Ed), *Computational Science and Its Applications*. Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-58820-5_45
- UAM Geomatics** (2019). How Public-Private Partnerships Will Lead Urban Air Mobility. White Paper. UAM Geomatics. <https://acortar.link/xxVNkl>
- UNDP** (2022). The Sky's Not The Limit: How Lower-Income Cities Can Leverage Drones. Singapore: UNDP Global Centre for Technology, Innovation and Sustainable Development.
- Vanhala, E., Kasurinen, J., Knutas, A. y Herala, A.** (2022). The application domains of systematic mapping studies: a mapping study of the first decade of practice with the method. *IEEE Access*. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3165079
- Vascik, P. y Hansman, R.** (2019). Development of vertiport capacity envelopes and analysis of their sensitivity to topological and operational factors. *AIAA Scitech 2019 Forum*. 7-11 January 2019, San Diego (California). DOI: 10.2514/6.2019-0526
- Vilathgamuwa, M., Mishra, Y., Yigitcanlar, T., bhaskar, A. y Wilson, C.** (2022). Mobile-Energy-as-a-Service (MEaaS): Sustainable Electromobility via Integrated Energy–Transport–Urban Infrastructure. *Sustainability*, 14, 2796. DOI: 10.3390/su14052796
- Werland, S. y Rudolph, F.** (2019). Funding and financing of Sustainable Urban Mobility Measures. White Paper. Wuppertal Institute. <https://acortar.link/vPin8g>
- Wilhelm, A.** (2021). Infrastructure Requirements for Urban Air Mobility: A Financial Evaluation. Working Paper. Vanderbilt University. <https://acortar.link/CODwqw>
- Yedavalli, P. y Cohen, A.** (2022). Planning Land Use Constrained Networks of Urban Air Mobility Infrastructure in the San Francisco Bay Area. *Transportation Research Record*, 2676(7), 106-116. DOI: 10.1177/03611981221076839
- Yun, J. y Hwang, H.** (2020). Requirement Analysis of Efficiency, Reliability, Safety, Noise, Emission, Performance and Certification Necessary for the Application of Urban Air Mobility (UAM). *Journal of Advanced Navigation Technology*, 24(5), 329-342. DOI: 10.12673/jant.2020.24.5.329