



Análisis de la potencial estructura de mercado y de negocio de la tecnología emergente Movilidad Aérea Urbana.

Analysis of the potential market and business structure of emerging Urban Air Mobility technology.

 Oscar Díaz-Olariaga¹

¹Universidad Santo Tomás, Bogotá - Colombia

Recibido: 10 de diciembre de 2024.

Aceptado: 28 de marzo de 2024.

Publicado: 01 mayo de 2025.

Resumen- La Movilidad Aérea Urbana es un concepto novedoso que se prevé revolucionará el transporte en las ciudades. Esta alternativa de transporte de pasajeros y carga ofrecerá servicios de transporte aéreo a nivel urbano e interurbano. Desde hace unos pocos años la academia viene trabajando en la divulgación de todos los componentes y conceptos de esta tecnología emergente. Luego de una exhaustiva revisión de la bibliografía, se encuentra una rica y variada producción de la temática en casi todos los conceptos, salvo en el de negocios. Por ello, en este artículo de revisión tiene el objetivo se presentar perspectivas relevantes para comprender el entorno empresarial futuro de la Movilidad Aérea Urbana. Por ello, a nivel resultado, por un lado se presenta la potencial estructura y dimensión económica del futuro mercado de este sistema de transporte emergente, y, por otro lado, se describen los posibles modelos de negocio a surgir, una vez el sistema inicie operaciones. Como conclusión del estudio se puede afirmar que los planteamientos de los potenciales modelos de negocio de esta tecnología emergente técnicamente verificables y económicamente viables están recién en su fase inicial, pero se prevé una muy rápida puesta en marcha de algunos modelos de negocio una vez la Movilidad Aérea Urbana tenga las autorizaciones (regulatorias) para iniciar sus primeras operaciones comerciales.

Palabras clave: movilidad aérea urbana, modelos de negocio, mercado de tecnología emergente, innovación tecnológica.

Abstract— Urban Air Mobility is a novel concept that is expected to revolutionize urban transportation. This alternative for passenger and cargo transportation will offer air transportation services at urban and interurban levels. For several years, academia has been working on the dissemination of all the components and concepts of this emerging technology. After an exhaustive review of the literature, a rich and varied production of the subject is found in almost all concepts, except for business. Therefore, this review article aims to present relevant perspectives to understand the future business environment of Urban Air Mobility. Therefore, at the result level, on the one hand, the potential structure and economic dimension of the future market of this emerging transportation system is presented, and, on the other hand, the possible business models that will emerge once the system begins operations are described. In conclusion, the study states that the approaches to potential business models for this emerging technology that are technically verifiable and economically viable are only in their initial phase, but a very rapid implementation of some business models is expected once Urban Air Mobility has the (regulatory) authorisations to begin its first commercial operations.

Keywords: urban air mobility, business models, emerging technology market, technological innovation.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: oscardiazolariaga@usta.edu.co (Oscar Díaz Olariaga).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Como citar este artículo: O. Díaz-Olariaga, "Análisis de la potencial estructura de mercado y de negocio de la tecnología emergente Movilidad Aérea Urbana", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 13, no. 2, pp. 01-12 2025, doi: [10.15649/2346030X.3989](https://doi.org/10.15649/2346030X.3989)

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los avances tecnológicos en propulsión eléctrica han dado lugar a un impulso en el desarrollo de drones y, a la vez, han potenciado los avances hacia el desarrollo de vehículos aéreos de transporte de pasajeros para uso civil [1]. Este avance en la tecnología aeronáutica está sentando las bases para el nacimiento de un emergente sistema de transporte urbano denominado movilidad aérea urbana, o más conocido por su acrónimo en inglés UAM (Urban Air Mobility) (por practicidad, en adelante se usará el acrónimo en inglés para su referencia). Básicamente, el sistema UAM comprenderá la utilización de aeronaves de propulsión eléctrica, de despegue y aterrizaje vertical, y cuyo servicio (de transporte de pasajeros y carga) funcionará bajo demanda. El lanzamiento inicial del sistema probablemente contará con vehículos aéreos diseñados para una capacidad de dos a seis pasajeros, y en rutas fijas urbanas, interurbanas y regionales [2], [3], [4].

Ahora bien, la próxima implementación de la UAM de pasajeros (a nivel comercial), inicialmente en las grandes ciudades y/o regiones metropolitanas (y para mediados-finales de la presente década), hace necesario considerar escenarios de aplicación económicamente viables, que al mismo tiempo aborden las demandas reales de transporte de las comunidades [5], [6]. Siguiendo una perspectiva económica y de negocio, este artículo analiza, en primer lugar, la probable estructura del mercado UAM, y, en segundo lugar, y como complemento en el enfoque del estudio, tres modelos de negocio diferentes que, en un principio, podrían desarrollarse cuando en las ciudades de inicio el servicio UAM para pasajeros.

La investigación sobre modelos de negocio en el campo de la movilidad aérea urbana es bastante novedosa, por lo que muy pocas referencias se pueden encontrar en la literatura científica, aunque sí existen varios análisis y/o planteamientos no científicos en la denominada ‘literatura gris’. Un extenso y detallado estudio bibliométrico reciente [7] identificó que las publicaciones científicas relacionadas a la movilidad aérea urbana (aproximadamente 300), en el periodo 2017-2022, se centran, mayoritariamente, en los siguientes aspectos: (a) cálculos / proyecciones de demanda; (b) factores que podrán afectar la demanda del servicio UAM; (c) aceptación / aprobación por parte de la sociedad al servicio UAM; (d) localización de los vertipuertos y estructura y/o configuración de la red UAM; y (e) aspectos operacionales y gestión del espacio aéreo. El estudio identifica muy pocas investigaciones académicas sobre la dimensión económica y de negocio de la UAM. Otros estudios bibliométricos (también exclusivamente de publicaciones científicas), presentan los mismos resultados [8], [9], [10]. Y, finalmente, una búsqueda propia realizada por la presente investigación (en bases de datos digitales tales como: ScienceDirect, IEEE Xplore, Taylor & Francis, Springer, Wiley, SAGE y JSTOR), obtuvo los mismos resultados antes citados. Por ello, esta investigación tiene el objetivo de cubrir ese vacío en la literatura científica, al presentar un análisis, al menos básico, de las características más generales del futuro mercado UAM, y, por otro lado, evaluar posibles modelos de negocio de este emergente sistema de transporte.

Entonces, este artículo está organizado de la siguiente manera. Después de la introducción, se presenta la metodología, donde se describe que se utilizó la técnica ‘mapeo sistemático’ (método habitual en trabajos de revisión). En una sección posterior se desarrolla el marco conceptual, donde se mencionan, a nivel básico, los fundamentos relevantes de la Movilidad Aérea Urbana, siempre en el contexto de la presente investigación (en donde fue posible se obvió todo contenido puramente tecnológico / aeronáutico que escapa al alcance y enfoque del estudio aquí presentado). Paso seguido, y en varias secciones, se desarrolla el núcleo principal del artículo. Finalmente, el trabajo se cierra con las oportunas conclusiones.

II. 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 que es relevante para un determinado tema de investigación [11], [12], [13], [14], [15]. El objetivo de esta revisión es mostrar una perspectiva general del campo científico relacionado, en este caso, el de estructura de mercado y desarrollo de modelos de negocio de la futura Movilidad Aérea Urbana. Este 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: ‘cómo se configurarán / generarán los modelos de negocio que hagan económicamente viable la Movilidad Aérea Urbana’. 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 utilizaron los siguientes descriptores, asociados al núcleo del trabajo (Urban Air Mobility): social acceptance, support infrastructure, certification, possible barriers (social, legal, regulatory, operational), market actors, legal aspects, vertiports, VTOL vehicles, operation, economic regulation, competition, regulatory framework, drones, policies, market structure, business models, transport services, market management, demand forecast, market behavior.

El periodo temporal de búsqueda es 2013-2024 (ambos inclusive), aunque la mayoría de las publicaciones encontradas y seleccionadas son muy recientes, debido 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 el campo de estudio (o de investigación) ‘Movilidad Aérea Urbana’; (b) se incluyeron estudios editados en idioma inglés y español; (c) se incluyeron todos los estudios que proponen lineamientos en materia comercial, económica y de gestión de la UAM; (d) se incluyeron casos de estudios, siempre y cuando aportaran un marco conceptual relacionado y con resultados concretos, medibles y comparables; (e) se incluyeron informes y/o estudios técnicos con base científica sólida; (j) se incluyó ‘literatura gris’ siempre y cuando presentara un fundamento teórico sólido, riguroso y formal; (e) se excluyeron artículos sin diseño de investigación y sin una pregunta de investigación bien definida; (f) se excluyeron revisiones terciarias. Finalmente, en cuanto al conducta de la búsqueda, se aplicaron dos filtros de revisión: (a) primer filtro de revisión: título del artículo y resumen; (b) segundo filtro de revisión: texto completo del artículo.

III. MARCO CONCEPTUAL

a. Definición

Movilidad aérea urbana se refiere a un emergente sistema de transporte aéreo que utilizará vehículos aéreos (tripulados y/o no tripulados) de despegue y aterrizaje vertical, seguros, eficientes y sostenibles, para el transporte de pasajeros y/o mercancías en trayectos urbanos, interurbanos y regionales [16], [17], [18]. La UAM se enfoca en el transporte de corta y media distancia, en el rango aproximado (previsto) de 3 a 35 km, para vehículos con una capacidad máxima de 2 pasajeros, y hasta 250-300 km con una capacidad máxima de 6 pasajeros, conectando destinos interurbanos y a nivel regional (a esta modalidad de transporte, a nivel regional, se la conoce como Movilidad Aérea Avanzada (AAM – Advanced Air Mobility) [19]. Los vehículos aéreos que prestarían servicios UAM volarían en espacios aéreos de baja altitud (100–1.000 metros) [20]. Seguridad (física y operacional), comodidad, protección del medio ambiente, practicidad logística, y ahorro de tiempo (en desplazamiento) se prevé serán las principales características de la UAM [21].

b. Componentes básicos de la Movilidad Aérea Urbana

La UAM, como nuevo modo de transporte, implica el uso de muchas tecnologías, algunas de las cuales ya se aplican en el sector de la aviación. Sin embargo, las tecnologías existentes necesitan modificaciones y adaptaciones para satisfacer la futura demanda de los servicios UAM [3], [22], [23]. A continuación, se mencionan los componentes principales del sistema UAM (solo los que entran dentro del alcance y enfoque de la presente investigación).

Vehículo aéreo VTOL: los vehículos aéreos de despegue y aterrizaje vertical (más conocidos por su acrónimo en inglés, VTOL, Vertical Take-Off and Landing) serán los que presten los servicios UAM [24], [25]. Actualmente existen muchos prototipos (la mayoría de propulsión eléctrica) en fase de desarrollo (incluso algunos ya en proceso de certificación), con capacidades de entre 1 y 6 pasajeros, con tiempos de vuelo de entre 25 y 350 minutos, y rangos de alcance de entre 3 y 300 km [20], [26], [3].

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 (terrestres) de soporte a las operaciones UAM serán los denominados vertipuerto, el cual se define 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 y que incluye edificios e instalaciones asociadas’ [16], [27]. Se estima que, al inicio de la era UAM, la superficie que demande un vertipuerto sea de entre 3.000 m² y 12.000 m², dependiendo del número de alturas (o niveles) de la infraestructura, superficie que probablemente irá creciendo a medida que aumente la demanda UAM [28], [29], [30], [31].

Gestión del espacio y tráfico aéreo: incorporar las operaciones de la UAM al sistema nacional del espacio aéreo, particularmente en las proximidades de los principales aeropuertos, presenta un desafío importante. Para operar vehículos UAM de manera segura y eficiente en el espacio aéreo urbano, será necesario establecer sistemas apropiados de gestión de infraestructura y espacio aéreo. Esto debe incluir sistemas de gestión del tráfico para garantizar una separación segura entre los vehículos aéreos UAM y otras aeronaves (en vuelo comercial, privado, militar, etc.), y evitar así accidentes aéreos [33], [34], [35].

IV. ESTRUCTURA DEL MERCADO UAM

a. Actores del mercado UAM

El mercado UAM constará de diferentes actores, a continuación se mencionan los más probables (y principales) y se describen algunas de sus características y funciones [36], [31], [37], [6], [3], [38], [39], [40], [41].

El gobierno nacional. Las autoridades, a nivel nacional / central, deberán establecer lineamientos de políticas (públicas) nacionales, órganos estatutarios (p. ej., autoridades especiales de planificación) y comités encargados de certificar, aprobar y monitorear el desarrollo del sistema UAM en todos sus componentes funcionales (técnico, operativo, jurídico / legal, comercial, etc.) según los estándares (leyes y/o regulaciones) apropiadas, que también deberán formular y poner en ejecución los gobiernos centrales.

El gobierno local / regional. Las autoridades locales tendrán las competencias, y responsabilidad, de facilitar y promover el despliegue de la UAM en sus ciudades / regiones. Los gestores locales / municipales harán del sistema UAM, en especial de su infraestructura de soporte, una consideración de rutina en la planificación urbana, además podrán, por ejemplo: desarrollar ordenanzas / normativas locales relacionadas (uso del suelo, ambiental, etc.), asignar presupuestos al desarrollo de la infraestructura de la UAM, desarrollar asociaciones público-privadas para acelerar el desarrollo del sistema UAM, etc., todo ello dando respuesta a las necesidades de movilidad y conectividad de sus comunidades.

Proveedor (y/u operador) de infraestructura terrestre de soporte. La provisión y operación de infraestructura terrestre (red de vertipuertos) es esencial para la introducción exitosa de la UAM. La infraestructura terrestre puede ser suministrada por empresas públicas, asociaciones público-privadas o empresas privadas. Debido a los altos costos de inversión, podría surgir un monopolio natural. Para otros modos de transporte, este problema a menudo se resuelve poniendo la infraestructura bajo la responsabilidad de un organismo público o regulando estrictamente al proveedor de la infraestructura.

Proveedor de la plataforma de servicios comerciales. El proveedor de la plataforma interactúa directamente con el cliente final (el pasajero) y le ofrece (y vende) el servicio UAM. El proveedor de la plataforma puede ser una empresa que organiza servicios de diferentes proveedores de servicios y luego los vende, o puede ser una empresa que solo ofrece una plataforma digital para ofertas de servicios de uno o varios proveedores. Debido a los efectos de la red, un número reducido de proveedores parece ser más eficiente, pero podría dar lugar a un fuerte poder de mercado de uno o unos pocos jugadores, lo que nuevamente podría generar ineficiencias.

Prestador del servicio de transporte. Las funciones y competencias del prestador del servicio de transporte UAM serán: el desarrollo de la programación de viajes (rutas y destinos) y la gestión de la flota de vehículos aéreos (incluida la carga / repostaje, la programación del mantenimiento, la reparación y la revisión (MRO, su acrónimo en inglés)). Dependiendo del modelo de negocio, esta empresa puede interactuar directamente con el cliente final u ofrecer su servicio de transporte a través de una plataforma externa. En los casos de contacto directo con el cliente, el proveedor de servicios también puede operar la plataforma ya sea abarcando las ofertas de otros proveedores de servicios o solo sus propios servicios de transporte.

Proveedor de infraestructura de comunicaciones (TIC). La infraestructura de comunicaciones es un requisito previo necesario para la UAM, especialmente cuando se esperan altos niveles de automatización. Se estima que el mercado esté dominado por uno o muy pocos proveedores debido a los altos costos fijos. Es probable que, inicialmente, esta tipología de actor sea cubierta por los actuales proveedores (privados) de telecomunicaciones en los países.

Propietario del vehículo aéreo. La empresa propietaria de los vehículos aéreos puede ser la empresa que también proporciona el servicio UAM o una empresa de arrendamiento independiente cuyo único negocio es arrendar vehículos aéreos a operadores de servicios. Esto podría suceder a través de un contrato de arrendamiento a largo plazo o mediante contratos a corto plazo y flexibles.

Proveedor de la gestión del tráfico aéreo de la UAM. La discusión sobre la provisión de este servicio está todavía en sus comienzos, se espera que un organismo público (por ejemplo, la autoridad nacional de aviación o aeronáutica) o privado (pero bajo concesión y control público estatal) gestione / opere el tráfico aéreo (de baja altitud) de la UAM.

En definitiva, actualmente se están realizando pocas investigaciones en estos conceptos. Todavía se necesita mucha investigación para identificar quién va a estar activo en qué campos de responsabilidad y cómo esto se traduce en diferentes niveles de competencia en los diferentes niveles del mercado y en modelos comerciales adecuados.

b. Servicios probables del mercado UAM

La Movilidad Aérea Urbana revolucionará la forma en que las personas viajan al trabajo, a sitios turísticos o de ocio, y a otros destinos urbanos / interurbanos claves, como así también los servicios logísticos. Los servicios UAM de pasajeros y de carga podrían tener efectos socioeconómicos de gran alcance, incluido cambios en la ubicación de viviendas y empresas debido a la disponibilidad de un transporte muy rápido y versátil [42]. El surgimiento de la UAM generará una variedad de nuevos servicios, a saber [4], [37], [41], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51], [52]:

- Servicios de transporte de carga / flete:
 - Servicio de entrega de paquetes (o mensajería) dentro de la ciudad y a bajo costo.
 - Transporte premium de mercancías de alto valor / transporte urgente.
 - Servicio rápido (o prioritario) de transporte de equipaje desde/hacia el aeropuerto.
- Servicios de transporte de pasajeros (de 1 a 6 personas):
 - Servicios regulares programados, es decir en rutas a destinos fijos preexistente, a nivel urbano, interurbano y regional;
 - Servicios a demanda (por ejemplo taxi aéreo) a destinos urbanos e interurbanos, ya sea individuales o en grupos;
 - Servicios premium para clientes especiales (VIP);
 - Servicios de transporte hacia / desde el aeropuerto (este modelo de negocio seguramente lo ofrecerán las líneas aéreas para sus clientes premium, pasajeros que viajan en primera clase y/o ejecutiva);
 - Servicios de transporte corporativo o de empresa (este modelo de negocio puede ser desarrollado por la misma empresa, dependiendo de su tamaño, o por subcontratación a operadores especializados).
- Servicios médicos, de emergencias, de búsqueda y rescate (este modelo de negocio probablemente será ofrecido por proveedores-operadores privados a instituciones públicas y privadas).
- Servicios de inspección y monitoreo:
 - Diversos tipos de tareas de inspección en zonas rurales;
 - Oleoductos, redes de alta tensión y otras infraestructuras sensibles y/o estratégicas;
 - Control y vigilancia de fronteras;
 - Monitoreo y control del tráfico de la ciudad;
 - Varias aplicaciones de seguridad (privada);
 - Servicios diversos en la agricultura, ganadería y forestal.

c. Temporalidad del sistema / mercado UAM

La UAM pasará por varias etapas de evolución y desarrollo en los próximos años. Según varios estudios relacionados, se espera que la adopción de servicios de movilidad avanzados se produzca en varias etapas. Estas etapas se corresponderán con la transición de vehículos pilotados a vehículos totalmente autónomos y la expansión de los servicios UAM desde unas pocas ciudades (inicialmente grandes metrópolis) a múltiples ubicaciones en muchos países. La primera etapa ya está en desarrollo, y en la cual se formula todo el marco regulatorio, normativo y legal de este nuevo sistema de transporte. Se estima que esta etapa se extienda, al menos, hasta mediados de la presente década. Una vez terminada esta etapa, se podrá iniciar los servicios UAM, previsto para finales de la presente década (o incluso antes), y a diferentes velocidades en distintas ciudades / regiones del mundo.

Actualmente, existen 207 ciudades, en 57 países de todo el mundo, desarrollando planes de lanzamiento para servicios de Movilidad Aérea Urbana [53]. Los servicios UAM iniciales se lanzarán en China (en las ciudades de Guangdong, Hong Kong, y Macao) y en Francia (en París) en el 2024; Corea del Sur, Estados Unidos y Japón lanzarán redes UAM con diferentes plataformas entre 2025 y 2026. De entre las ciudades / regiones metropolitanas que lanzarán los primeros servicios UAM para pasajeros, entre 2025 y 2026, se encuentran: Incheon, Osaka, Roma, Miami, Nueva York, Dubái, Abu Dabi, San Francisco, Montreal, Singapur, Tokio, Barcelona, Múnich, Melbourne, y Groninga [54].

Se estima que para mediados de la próxima década el sistema y mercado UAM ya muestre una sólida consolidación. Y en una etapa final de desarrollo del mercado, posiblemente para principios de la década de 2040, se prevé que el despliegue comercial de los servicios de pasajeros y carga de la UAM será generalizado (en muchas ciudades / regiones del mundo) y habrá logrado una automatización total [55], [37], [56], [57].

d. Dimensión estimada del mercado UAM

Algunos estudios estiman que el mercado UAM para la movilidad de pasajeros y carga en los Estados Unidos alcance aproximadamente USD 115 mil millones para 2035, donde se espera que el mercado de movilidad de pasajeros alcance los USD 57 mil millones [55] (ver Figura 1).

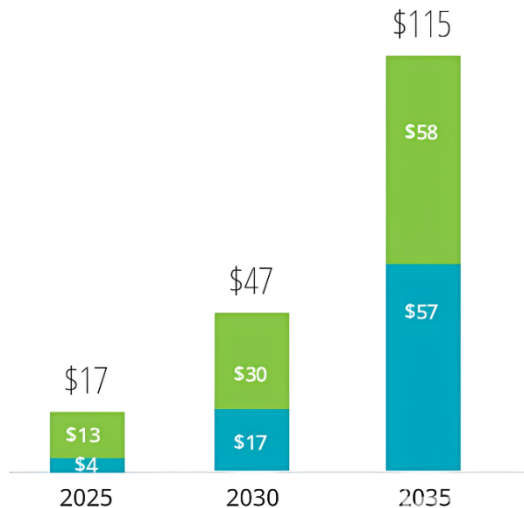


Figura 1: Estimación del desarrollo del mercado UAM en Estados Unidos. Descripción: el color celeste el volumen de negocio previsto para el mercado logístico (transporte de carga), y en color verde el mismo indicador para el mercado de transporte de pasajeros. Cifras en miles de millones de dólares USA. Fuente: Deloitte [55].

Y, por otro lado, se estima que el mercado de movilidad aérea de transporte de carga (tanto con vehículos VTOL tripulados como no tripulados o drones), a nivel global, y para el año 2025, alcance los USD 58 mil millones [37] (ver Figura 2). Si bien el mercado de movilidad de carga probablemente será el primero en crecer y alcanzar escala, se espera que el mercado de movilidad de pasajeros comience lentamente, pero alcance y supere al primero para 2040 (o incluso antes).

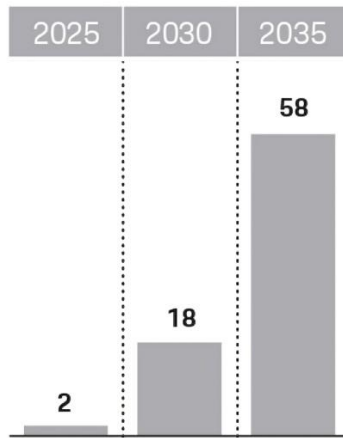


Figura 2: Previsiones del mercado UAM logístico (transporte de carga) a nivel global. Cifras en miles de millones de dólares USA. Fuente: Cohen et al. [37].

Otros estudios estiman que el mercado mundial de la UAM en 2035 tendrá una dimensión económica de aproximadamente USD 230 mil millones, incluyendo todos los servicios (transporte de pasajeros y carga, servicios de monitoreo y control, etc.), con un parque de vehículos aéreos comerciales (incluido todos los tamaños) de aproximadamente 200.000 [50], [51], [37], [58], [59]. Estos estudios estiman que la región de Asia-Pacífico (con China como principal actor de dicho mercado geográfico) capte alrededor del 45 por ciento de mercado global UAM de transporte de pasajeros para 2035, seguido por Estados Unidos con aproximadamente el 30% del mercado, y finalmente Europa y el resto del mundo se quedarán con el 25% restante. Finalmente, otro estudio estima en 9 billones de dólares USA el Mercado Total Direccional o TAM (Total Addressable Market) a nivel global [83] (ver Figura 3).

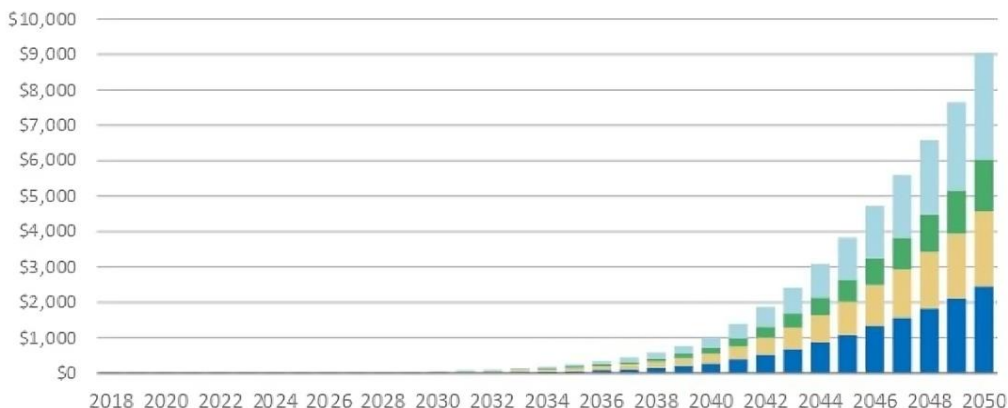


Figura 3: Previsión del Mercado Total Direccionable o TAM (Total Addressable Market) a nivel global de la UAM. Descripción: el color azul el mercado de Estados Unidos, en color amarillo el mercado de China, en color verde el mercado de Europa, y en color celeste el resto del mundo. Cifras en miles de millones de dólares USA.

Fuente: Morgan Stanley [83].

V. RESULTADOS

a. Estructuración

Como se mencionó en una sección anterior, son varios los servicios que las UAM podrá ofrecer (los cuales muy probablemente cambien o se consoliden a medida que este modo de transporte evolucione en el tiempo) en respuesta a las necesidades y/o preferencias de los diferentes segmentos de consumidores. Ahora bien, varios estudios prevén que inicialmente la UAM se desarrollará en tres modelos de negocio, a saber [41], [60], [50], [61]: (1) transporte hacia / desde el aeropuerto, (2) transporte corporativo, y (3) transporte interurbano y regional. A continuación, se procede a desarrollar en detalle cada uno de estos modelos de negocio. La presentación y evaluación de estos tres modelos de negocio se estructura de la siguiente manera: (a) se describen las principales características del modelo de negocio; (b) se menciona el cliente objetivo (potencial o previsto) del modelo de negocio; (c) se desarrolla la propuesta de valor de modelo de negocio en cuestión; (d) se desarrolla la probable gestión de los recursos asociados, o inherentes, al modelo de negocio particular; (e) se describe la probable estructura de costos del modelo de negocio analizado; (f) se presenta la probable estructura de ingresos del modelo de negocio; (g) y, finalmente, se citan y analizan los probables obstáculos y desafíos del modelo de negocio en cuestión. Y finalmente, se presenta un comparativo de resultados, según modelos de negocios analizados y criterios utilizados en los análisis, entre la actual investigación y otros estudios relacionados.

b. Transporte desde / hacia el aeropuerto

Características. La accesibilidad del aeropuerto es un factor clave en la elección de este a la hora de programar un viaje [62]. Actualmente, muchos aeropuertos alrededor del mundo (en especial los más grandes) enfrentan problemas relacionados con largos tiempos de acceso terrestre a los mismos. Las fuentes de estas dificultades pueden ser múltiples: pueden ser las largas distancias entre un aeropuerto y el principal centro urbano al que sirve, una accesibilidad inadecuada por medio del transporte público o la congestión en las rutas de acceso terrestre [63]. Por lo tanto, las aerolíneas que utilizan dichos aeropuertos como nodos clave en su red podrían buscar soluciones para eliminar estos problemas y las desventajas competitivas relacionadas en comparación con otras aerolíneas que utilizan aeropuertos más accesibles en las cercanías. En este contexto, la UAM se presentaría como una oportunidad para viajes rápidos entre el aeropuerto y los centros urbanos, lo que podría despertar el interés de, por ejemplo, el operador del aeropuerto, o una aerolínea (o alianza de aerolíneas) en dicho sistema. Las posibles ventajas son la baja vulnerabilidad a los atascos, los tiempos de viaje rápidos y la fácil integración en el espacio urbano debido a los bajos requisitos de espacio para los vertipuertos [64]. Por lo tanto, el objetivo de este servicio sería el de añadir un medio adicional de transporte de 'última milla' para los pasajeros aéreos con los objetivos principales de reducir los tiempos de traslado (hacia / desde el aeropuerto) y aumentar la comodidad [50]. La accesibilidad al aeropuerto para los vehículos VTOL debe garantizarse de la forma más directa posible, preferiblemente con el vertipuerto ubicado (e integrado) en el recinto del aeropuerto.

Segmento de clientes objetivo. El principal grupo de clientes son los pasajeros de líneas aéreas que deben desplazarse entre el aeropuerto y la ciudad / región. Se prevé que los precios, inicialmente, sean altos y muy superiores a los de los viajes en taxi. Por lo tanto, este servicio de transporte UAM estará dirigido principalmente a pasajeros premium que viajan en primera clase y clase business, es decir, principalmente a viajeros de negocios y perfiles de alto poder adquisitivo.

Propuesta de valor. El factor clave, con diferencia, más importante para que estos pasajeros utilicen los servicios de transporte UAM es el ahorro de tiempo en los traslados, y, obviamente, la comodidad, en comparación con los medios de transporte actuales [21]. Se prevé que el precio no jugará un papel esencial como variable de decisión del pasajero, considerando el segmento de clientes previsto. Este servicio podría ser ofrecido por una empresa creada a tal efecto, o por el operador del aeropuerto, o incluso por una aerolínea (o alianza), que al implementar un servicio de este tipo en su cartera podría tener una ventaja competitiva al ofrecer nuevos servicios premium a sus clientes.

Gestión de los recursos. Se requiere una alta utilización del vehículo aéreo VTOL y de la flota para obtener la máxima generación de ingresos. Esto sólo puede lograrse mediante procedimientos operativos sofisticados. Como se mencionó anteriormente, los principales clientes de un servicio de transporte al aeropuerto de la UAM son los pasajeros premium de las aerolíneas. En este sentido, las aerolíneas tienen una ventaja significativa, como potenciales operadores UAM de este servicio, debido a que ellas mismas proporcionan la base de clientes para el servicio de transporte al tener acceso a estos clientes [41]. En otro orden, la aerolínea, o cualquier empresa que opere este servicio UAM, requiere cooperación con los aeropuertos para construir la infraestructura terrestre necesaria (vertipuertos) en sus instalaciones.

Estructura de costos. Aunque no existe una experiencia previa, se estima que las inversiones sean elevadas, por un lado, en la infraestructura necesaria y, por otro, en la adquisición de los vehículos aéreos VTOL. Esto último está relacionado con la introducción de un nuevo producto que se basa en una tecnología probablemente costosa y que no se produce en masa en las primeras etapas de entrada al mercado. Además, es de suponer que el funcionamiento de vehículos tan caros se verá impulsado por unos costes operativos directos elevados. Estos incluyen trabajos de mantenimiento, costos de personal, servicios (energía, comunicaciones, etc.), seguros, tasas aeronáuticas, seguridad (física), etc. En los lugares de aterrizaje cercanos al aeropuerto o en el mismo pueden surgir costes adicionales en el funcionamiento del servicio de enlace con el aeropuerto.

Estructura de ingresos. Para cubrir los costes, los ingresos por pasajero deben ser elevados en comparación con los del transporte público clásico. Otra razón de los precios elevados es la baja capacidad de transporte de pasajeros durante la fase de introducción, mientras que los costes siguen siendo elevados, incluso mucho después de la introducción del servicio. Pero, a pesar de las tarifas elevadas, se prevé que exista capacidad de pago, ya que como se mencionó con anterioridad, este servicio UAM se dirige, principalmente, a pasajeros aéreos premium (primera clase y clase ejecutiva).

Obstáculos y desafíos. Aunque los puntos mencionados anteriormente podrían indicar un modelo de negocio válido para los servicios de transporte al aeropuerto de la UAM con suficiente demanda, este concepto enfrentará, inicialmente, un importante obstáculo de tipo operativo y de seguridad operacional [65]. El principal problema para solventar es la integración del este servicio UAM en el espacio aéreo controlado alrededor y en los aeropuertos [18], [44]. Para ello será necesario disponer de una regulación clara y precisa sobre la compatibilidad del uso y gestión de espacio aéreo compartido para garantizar la seguridad operacional tanto de los aviones que operan en el aeropuerto como de los vehículos VTOL que prestan servicios UAM [66]. En algunos países, las autoridades nacionales de aviación ya están trabajando en la formulación de regulaciones y normativas sobre la gestión del tráfico aéreo UAM [16], [67], [44].

c. Transporte corporativo

Características. Es probable que la demanda del mercado de servicios de pasajeros UAM surja tanto de las necesidades de transporte de los individuos como de las empresas en su esfuerzo por optimizar los viajes de negocios y los procesos de producción [69]. El transporte UAM corporativo sería uno de iniciativa y explotación exclusivamente privada. La idea subyacente es que las grandes empresas o corporaciones industriales, ya sea de forma individual o en consorcio, desarrollen y operen una red compartida de vertipuertos situados en sus propias instalaciones. Por tanto, el funcionamiento es relativamente rígido y se lleva a cabo dentro de una red de rutas fijas y predefinidas. Si bien el diseño de un sistema de este tipo acelera principalmente el transporte entre los complejos de las empresas, éstos suelen estar bien conectados con centros de infraestructura de tráfico relevantes y, por lo tanto, es probable que permitan un transporte posterior eficiente en términos de tiempo y recursos. El efecto inmediato del concepto será entonces el transporte acelerado de, por ejemplo, empleados de la empresa (y no solo altos ejecutivos), clientes, personal relevante de empresas proveedoras y/o distribuidores, cierto tipo de bienes o mercancías (de alto valor), etc. [60].

Segmento de clientes objetivo. El modelo de negocio se dirige principalmente a empresas que buscan optimizar sus procedimientos operativos u ofertas de servicios mejorando sus opciones de transporte de personal y mercancías. Pensando en la formación de un consorcio de operadores, los miembros relevantes pueden ser actores industriales y empresas de servicios que buscan un transporte eficiente en el tiempo entre sitios de producción, es decir, abordando toda la cadena de viajes [69]. Sin embargo, los miembros del consorcio también pueden provenir de diferentes sectores. Por ejemplo, se pueden considerar la industria hotelera, así como lugares para conferencias y eventos. En el futuro, el servicio podrá estar abierto a empresas externas que no formen parte del consorcio operativo pero que puedan adquirir capacidades para que sus propios empleados utilicen el servicio.

Propuesta de valor. La propuesta de valor más importante de un servicio de este tipo debe ser el transporte acelerado del personal asignado en comparación con los métodos de transporte convencionales actuales, como las flotas de vehículos de empresa, o servicio similar provisto externamente. Dado que el servicio previsto no interferirá con el transporte público terrestre, se espera de los usuarios una mayor fiabilidad del servicio y, al fin y al cabo, una gran flexibilidad en el funcionamiento [41]. Dependiendo de los vehículos aéreos VTOL, el transporte de mercancías también se vuelve factible, minimizando así los tiempos de inactividad de la producción. En general, el servicio UAM aumenta la movilidad de personas y mercancías entre diferentes sedes de una empresa o entre varias empresas. Esto constituye la base para un mayor intercambio de información, una cooperación más estrecha e incluso la implementación de conceptos de economía colaborativa entre los miembros del consorcio [70]. Además, debe considerarse que el establecimiento de un servicio UAM corporativo contribuye a la mejora del valor de las infraestructuras existentes, como las plataformas de aterrizaje para helicópteros, mientras que el cambio de helicópteros a vehículos VTOL podría conducir a ahorros de costes operativos en el futuro.

Gestión de los recursos. Existen numerosas circunstancias que sugieren una implementación inicial de la UAM en un marco del sector privado. Ahora bien, en esta actividad que cabe mencionar que se deberá cumplir los requisitos legales (cuando estos existan) para el desarrollo y utilización de infraestructuras UAM en terrenos privados [71]. Por ejemplo, posiblemente, los vertipuertos a construir dentro de las instalaciones de las empresas pueden enfrentar menos restricciones (de seguridad, ambiental, etc.) para ser aprobados por las autoridades competentes y, por lo tanto, es probable que se construyan en forma más rápida y rentable [72]. Es probable que en las instalaciones industriales se pueda disponer de un suministro de energía para recargar los vehículos aéreos VTOL de propulsión eléctrica. Además, las empresas operadoras pueden facilitar la infraestructura de seguridad existente en las instalaciones de la empresa o de la fábrica para controles de seguridad y atención al cliente. Otro aspecto clave es la integración de la red de la empresa con centros de tráfico e infraestructura de transporte relevantes que actualmente permiten a los empleados viajar hacia y desde el trabajo. En otro orden, será necesario la programación, planificación y supervisión del transporte aéreo UAM de personas y mercancías entre las instalaciones participantes de acuerdo con los requisitos del control del tráfico aéreo local. Además, el consorcio deberá mantener la infraestructura terrestre pertinente. Finalmente, el operador debe asumir la responsabilidad de garantizar un viaje sin interrupciones después de un vuelo de vehículos VTOL hacia el destino final, lo que exige una gestión integral de las capacidades de transporte complementarias proporcionadas por los miembros del consorcio, por ejemplo, acceso común a flotas de automóviles y servicios de chófer, etc.

Estructura de costos. Los costos directos surgen de la construcción y mantenimiento de la infraestructura de soporte (vertipuerto y otras instalaciones relacionadas), y del arrendamiento o la compra de vehículos aéreos VTOL, incluido su mantenimiento, suministro de energía, así como de la operación de los vehículos VTOL, y posiblemente el pago de tasas aeronáuticas (al proveedor del servicio de control / gestión del tráfico aéreo). Será necesario incurrir en costes de personal como así también es seguros.

Estructura de ingresos. Los ingresos se podrán generar por la apertura del servicio a clientes y/o agentes / actores externos, es decir, empresas o particulares que no forman parte del consorcio empresarial. Por otro lado, el modelo de negocio brinda la oportunidad de una expansión sucesiva de las operaciones y un crecimiento económico sostenible al abrir este modo de transporte exclusivo-restringido, a, por ejemplo, una asociación público-privada con los municipios, donde el servicio UAM podrá cubrir las necesidades de transporte de los empleados de la ciudad / región.

Obstáculos y desafíos. La ventaja de este modelo de negocio es que los costos de inversión y operación de dicho servicio UAM se pueden distribuir entre varios socios, al mismo tiempo que se adapta el servicio a las necesidades de los miembros. Sin embargo, el requisito previo para la creación de un consorcio de operadores de este tipo es que todas las partes implicadas puedan generar un valor añadido relevante a partir del uso de vehículos aéreos VTOL. En consecuencia, las consideraciones iniciales deben basarse en un análisis de proceso interno. La pregunta clave es cómo se puede utilizar UAM de manera significativa para optimizar los procedimientos internos de producción y negocios [41]. Una cuestión central es si un modelo de negocio de este tipo puede utilizarse para lograr efectos de sinergia económicamente relevantes dentro de un consorcio entre empresas. ¿Se pueden optimizar las cadenas de transporte mediante una red compartida de vertipuertos privados? ¿Dónde permite la UAM un mayor potencial para compartir recursos o contribuir a su mayor utilización dentro de los consorcios? Se puede tomar un enfoque de trabajo a partir del funcionamiento de redes empresariales regionales cuyo objetivo es identificar y promover efectos de sinergia en su red. En este caso, la UAM ofrece nuevas oportunidades para la innovación, por ejemplo, como base para una economía compartida de bienes y mano de obra. Otro aspecto relevante para la valoración del modelo de negocio presentado es el marco legal [71]. Los sitios industriales en particular representan infraestructuras críticas, entonces, hasta qué punto será posible el funcionamiento de la UAM en las instalaciones de la empresa es aún cuestionable mientras no existan normas vinculantes para el diseño de vertipuertos privados y su funcionamiento, aunque ya existe regulación para la construcción de vertipuertos públicos [16], [27]. Por otro lado, se deberá garantizar la seguridad y la salud en el trabajo y tomar medidas para adaptarse a los impactos de un servicio de transporte sin precedentes.

d. Transporte interurbano y regional

Características. El modelo de negocio que aquí se presenta se refiere al uso de vehículos aéreos VTOL para el transporte aéreo público de pasajeros tanto a nivel urbano-interurbano ('taxi aéreo urbano') como a nivel regional ('taxi aéreo regional') (conectando ciudades / regiones no necesariamente cercanas con respecto a las ciudades principales) [73], [74], [75], [76]. Se presupone que este servicio UAM será explotado y operado por un proveedor de transporte público. Aumentar la accesibilidad a ciudades / regiones relativamente alejadas de las grandes ciudades y, a través de ello, otorgar acceso a nuevos mercados laborales, eventos culturales y atención médica, al mismo tiempo que se promueve el crecimiento económico y se fomenta el turismo, es una oportunidad para las regiones actualmente rezagadas [48], [44], [45]. El servicio UAM propuesto podría cubrir el vacío dejado que otros modos de transporte, como el aéreo (convencional) o el tren (ya sea por falta de infraestructuras de soporte o por baja rentabilidad comercial de las rutas), al conectar ciertas ciudades / regiones de los países. Con este tipo de servicio UAM los gobiernos locales podrían fortalecer la conectividad de dichas regiones con las ciudades principales para evitar una mayor despoblación. En este caso, la UAM podría permitir servicios más flexibles y populares al ofrecer soluciones bajo demanda adaptadas a la demanda real en lugar de opciones programadas [2], [3], [4]. Incluir a la UAM en el sistema de transporte público tiene varias ventajas, la más obvia son las tarifas de transporte que permiten a todos los sectores de la sociedad utilizar esa oferta. Además de eso, el enfoque también puede fomentar un sistema integrado multimodal que, en el sentido de la sostenibilidad ambiental, opere en rutas que no conduzcan a una canibalización de las ofertas de transporte público existentes.

Segmento de clientes objetivo. Este modelo de negocio se dirige a un público amplio, desde viajeros hasta turistas, y para personas que viajan solas o en grupo (reducido). Los precios están en un rango que todos pueden pagar y todos los sectores de la sociedad tienen acceso al servicio [77]. Esto es esencial para encontrar un equilibrio social, especialmente para las ofertas de movilidad innovadoras. El servicio puede ayudar a las personas que viven fuera de las ciudades a acceder a los mercados laborales, así como a servicios sociales y culturales. El servicio está diseñado para satisfacer las necesidades de movilidad de toda la población, y ser completamente inclusivo, por ejemplo, incluyendo aquellas con movilidad reducida y/o discapacidades [19].

Propuesta de valor. El núcleo de este modelo de negocio es dar acceso a la movilidad a todos los segmentos de la sociedad. Ofrecer este tipo de servicio UAM bajo el paraguas del transporte público brinda a todos los sectores de la sociedad la oportunidad de utilizar el transporte aéreo interurbano para desplazarse a su lugar de trabajo, visitar a amigos y familiares o desplazarse a lugares de ocio. Además de eso, la instalación del servicio también brinda la oportunidad de un uso múltiple de dichos sistemas para, por ejemplo, permitir un transporte rápido también en casos de emergencia (ya sea médica o en situaciones de catástrofes) [78], [4]. Además de eso, el proveedor de transporte público UAM de una ciudad / región puede ayudar a fomentar la sostenibilidad en los siguientes conceptos: (1) reducir las emisiones relacionadas con el transporte, (2) promover la salud pública y (3) reducir el uso de suelo (para infraestructuras de transporte terrestre) [10], [79].

Gestión de los recursos. Los futuros operadores de este servicio UAM deberán coordinar con las autoridades locales el uso del suelo (según su planificación actual y futura) para la localización y construcción de los vetipuertos [80], [81]. Por otro lado, habrá que generar las plataformas digitales para la planificación, reserva y/o compra de los pasajes. La actividad clave del proveedor de transporte público es gestionar el transporte urbano de forma eficiente y sostenible. El proveedor de transporte público operaría la infraestructura terrestre, planificaría, publicitaría, vendería y operaría los vuelos del servicio UAM e integraría el servicio a un sistema de transporte multimodal. El mantenimiento tanto de la infraestructura como de los vehículos aéreos también se realizarán internamente para reducir el tiempo que los vehículos de la UAM permanecen en tierra.

Estructura de costos. Los costos resultan de la operación misma de los vuelos (consumo de energía, comunicaciones, tarifas / tasas por servicio de control / gestión del tráfico aéreo, adquisición, mantenimiento y revisión de vehículos), así como de la oferta general del servicio (sueldos, seguros e infraestructura). Si bien se puede esperar que los costos de infraestructura (diseño, construcción y mantenimiento de los

vertipuestos) sean los principales generadores de costos, los proveedores de transporte público tienen años de experiencia en la construcción, operación y mantenimiento de costosas infraestructuras de transporte. El apoyo de los gobiernos locales reduce el riesgo para el operador, ya que son posibles inversiones sólidas y a largo plazo a través de presupuestos públicos.

Estructura de ingresos. Incluir a la UAM en el sistema de transporte público y centrarse en rutas que aumenten la accesibilidad y fomenten el desarrollo económico podría llevar a la necesidad de cierto tipo de subsidios para este nuevo servicio. Si bien las rutas lucrativas podrían autofinanciarse, otras podrían depender de ayudas públicas. Aun así, asumir que la UAM, al inicio de su desarrollo y evolución, sea un servicio premium podría justificar un recargo por su uso en comparación con otras tarifas de transporte público convencionales.

Obstáculos y desafíos. En muchos países el transporte público es un servicio de interés público que a veces está enormemente subvencionado por el gobierno y que a menudo tiene como objetivo transportar a un gran número de personas de la forma más eficiente, o específicamente pretende ofrecer ofertas de servicios de transporte para todos los sectores de la sociedad. Ahora bien, este modelo de negocio UAM podría proporcionar conectividad mejorada para ciertas ciudades o regiones, y, por lo tanto, estar muy en línea con la idea de un servicio de interés público. Dado que la UAM no es un servicio de transporte masivo de pasajeros, el diseño del servicio debe adaptarse a una operación prometedora que esté más relacionada con los servicios actuales bajo demanda y a nivel interurbano y regional [47]. En general, la incorporación de la UAM al transporte público ofrece oportunidades y desafíos. Un servicio UAM ofrecido públicamente promete ser asequible para gran parte de la sociedad y apunta específicamente a mejorar la conectividad. Se trata de oportunidades para acceder a nuevos mercados comerciales y laborales y, por tanto, fomentar el desarrollo económico en ciudades / regiones. La operación a través del proveedor de transporte público también evita el riesgo de una selección selectiva a través de un operador privado de la UAM, una situación en la que los servicios sólo se ofrecerían en rutas rentables, quitando demanda a rutas de transporte público enormemente subvencionadas [82]. Sin embargo, también plantea dificultades incluir en la cartera de transporte público un servicio de transporte que no es adecuado para el transporte masivo, que tiene altos costos operativos y fijos y que su funcionamiento es bastante diferente en comparación con otros modos de transporte público. Esto es especialmente cierto porque los impactos a largo plazo todavía son difíciles de prever. Será necesario realizar un análisis exhaustivo para identificar rutas en las que la UAM ofrece ventajas también en el consumo de energía para fomentar la voluntad política de apoyar la movilidad aérea bajo demanda, especialmente como parte del sistema de transporte público [42]. Finalmente, las soluciones de movilidad innovadoras proporcionadas y apoyadas por las autoridades locales son un factor de marketing prometedor para una ciudad / región, ya que la innovación es un detonante para las empresas, así como para las comunidades.

e. Análisis comparative

Como se mencionó con anterioridad, la bibliografía científica (e incluso la ‘literatura gris’) presenta, a la fecha, pocos estudios sobre los potenciales modelos de negocio de la Movilidad Aérea Urbana, asimismo, en la Tabla 1 se presenta una comparativa entre la presente investigación y estudios relacionados encontrados en la literatura científica y ‘gris’, en lo que respecta a los modelos de negocio estimados o probables (según los diferentes autores), y los criterios utilizados para analizar y evaluar dichos modelos de negocio.

Tabla 1: Comparativa de análisis de modelos de negocio UAM.

Investigación	Modelo de negocio UAM	Criterio de análisis
Actual	transporte hacia / desde el aeropuerto; transporte corporativo; transporte urbano y regional.	clientes objetivos; propuesta de valor; gestión de los recursos; estructura de costos; estructura de ingresos; obstáculos y desafíos.
NASA [18]	transporte al aeropuerto; taxi aéreo; ambulancia aérea	aspectos operacionales; estimación del precio del servicio; posible tamaño del mercado, externalidades potenciales; estimación de escenarios.
IFAR [79]	servicios logísticos (transporte de carga aérea vía drones); taxi aéreo; servicios médicos (p.e. ambulancia aérea); transporte de pasajeros a nivel regional; servicios de inspección y monitoreo.	descripción básica de las características de dichos modelos (sin profundizar el análisis).
Roland Berger [58]	servicios de transporte de pasajeros (taxi aéreo).	costos de desarrollo de infraestructura; operadores de los servicios; aceptación pública.
Roland Berger [59]	proveedores de servicios; proveedores de hardware; comercializadores (venta) de pasajes	regulación; costos operativos.
Cohen et al. [37]	servicios programados de transporte de pasajeros (según rutas y frecuencias); servicios de taxi aéreo	comportamiento de la demanda prevista;
Kreimeier et al. [68]	servicio de transporte de pasajero 'puerta a puerta'	política de precios; estimación de costos operativos
Porsche Consulting [50]	servicios de inspección; taxi aéreo; transporte de carga/paquetería (vía drones)	previsión de la demanda
Porsche Consulting [51]	taxi aéreo	política precios; costos operativos; estimación de la demanda

Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES

En la literatura científica se detecta un enorme vacío de estudios / investigaciones sobre cómo la tecnológica emergente de la UAM puede influir positivamente en el desarrollo socioeconómico de las ciudades / regiones, y sus comunidades, y al mismo tiempo permitir casos de negocios económicamente viables. Por lo que la presente investigación tiene el objetivo de cubrir ese vacío existente, a través, primero, de determinar la futura estructura del mercado UAM, y segundo, identificar, describir y analizar posibles opciones de modelos de negocio en el servicio UAM de pasajeros, aspecto que permite crear una visión general del sistema y su potencial comportamiento.

Ahora bien, debido al enfoque y alcance del presente estudio, muy probablemente no todos los factores que influyen en la evaluación de los respectivos modelos de negocio aquí analizados han sido mencionados y desarrollados, y que algún planteamiento de modelo de negocio ha quedado sin considerar. El desarrollo de modelos de negocio para la UAM sigue siendo un proceso iterativo, cuyo objetivo es reemplazar cada

vez más las hipótesis con hechos empíricos recopilados a lo largo del tiempo. Sin embargo, las observaciones hasta este punto muestran claramente que el debate sobre modelos de negocio de la UAM técnicamente verificables, económicamente viables y socialmente significativos está lejos de terminar. Sólo un debate crítico sobre los modelos de negocio de la UAM puede conducir eventualmente a una creciente aceptación del uso económico de la UAM en el espacio aéreo público y a mayores inversiones necesarias para su implementación.

La implementación y posterior desarrollo del mercado-sistema UAM se encuentra en sus primeras etapas, siendo el desarrollo regulatorio, normativo y legal, de los diversos aspectos de la UAM, los pasos más importantes hacia su realización. Sin embargo, las ideas aquí presentadas podrían ser útiles para que los formuladores de políticas, gestores / planificadores urbanos, las autoridades (nacionales / locales) responsables y el sector empresarial estén atentos al rápido avance de esta tecnología emergente, y preparen el escenario de entrada de los servicios UAM, a la vez que deberán trabajar para aumentar la conciencia pública y maximizar la aceptación social de este nuevo modo de transporte urbano.

VII. REFERENCES

- [1] A. Sinha, A. y S. Rajendran, “Study on facility location of air taxi skyports using a prescriptive analytics approach”, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 18, 100761, 2023, DOI: [10.1016/j.trip.2023.100761](https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100761).
- [2] B. Ahn y H. Hwang, (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, 2022, DOI: [10.3390/app12126077](https://doi.org/10.3390/app12126077).
- [3] J. Pons-Prats, T. Zivoinovic y J. Kuljanin, “On the understanding of the current status of urban air mobility development and its future prospects: Commuting in a flying vehicle as a new paradigm”, *Transportation Research Part E*, 166, 102868, 2022, DOI: [10.1016/j.tre.2022.102868](https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102868).
- [4] A. Cohen y S. Shaheen, “Urban Air Mobility: Opportunities and Obstacles”, Working Paper, Transportation Sustainability Research Center, University of California (Berkeley), 2021.
- [5] T. Biehle, “Social Sustainable Urban Air Mobility in Europe”, *Sustainability*, 14, 9312, 2022, DOI: [10.3390/su14159312](https://doi.org/10.3390/su14159312).
- [6] A. Smirnov, E. Smolokurov, R. Bolshakov y V. Parshin, “Problems and prospects for the development of urban air mobility on the basis of unmanned transport systems”, *Transportation Research Procedia*, 68, 151–159, 2023.
- [7] Q. Long, J. Ma, F. Jiang y C. Webster, “Demand analysis in urban air mobility: A literature review”, *Journal of Air Transport Management*, 112, 102436, 2023, DOI: [10.1016/j.jairtraman.2023.102436](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102436).
- [8] M. Brunelli, C. Ditta y M. Postorino, “New infrastructures for Urban Air Mobility systems: A systematic review on vertiport location and capacity”, *Journal of Air Transport Management*, 112, 102460, 2023, DOI: [10.1016/j.jairtraman.2023.102460](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102460).
- [9] K. Schweiger y L. Preis, “Urban Air Mobility: systematic review of scientific publications and regulations for vertiport design and operations”, *Drones*, 6, 179, 2022, DOI: [10.3390/drones6070179](https://doi.org/10.3390/drones6070179).
- [10] L. Garrow, B. German y C. Leonard, “Urban air mobility: A comprehensive review and comparative analysis with autonomous and electric ground transportation for informing future research”, *Transportation Research Part C*, 132, 103377, 2021, DOI: [10.1016/j.trc.2021.103377](https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103377).
- [11] M. Salama, R. Bahsoon y N. Bencomo, “Managing Trade-offs in Self-Adaptive Software Architectures: A Systematic Mapping Study”, en Mistrik et al. (Ed.), *Managing Trade-offs in Adaptable Software Architectures* (249-297), 2017, Amsterdam: Elsevier, DOI: [10.1016/B978-0-12-802855-1.00011-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802855-1.00011-3).
- [12] B. Barn, S. Barat y T. Clark, “Conducting Systematic Literature Reviews and Systematic Mapping Studies”, *Proceedings of the 10th Innovations in Software Engineering Conference*, 2017, DOI: [10.1145/3021460.3021489](https://doi.org/10.1145/3021460.3021489).
- [13] K. James, N. Randall y N. Haddaway, “A methodology for systematic mapping in environmental sciences”, *Environmental Evidence*, 5, 7, 2016, DOI: [10.1186/s13750-016-0059-6](https://doi.org/10.1186/s13750-016-0059-6).
- [14] T. Taipalus, “Systematic Mapping Study in Information Systems Research”, *Journal of the Midwest Association for Information Systems*, 1, 2, 2023, DOI: [10.17705/3jmwa.000079](https://doi.org/10.17705/3jmwa.000079).
- [15] S. Haakonsen, A. Ronnquist y N. Labonnote, “Fifty years of shape grammars: A systematic mapping of its application in engineering and architecture”, *International Journal of Architectural Computing*, 21(1), 5-22, 2023, DOI: [10.1177/14780771221089882](https://doi.org/10.1177/14780771221089882).
- [16] EASA, “Vertiports”, Cologne: European Union Aviation Safety Agency, 2022.
- [17] FAA, “Urban Air Mobility (UAM). Concept of Operations”, Washington DC: Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation, 2023.
- [18] NASA, “Urban Air Mobility Market Study”, Washington DC: National Aeronautics and Space Administration, 2018, <https://ntrs.nasa.gov/citations/20190000519>.
- [19] A. Anand, H. Kaur, C. Justin, T. Zaidi y D. Mavris, “A scenario-based evaluation of global urban air mobility demand”, *AIAA Scitech Forum*, 2021, DOI: [10.2514/6.2021-1516](https://doi.org/10.2514/6.2021-1516).
- [20] N. Polaczyk, E. Trombino, P. Wei y M. Mitici, “A review of current technology and research in urban on-demand air mobility applications”, 8th Biennial Autonomous VTOL Technical Meeting and 6th Annual Electric VTOL Symposium, Jan. 28-Feb. 1, 2019, Mesa (USA).
- [21] M. Fu, R. Rothfeld y C. Antoniou, “Exploring preferences for transportation modes in an Urban Air Mobility environment: Munich case study”, *Transportation Research Record*, 2019, DOI: [10.1177/0361198119843858](https://doi.org/10.1177/0361198119843858).
- [22] ASD, “Urban air mobility and sustainable development”, Brussels: Aerospace, Security and Defence Industries Association of Europe, 2023.
- [23] M. Gouveia, V. Dias y J. Silva, “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, 2022, DOI: [10.3926/jairm.207](https://doi.org/10.3926/jairm.207).
- [24] BOEING, “Flight path for the future of mobility”, Boeing Company (USA), 2018, <https://acortar.link/zefCpF>.
- [25] AIRBUS, “Rethinking urban air mobility”, Toulouse: AIRBUS, 2017, <https://acortar.link/yhOgpw>.
- [26] B. Brelje y J. Martins, “Electric, hybrid, and turboelectric fixed-wing aircraft: A review of concepts, models, and design approaches”, *Progress in Aerospace Sciences*, 104, 1-19, 2019, DOI: [10.1016/j.paerosci.2018.06.004](https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2018.06.004).
- [27] FAA, “Memorandum. Vertiport Design”, Washington DC: Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation, 2022.
- [28] S. Birrell, W. Payre, K. Zdanowicz y P. Herriotts, “Urban air mobility infrastructure design: Using virtual reality to capture user experience within the world’s first urban airport”, *Applied Ergonomics*, 105, 103843, 2022, DOI: [10.1016/j.apergo.2022.103843](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103843).

- [29] E. Lim y H. Hwang, “The selection of vertiport location for on-demand mobility and its application to Seoul metro area”, *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, 2019, DOI: [10.1007/s42405-018-0117-0](https://doi.org/10.1007/s42405-018-0117-0).
- [30] L. Preis, “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](https://doi.org/10.2514/6.2021-2372).
- [31] A. Straubinger, R. Rothfeld, M. Shamiyeh, K. Büchter, J. Kaiser y K. Plötner, “An overview of current research and developments in urban air mobility—setting the scene for UAM introduction”, *Journal of Air Transport Management*, 87, 101852, 2020, DOI: [10.1016/j.jairtraman.2020.101852](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101852).
- [32] S. Verma, V. Duichinos, R. Wood, A. Farrahi, R. Mogford, M. Shyr y R. Ghatas, “Design and Analysis of Corridors for UAM Operations”, *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference – Proceedings*, 2022, DOI: [10.1109/DASC55683.2022.9925820](https://doi.org/10.1109/DASC55683.2022.9925820).
- [33] P. Pradeep y P. Wei, “Heuristic approach for arrival sequencing and scheduling for eVTOL aircraft in on-demand urban air mobility”, *IEEE/AIAA 37th Digital Avionics Systems Conference*, 2018, DOI: [10.1109/DASC.2018.8569225](https://doi.org/10.1109/DASC.2018.8569225).
- [34] I. Kleinbekman, M. Mitici y P. Wei, “eVTOL arrival sequencing and scheduling for on-demand urban air mobility”, *IEEE/AIAA 37th Digital Avionics Systems Conference*, 2018, DOI: [10.1109/DASC.2018.8569645](https://doi.org/10.1109/DASC.2018.8569645).
- [35] Z. Zhou, J. Chen y Y. Liu, “Optimized landing of drones in the context of congested air traffic and limited vertiports”, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22, 9, 6007-6017, 2020, DOI: [10.1109/TITS.2020.3040549](https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3040549).
- [36] V. Nneji, A. Stimpson, M. Cummings y K. Goodrich, “Exploring concepts of operations for on-demand passenger air transportation”, *17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, Denver (Colorado), 2017, DOI: [10.2514/6.2017-3085](https://doi.org/10.2514/6.2017-3085).
- [37] A. Cohen, S. Shaheen y E. Farrar, “Urban Air Mobility: History, Ecosystem, Market Potential, and Challenges”, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(9), 6074-6087, 2021, DOI: [10.1109/TITS.2021.3082767](https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3082767).
- [38] K. Bulanowski, D. Gillis, E. Fakhraian, S. Lima. y I. Semanjski, “AURORA—Creating Space for Urban Air Mobility in Our Cities”, *6th Conference on Sustainable Urban Mobility*, August 31-September 2, 2022, Skiathos Island (Greece).
- [39] MITRE, “Urban air mobility landscape report”, Bedford (Massachusetts): MITRE, 2018.
- [40] KPMG, “Integrating air mobility into wider infrastructure”, *Aviation 2030 series*, White Paper, KPMG, 2023. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ie/pdf/2023/04/ie-integrating-air-mobility-into-wider-infrastructure.pdf>.
- [41] A. Straubinger, J. Michelmann y T. Biehle, “Business model options for passenger urban air mobility”, *CEAS Aeronautical Journal*, 12, 361–380, 2021, DOI: [10.1007/s13272-021-00514-w](https://doi.org/10.1007/s13272-021-00514-w).
- [42] R. Rothfeld, A. Straubinger, M. Fu, C. Al Haddad y C. Antoniou, “Urban air mobility”, en Antoniou, C., Efthymiou, D. y Chaniotakis, E. (Ed.), *Demand for Emerging Transportation Systems (267-284)*, Amsterdam: Elsevier, 2019.
- [43] NASA, “eVTOL Passenger Experience Final Report”, Washington D.C.: NASA, 2019. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20190028296/downloads/20190028296.pdf>.
- [44] NASA, “UAM Vision Concept of Operations (ConOps) UAM Maturity Level (UML) 4”, Washington D.C.: National Aeronautics and Space Administration, 2020, <https://acortar.link/8TW0Fb>.
- [45] NASA, “Regional Air Mobility”, Washington DC: National Aeronautics and Space Administration, 2021. <https://sacd.larc.nasa.gov/sacd/wp-content/uploads/sites/167/2021/04/2021-04-20-RAM.pdf>.
- [46] R. Goyal, C. Reiche, C. Fernando y A. Cohen, “Advanced Air Mobility: Demand Analysis and Market Potential of the Airport Shuttle and Air Taxi Markets”, *Sustainability*, 13(13), 7421, 2021, DOI: [10.3390/su13137421](https://doi.org/10.3390/su13137421).
- [47] U. Kluge, A. Paul, H. Ureta y K. Ploetner, “Profiling Future Air Transport Passengers in Europe”, *Proceedings of 7th Transport Research Arena (TRA)*, 2018, Vienna, Austria.
- [48] D. Fadhil, “A GIS-based analysis for selecting ground infrastructure locations for urban air mobility”, *Master Thesis*, Technical University of Munich (Germany), 2018.
- [49] R. Goyal y A. Cohen, “Advanced Air Mobility: Opportunities and Challenges Deploying eVTOLs for Air Ambulance Service”, *Applied Sciences*, 12(3), 1183, 2022, DOI: [10.3390/app12031183](https://doi.org/10.3390/app12031183).
- [50] Porsche Consulting, “The Future of Vertical Mobility”, Stuttgart: Porsche Consulting, 2018.
- [51] Porsche Consulting, “The economics of vertical mobility”, Stuttgart: Porsche Consulting, 2021.
- [52] EY, “Opportunities to grow the territory drone industry”, Sidney: Ernst and Young, 2020.
- [53] Global AAM/UAM Market Map, “Advanced and Urban Air Mobility. What the world is planning”, 2024, <https://www.globalairmobilitymarket.com/>.
- [54] Unmanned Airspace, “The global timetable for AAM and UAM launch and development”, 2024. <https://www.unmannedairspace.info/aam-uam-route-and-programme-news/25035/>.
- [55] Deloitte, “Advanced air mobility”, Deloitte Research Center for Energy & Industrials, 2021, <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/energy-resources/eri-advanced-air-mobility.pdf>.
- [56] ASSURE, “Urban Air Mobility Study: Safety Standards, Aircraft Certification, and Impact on Market Feasibility and Growth Potentials”, *Technical Report*, Alliance for System Safety of UAS through Research Excellence, 2022, <https://acortar.link/eLqGus>.
- [57] D. Thippavong, “Urban Air Mobility Airspace Integration Concepts and Considerations”, *Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, June 25-29, 2018, Atlanta (Georgia), USA.
- [58] Roland Berger, “Urban air mobility. The rise of a new mode of transportation”, Munich: Roland Berger, 2018.
- [59] Roland Berger, “Urban Air Mobility”, Munich: Roland Berger, 2020.
- [60] F. Liao, E. Molin, H. Timmermans y B. van Wee, “Consumer preferences for business models in electric vehicle adoption”, *Transport Policy*, 73, 12-24, 2019, DOI: [10.1016/j.tranpol.2018.10.006](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.10.006).
- [61] IFAR, “2019 IFAR White Paper on Urban Air Mobility”, Montreal: International Forum for Aviation Research (IFAR), 2019.
- [62] I. Gokasar y G. Gunay, “Mode choice behavior modeling of ground access to airports: A case study in Istanbul, Turkey”, *Journal of Air Transport Management*, 59, 1-7, 2017, DOI: [10.1016/j.jairtraman.2016.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.11.003).
- [63] O. Díaz Olariaga, A. Gavilán Orozco. y C. Ortiz Prieto, “Accesibilidad vial al aeropuerto. El caso del Aeropuerto de Bogotá-El Dorado”, *XX Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística*, 26-28 septiembre 2018, Medellín (Colombia).
- [64] J. Ribeiro, G. Borille, M. Caetano y E. Silva, “Repurposing urban air mobility infrastructure for sustainable transportation in metropolitan cities: A case study of vertiports in Sao Paulo, Brazil”, *Sustainable Cities and Society*, 98, 104797, 2023, DOI: [10.1016/j.scs.2023.104797](https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104797).
- [65] C. Torens, “HorizonUAM: Safety and Security Considerations for Urban Air Mobility”, *AIAA Aviation Forum*, August 2-6, 2021, DOI: 10.2514/6.2021-3199.
- [66] M. Tojal, H. Hesselink, A. Fransoy, E. Ventas, V. Gordo y Y. Xu, “Analysis of the definition of Urban Air Mobility – how its attributes impact on the development of the concept”, *Transportation Research Procedia*, 59, 3–13, 2021.

- [67] EUROCONTROL, “UAS ATM Integration”, Brussels: EUROCONTROL, 2018.
- [68] M. Kreimeier, P. Strathoff, D. Gottschalk y E. Stumpf, “Economic Assessment of Air Mobility On-Demand Concepts”, *Journal of Air Transportation*, 26, 1, 2018, DOI: [10.2514/1.D0058](https://doi.org/10.2514/1.D0058).
- [69] M. Kreimeier, y E. Stumpf, “Market volume estimation of thin-haul On-demand air mobility services in Germany”, 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, Dever (Colorado), 2017, DOI: [10.2514/6.2017-3282](https://doi.org/10.2514/6.2017-3282).
- [70] L. Richardson, “Performing the sharing economy”, *Geoforum*, 67, 121–129, 2015. DOI: [10.1016/j.geoforum.2015.11.004](https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2015.11.004).
- [71] T. Ravich, “On-Demand Aviation: Governance Challenges of Urban Air Mobility”, *Penn State Law Review*, 124(3), 657–689, 2020, <https://elibrary.law.psu.edu/pslr/vol124/iss3/2>.
- [72] T. Ravich, S. Bush y L. Campbell, “Advanced Air Mobility”, White Paper, Conference: Will Law Lift or Ground a New Era of Human Transportation?, 2023, <https://acortar.link/4rdUZO>.
- [73] P. Coppola, F. De Fabis y F. Silvestri, “Urban Air Mobility (UAM): Airport shuttles or city-taxis?”, *Transport Policy*, 150, 24–34, 2024, DOI: [10.1016/j.tranpol.2024.03.003](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.03.003).
- [74] S. Boddupalli, L. Garrow, B. German y J. Newman, “Mode choice modeling for an electric vertical takeoff and landing (eVTOL) air taxi commuting service”, *Transportation Research Part A*, 181, 104000, 2024, DOI: [10.1016/j.tra.2024.104000](https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104000).
- [75] H. Mostofi, T. Biehle, R. Kellermann y H. Dienel, “Modelling public attitude towards air taxis in Germany”, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 24, 101045, 2024, DOI: [10.1016/j.trip.2024.101045](https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101045).
- [76] L. Riza, R. Bruehl, H. Fricke y P. Planing, “Will air taxis extend public transportation? A scenario-based approach on user acceptance in different urban settings”, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 23, 101001, 2024, DOI: [10.1016/j.trip.2023.101001](https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.101001).
- [77] C. Al Haddad, E. Chaniotakis, A. Straubinger, K. Plötner y C. Antoniou, “Factors affecting the adoption and use of urban air mobility”, *Transportation Research Part A*, 132, 696–712, 2020, DOI: [10.1016/j.tra.2019.12.020](https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.12.020).
- [78] Z. Wu y Y. Zhang, “Integrated Network Design and Demand Forecast for On-Demand Urban Air Mobility”, *Engineering*, 7, 473–487, 2021, DOI: [10.1016/j.eng.2020.11.007](https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.11.007).
- [79] IFAR, “Scientific Assessment for Urban Air Mobility (UAM)”, Montreal: International Forum for Aviation Research (IFAR), 2023.
- [80] D. Perperidou y D. Kirgiasfinis, “Urban Air Mobility (UAM) Integration to Urban Planning”, 6th Conference on Sustainable Urban Mobility, August 31–September 2, 2022, Skiathos Island (Greece).
- [81] M. Krylova, “Urban planning requirements for the new air mobility (UAM) infrastructure integration”, Master Thesis, Frankfurt University of Applied Sciences, Germany, 2022.
- [82] A. Straubinger y M. Fu, “Identification of strategies how urban air mobility can improve existing public transport networks”, Working Paper, Technical University of Munich (Germany), 2019, <https://acortar.link/sIGfGY>.
- [83] Morgan Stanley, “eVTOL/Urban Air Mobility TAM Update: A Slow Take-Off, But Sky's the Limit”, New York: Morgan Stanley Research, 2021.