

Nuevos programas, antiguos métodos, nuevos proyectos.

Proyectando aero puertos verticales urbanos

pablo e.m. szelagowski, horacio ghigliazza, nicolás vitale,
c. alejandro di bernardi, joaquín piechocki

Grupo Transporte Aéreo (GTA) / Tecton X. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

Introducción

Desde los inicios de la actividad aérea, la arquitectura estuvo a su lado para aportar los espacios infraestructurales necesarios para dicha actividad. Hasta finales del siglo XX y comienzos del XXI el aporte proyectual desde la arquitectura estuvo abocado al desarrollo de espacios para la parte pública del sistema aeronáutico, principalmente centrado en el diseño y en la construcción de terminales aeroportuarias de pasajeros y de carga.

Este camino vio evolucionar tanto a la industria aeronáutica como a los conceptos arquitectónicos desplegados, arribando a la actualidad con variados métodos de desarrollo proyectual, en una actividad considerada como parte de un sistema integral de transporte de orden mayor.

Por otro lado, la concepción actual del transporte estriba en la multimodalidad con énfasis en la diversificación de medios aéreos capaces de atender nuevas demandas en cada escala de la movilidad, promoviendo la diferenciación de medios y centrando su interés en el aprovechamiento del espacio aéreo urbano.

La tecnología de despegue vertical de aeronaves, la electrificación total y la capacidad de vuelo autónomo, ha generado en la industria aeronáutica nuevos actores que trabajan en el desarrollo de vehículos de transporte aéreo urbanos y sus in-

fraestructuras asociadas, en el marco de un nuevo concepto: la Movilidad Aérea Urbana, o MAU, la cual requiere de nuevos espacios físicos para su desenvolvimiento, siendo aquí donde interviene la investigación proyectual, de manera de poder definir posibilidades de desarrollo de infraestructuras específicas.

En el pasado de la arquitectura, la aparición de nuevos programas ha generado siempre la necesidad de volver a pensar los argumentos, las técnicas y los procesos de la disciplina. Mediante la renovación de los modos creativos y productivos se han combinado técnicas, realizado estudios tipológicos, o drásticamente pensado el grado cero de la arquitectura, para poder así afrontar el proyecto de las nuevas requisitorias de la sociedad o del medio productivo.

En el caso actual, nos enfrentamos con variadas posibilidades para enfrentar el proyecto de los nuevos espacios y su integración con el ecosistema urbano. Esta variante modal de transporte contempla, básicamente: despegue, desplazamiento, aterrizaje, repostaje y mantenimiento de aeronaves y la consiguiente necesidad de recibir pasajeros, transporte terrestre, implementos y otros requerimientos físicos para promover su calidad operacional, tanto tecnológica como ambiental, en términos de la calidad del servicio y seguridad hacia las personas.

Las nuevas infraestructuras derivadas las denominaremos Aero Puertos Verticales Urbanos (APVU) las cuales podrían considerarse dentro de diferentes dentro categorías proyectuales. Cabe destacar que, como hipótesis de trabajo, se asume la utilización exclusiva de taxis aéreos intraurbanos (transporte de pasajeros, no de carga) como vehículos que sirven a los APVUs, en atención al hecho de que las ciudades aumentan día a día su densidad poblacional y se enfrentan a problemas de tráfico urgentes. Pensado de esta manera, los vuelos intraurbanos serían las redes de alimentación necesarias para los APVUs fuera de las ciudades, pudiendo servir como nuevos centros de conexión interurbanos.

1_ El problema de la movilidad en las ciudades

La migración hacia los grandes centros urbanos es indetenible. En la actualidad, el 55% de la población mundial vive en ciudades, calculándose que para 2050 esa cifra rondará el 70 % (The World Bank, 2020) (Volocopter, 2021). A su vez esta situación produce una rápida urbanización en muchos casos incontrolada y/o desorganizada que resulta imperioso gestionar correctamente, impulsando la productividad y la innovación, sobre todo teniendo en cuenta que hacia 2020 más del 80% del PIB mundial se genera en las ciudades.

A consecuencia de lo anterior, la creciente población impulsa la excesiva utilización del transporte automotor, el cual produce ruido y vibración, altos niveles de estrés, elevadas emisiones de CO₂ y deterioro de la calidad del aire, así como, grandes congestiones de tránsito que derivan en importantes retrasos de viajes intra e interurbanos y pérdida de conexiones con otros medios de transporte. Lo más relevante de las crecientes necesidades de movilidad, incluyen: el volumen de bienes transportados entre ciudades, los viajes particulares en automóvil y el transporte público.

Como ejemplo basta mencionar que en los EE. UU., el transporte automotor encabeza las emisiones de gases de efecto invernadero con el 29%, seguido de la producción de electricidad 25% y la producción industrial el 23% según la Agencia de Protección Ambiental de ese país, mientras que en la Unión Europea, el transporte representa 30 % del total de emisiones de gases de efecto invernadero, de las cuales el 72% proviene del transporte por carretera.

Estos tres elementos combinados: la migración hacia las ciudades y megaciudades (ciudades con más de 10 millones de habitantes), el aumento de las urbanizaciones y la situación del tráfico, presionan los sistemas de transporte terrestres hasta sus máximas capacidades, llevando tradicionalmente a los planificadores a resolver el problema mediante la construcción de más infraestructura para el transporte y/o aumentando los servicios al mismo. A pesar de ello, en el contexto explicado, los hechos han demostrado que este tipo de soluciones han introducido mayores problemas de congestión inequidad y desperdicio de recursos. Por ello, en la actualidad se están proponiendo diferentes alternativas a este problema, tales como: incentivar cambios de comportamiento en cuanto a la movilidad (p. e., viajes compartidos), reemplazar viajes por teletrabajo, mejorar la intercambiabilidad modal y ampliar la oferta multimodal a nuevas alternativas de transporte.

En tal sentido, existen muchas alternativas modales tecnológicamente novedosas, así como modelos de transporte mejorados y más sostenibles que permiten eficientizar el tiempo de viaje y acelerar el tráfico intra e interurbano de bienes y personas, basados en tecnologías de última generación. Tal es el caso de automóviles eléctricos, opciones de micro movilidad (e-bicks, e-scooters, Autolib), plataformas de transporte compartido¹, autobuses y taxis autónomos, trenes de alta velocidad e inclusive el transporte ultrarrápido por levitación magnética en tubos de vacío llamado Hiperloop , etc., los cuales conformarán (en muchos casos ya lo hacen) parte de la red de transporte multimodal terrestre.

Paralelamente a lo descrito, desde hace varios años, planificadores y especialistas en transporte vienen pensando en la explotación intensiva del espacio aéreo urbano con fines de transporte, a efectos de descomprimir la superficie de las ciudades, generar una lógica distinta de utilización del espacio urbano, adaptar la movilidad a las nuevas necesidades y sembrar nuevos vectores de ordenamiento territorial. En otras palabras, crear un nuevo paradigma de movilidad, un ecosistema de transporte más rápido, más seguro e integrado, en tres dimensiones: la Movilidad Aérea Urbana (MAU).

2_La Movilidad Aérea Urbana - MAU

La aparición hacia 1940 del helicóptero, con su capacidad de despegue y aterrizaje vertical (VTOL)², despertó la idea de la utilización del espacio aéreo urbano. Pero a pesar de diferentes experiencias llevadas a cabo en Europa y EEUU que produjeron múltiples accidentes, así como los altos costos de operación y niveles de ruido, determinaron el abandono de dicha iniciativa un par de décadas después, relegando la utilización de estas aeronaves a operaciones muy restringidas de taxi aéreo, así como operaciones que excluían el transporte de pasajeros: emergencias médicas, seguridad, logística, etc.

En los últimos años, tanto en el ámbito público como en el privado, se ha observado un marcado incremento en el interés por el vuelo vertical eléctrico y su aplicación en la MAU. Sin embargo, la materialización de estos conceptos depende de tecnologías novedosas, requisitos regulatorios, de la aceptación pública e infraestructuras. Temas éstos que en mayor o menor medida aún no se han definido claramente y en los cuales se está trabajando arduamente.

La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, NASA, define la MAU como un sistema seguro y eficiente de transporte aéreo de pasajeros y carga dentro de un área urbana, incluyendo la entrega de paquetes pequeños y otros servicios de sistemas aéreos no tripulados (UAS)³ urbanos, que admite, a su vez, una combinación de operaciones pilotadas a bordo o remotamente (pilotadas desde tierra, p. e.) cada vez más autónomas. Simultáneamente, para la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA), la MAU es un nuevo sistema de transporte aéreo para pasajeros y carga en, y alrededor de, entornos densamente poblados y construidos, hecho posible por aeronaves eléctricas de despegue y aterrizaje verticales conocidas como eVTOLs⁴, equipados con nuevas tecnologías de baterías mejoradas y propulsión eléctrica. Señalando, además, que estas aeronaves tendrán un piloto a bordo o serán piloteados de forma remota.

Ambas definiciones apuntalan la tendencia que señala que la última tecnología aplicada a la MAU, se basa en la utilización de vehículos aéreos con capacidad VTOL, eléctricos y autónomos, cuyo uso intensivo en el espacio aéreo urbano de baja altura (300 a 600 m) mejorará toda la movilidad urbana en su conjunto. Estas aeronaves, de diferentes configuraciones, son posibles gracias a los avances en aerodinámica, tecnología de materiales livianos, aumento de potencia y densidad de carga de baterías, técnicas de electrificación, propulsión eléctrica distribuida, comunicaciones, analítica de datos y sensorización, todo combinado con una pronunciada reducción de costos.

Según afirma Elan Head, en su trabajo “eVTOL Basics for Investors” (2021), los denominados “drones”⁵, o UAS, son aeronaves que operan sin piloto a bordo controlándose remotamente por un humano u autónomamente, sin intervención humana. Por este motivo es que el público interpreta a los eVTOLs como “drones de grandes” o “drones de pasajeros”. Sin embargo, en el contexto de la MAU, el acrónimo eVTOL se reserva para referirse a aeronaves que transportan pasajeros (o cantidades significativas de carga). Y, aunque la mayoría de ellos están siendo diseñados con altos niveles de autonomía, pueden estar certificados solo para volar con un piloto humano a bordo. Por tal motivo, aunque la mayoría de los eVTOL son “drones funcionales”, afirma Head, no se los describiría como tales si estuvieran certificados para vuelos pilotados de forma convencional.

Si se observa el ciclo de sobre-expectación según el criterio de Gartner, los eVTOLs autónomos todavía se encuentran en la fase de lanzamiento (innovación) esperándose que alcancen en breve el pico de expectativas sobredimensionadas y se alcance la meseta de productividad de estos vehículos en los próximos cinco a diez años. Actualmente existen empresas aeroespaciales dedicadas a esta iniciativa de las cuales Airbus Vahana, Lilium Jet, Kitty Hawk Cora, Joby Aviation, Embraer-X, Volocopter, Ehang, Workhorse Surefly, etc., son apenas algunos ejemplos. Asimismo, estas empresas no sólo se han concentrado en el desarrollo de los vehículos. Además, han estudiado conceptos para la futura MAU, la integración con el tráfico del espacio aéreo existente, la seguridad y el ruido, entre otros aspectos como lo han hecho eHang y Volocopter.

Si bien algunas operaciones de MAU se están llevando a cabo en EE.UU. para la entrega de bienes o de equipos médicos, en Europa se están probando actualmente a través de demostradores y proyectos piloto, pronosticándose, según EASA, que las operaciones comerciales de MAU en suelo europeo podrían tener

lugar dentro de 3 a 5 años⁶. En definitiva, todos estos esfuerzos combinados esperan obtener como resultado viajes más confiables, acortamiento de recorridos y aumento de la comodidad del viajero en rutas clave de una ciudad, describiendo trayectorias directas que evitarán las congestiones en tierra. Estas aerovías serán independientes de la topografía y la infraestructura terrestre existente siendo, simultáneamente, mucho más flexibles y adaptativas en relación con los planes de desarrollo urbanos.

Finalmente, un enfoque integrado para desarrollar la movilidad aérea urbana es ineludible. A nivel mundial los expertos coinciden en que es necesario sostener este abordaje para establecer un ecosistema MAU exitoso, ya que, la visión exclusivamente desde la tecnología no sería sostenible. Desde este punto de vista se pueden formular diferentes categorías de desarrollo simultáneos e indivisos, que requieren de pasos progresivos y programados, como el desarrollo de los vehículos aéreos, el conjunto de regulaciones necesarias, la gestión del tráfico aéreo, la operación, el modelo de negocio, las infraestructuras de tierra, etc.

3 Integración de la MAU en la movilidad urbana general

Innovaciones tecnológicas como los sistemas de propulsión eléctrica, la inteligencia artificial, las redes de comunicaciones, etc., constituyen los cimientos de la MAU. Pero la vertebración en un sistema de movilidad integral mayor tendrá sentido al entenderse perfectamente la utilidad para los usuarios, las implicancias que en materia de regulación enfrentan las autoridades competentes y las oportunidades de mercado que surgen en el horizonte.

Por otro lado, a pesar de que los eVTOLs son rápidos, estarían disponibles a demanda, son competitivos al cubrir distancias superiores a 20 km y requirieren bajas inversiones relativas en infraestructura, la MAU no se convertirá en una parte integral de este nuevo ecosistema ampliado, si no está eficazmente conectada con los modos de transporte de primera y última milla. Dicho de otro modo, el problema de la primera y última milla en los servicios de transporte urbano estriba en la conectividad limitada y la accesibilidad con otros modos de transporte, que van desde la micromovilidad hasta las líneas de pasajeros de alta capacidad.

El otro gran aspecto por mencionar es el referido a los servicios que la MAU puede brindar a la sociedad. En una primera aproximación, se distinguen cuatro categorías:

- Servicios que no son de transporte

Principalmente llevado a cabo por drones no tripulados, cumplen funciones de monitoreo, vigilancia, cobertura de eventos o la recopilación de datos. Por ejemplo: drones de medios de comunicación y entretenimiento; hobby; agricultura de precisión, ganadería y silvicultura; inspección y seguimiento; topografía y cartografía; seguridad y búsqueda de personas.

- Transporte de carga

Fundamentalmente implica la entregar de carga en tiempo crítico (bienes, mercancías, paquetes y correo). Tal es el caso de: cultivo y fertilización; logística de entrega urgente de última milla; extensión de la red de distribución a áreas remotas; transporte de emergencia (medicamentos y órganos). Este servicio puede ser prestado por pequeños drones hasta vehículos de mayor porte, como el VoloDrone de Volocopter GmbH con una capacidad de carga de 200 kg.

- Transporte de pasajeros

Los eVTOLs diseñados a tal efecto satisfacen las necesidades de transporte intra e interurbanas de pasajeros privados y ofrecen servicios de movilidad al público en general. Se observa: eVTOLs de uso privado; eVTOLs de alquiler; taxi aéreo a demanda (incluido turismo); autobús aéreo; operaciones de rescate.

- Servicios relacionados con los vehículos propiamente dichos

Básicamente se compone de servicios de apoyo que ayudan y habilitan los segmentos anteriormente mencionados, fundamentalmente lo englobado en operaciones y mantenimiento. Cabe destacar que la gestión del tráfico aéreo (UTM)⁷ para eVTOLs y drones, es clave y excluyente para hacer de este ecosistema de movilidad un sistema confiable, seguro y económicamente viable.

4_ Caracterización del ecosistema

En las secciones precedentes se formuló un rápido abordaje a la problemática de la movilidad urbana, suburbana e interurbana; la irrupción de la MAU y su integración con la movilidad general, así como los segmentos de servicios que ésta brindaría. Si bien el presente trabajo se enfoca en el proceso de diseño de los Aero Puertos Verticales Urbanos, o APVUs, destinados principalmente al transporte de pasajeros, ese proceso cobra significado en el universo de sentido que le otorga el ecosistema dentro del cual se desarrolla. Por lo tanto, para que la MAU⁸ tenga lugar, el ecosistema debe satisfacer en forma excluyente requisitos en cuatro áreas. En primer lugar, están los aspectos técnicos, fundamentalmente la tecnología de

los vehículos aéreos. A continuación, todo lo concerniente a regulaciones y certificaciones que implique operación y mantenimiento de las aeronaves, principalmente. La aceptación social ocupa el tercer lugar y engloba los requisitos relacionados con el ruido, la salvaguarda a la integridad física de personas y bienes materiales (usuarios del sistema y residentes de las ciudades), la seguridad y la privacidad. Finalmente, la infraestructura es el último componente, ya que se requiere de una red de sitios de despegue y aterrizaje, los APVUs, así como recursos para el UTM, la recarga de energía y el estacionamiento de las aeronaves.

5_ Tecnología de vehículos aéreos

La MAU se apoya en la utilización intensiva de vehículos eléctricos con capacidad VTOL, dados los importantes avances tecnológicos observados especialmente en propulsión eléctrica distribuida (DEP) y almacenamiento de baterías, observándose una gran cantidad de conceptos y demostradores de vehículos aéreos de transporte de carga y personas, en vistas de generar los prototipos que permitan la producción masiva de los mismos, en función de lo que prevén diferentes estudios de mercado.

En tal sentido, y según un estudio encargado por la NASA, en los EEUU se espera una demanda a corto plazo de 55.000 viajes/día para taxis aéreos y traslados a aeropuertos, operados por 4.100 aeronaves, teniendo en cuenta restricciones por clima, hora, capacidad por infraestructura y tarifa. En escenarios menos restringidos, varios cientos de miles de aeronaves atenderían una demanda prevista de hasta once millones de viajes diarios (Booz-Allen, Hamilton, Inc, 2018). Por lo tanto, este mercado es varias veces más grande que el de los helicópteros operados comercialmente en la actualidad, lo cual lleva al desarrollo de vehículos con nuevos requisitos de rendimiento, operación y producción.

Asimismo, en la actualidad se están desarrollando varios cientos de diseños⁹ y conceptos de eVTOLs diferentes. Inclusive, algunos de estos sistemas de vehículos aéreos ya se encuentran en etapas de certificación avanzadas (EASA, 2021) y, habiendo aeronaves que podrían abastecer mismos mercados, la configuración de la misión podría diferir significativamente condicionando los requisitos de diseño. El mayor efecto se observaría en la eficiencia del vuelo vertical/estacionario comparada con la de crucero, impactando directamente en la relación entre el alcance, la carga de pago y la velocidad de crucero. Sin embargo, debería ampliarse la visión a efectos de comprender cómo afectarían a un posible sistema de transporte

aéreo urbano otras características como el esfuerzo de mantenimiento y la complejidad del vehículo, las dimensiones físicas o los tiempos de carga de las baterías. Los diferentes aspectos de diseño, todos íntimamente relacionados, se han vuelto más concretos con el tiempo y podrían sintetizarse de la siguiente manera (Straubinger, Rothfeld, Shamiyeh, Kaiser, & Plötner, 2020): a) Requisitos de diseño: alcance, capacidad de asientos y velocidad de crucero; b) Condiciones de contorno externas: máximo nivel de ruido y dimensiones máximas; y c) Otros factores: costos operativos directos, costos de mantenimiento, eficiencia en crucero, eficiencia en vuelo estacionario.

Por otro lado, si bien estos vehículos se diseñan mayormente para uno a cinco pasajeros, la flexibilidad de posibilidades de la DEP combinado con diferentes requisitos operativos, derivan en tipos de aeronaves radicalmente distintas.

En la literatura existente se observan diferentes formas de clasificación que obedecen al objetivo de obtener grupos de aeronaves con características y datos de rendimiento comparables. A tales efectos, la más ampliamente difundida divide en tres configuraciones ampliamente aceptadas que parecen ir ganando consenso en los expertos:

a_Empuje vectorial

Este tipo de aeronaves poseen unidades de propulsión basculantes o directamente fijas a un ala que rota respecto del eje transversal a la aeronave, proporcionando sustentación en vuelo vertical/estacionario y empuje en crucero, en donde las alas generan la sustentación. Este diseño se adapta mejor a vuelos de mayor distancia (p. e., interurbanos), ya que el sistema es más eficiente pero más complejo y pesado, aunque se observan continuos avances en este sentido.

Un ejemplo de esta configuración es el Joby S4 (fig. 1) de alas fijas y motores basculantes, el cual ha completado recientemente más de 150 millas de vuelos de prueba (Joby Aviation, 2021).



Figura 1: Joby S4 eVTOL, vista lateral; vista frontal (15/01/2020); vista en vuelo desde tierra (23/11/2020)

b_Sustentación + Crucero

Este diseño tiene unidades de propulsión separadas que otorgan empuje en la dirección de vuelo requerida (vertical/estacionario o crucero) siendo las alas las que proporcionan la sustentación necesaria en el vuelo traslacional. Esta configuración es adecuada para vuelos de distancias más cortas que el empuje vectorial, pero para mayores que los multicopteros. Adicionalmente, es potencialmente más fácil de certificar que el empuje vectorial porque los sistemas de propulsión están separados (fig. 2).



Figura 2: Alia 250 C de Beta Technologies, Concepción artística UPS (04/2021); Prueba de vuelo (09/11/2020).

c_Multicóptero

Este es el concepto técnicamente más sencillo. Los propulsores están fijos en posición vertical, montados en el extremo de brazos o en un marco situado por debajo o por encima de la cabina creando sustentación en ambas fases de vuelo. La cantidad de estas puede variar desde 4 (City Airbus) a 16 (EHang 216) o 18 unidades (Volocity de Volocopter, fig. 3). Dado su menor eficiencia aerodinámica para vuelo de crucero, esta configuración observa una mayor ventaja en aplicaciones de alcance menor a ~26 km (Shamiyeh, Rothfeld, & Hornung, 2018).



Figura 3: VoloCity de Volocopter GmbH, Exhibición en Auto Shanghai (21-28/04/2021); Vista en perspectiva y Despegue en Alemania (2019).

Promediando el año 2021, aparecen en el horizonte tres casos concretos de aplicación (o segmentos de uso) para los tipos aeronaves antes mencionadas que podrían encuadrarse dentro de los servicios que la MAU puede brindar, según se explicó en la sección 4 del presente trabajo, a saber: transporte de pasajeros, transporte de carga y emergencia y vehículos potenciales.

Según EASA (2021), la mayoría de los fabricantes apunta a utilizar la configuración de empuje vectorial en el caso del transporte de pasajeros, iniciando operaciones con un piloto a bordo, esperándose las primeras certificaciones para 2022. Las infraestructuras necesarias para el despliegue de esta movilidad se están desarrollando en Europa gracias a la colaboración de fabricantes, ciudades y empresas de infraestructura propiamente dichas.

El arquetipo sustentación + crucero, seguido del multicóptero, es hacia donde se inclinan los fabricantes en cuanto al transporte de cargas, planteando desde un principio el vuelo autónomo y con cargas de pago de 0,7 hasta 200 kg. Ya se lograron las primeras certificaciones operativas como la han hecho Wing y Amazon. Los Multicópteros controlados a distancia son los preferidos para uso en aplicaciones de casos de emergencia. Sus funciones serían el transporte del personal de emergencia médica al lugar del accidente, de los pacientes a un hospital o la extinción directa de incendios.

6_Regulaciones y certificaciones

Un obstáculo importante para las operaciones de vuelo comercial en áreas urbanas densamente pobladas serán los requisitos regulatorios (de seguridad) y los criterios de certificación. A lo largo de los años, han emergido diferentes categorías que han permitido su agrupación conceptual. Por ejemplo: la certificación de la empresa que desarrolla la aeronave, la certificación de la aeronave propiamente dicha, el proceso de producción, las operaciones, el servicio, la licencia del piloto, etc. Se observan avances en todos estos frentes y tanto FAA como EASA, trabajan arduamente en el diseño de las regulaciones correspondientes.

A modo de ejemplo, en el sitio web de EASA destinado a la MAU¹⁰, puede observarse como la agencia europea ha estructurado en cuatro abordajes básicos el diseño del marco regulatorio, utilizando los resultados obtenidos en el “Estudio de Aceptación Social de la MAU en Europa” (EASA, 2021), a saber:

a_Aeronavegabilidad

En julio de 2019 EASA publicó una Condición Especial, o “SC”¹¹, para autorizar

operaciones de aeronaves VTOL pequeñas; en diciembre de 2020 una SC para UAS que operan en situaciones de riesgo medio, y en abril de 2021 “Directrices sobre la verificación del diseño de operaciones de UAS en la categoría específica”.

Operaciones y licencias de pilotos

A principios de 2019 se iniciaron actividades en cuanto a la definición de los requisitos de formación, concesión de licencias y desempeño de tareas de pilotos (a bordo y pilotos remotos), operadores (p. e.: operadores de APVUs) y para la infraestructura. En particular para las áreas de aterrizaje, se está trabajando intensamente en el establecimiento y operación de plataformas MAU, así como en el uso de infraestructuras en aeródromos existentes cerca de ciudades que no están necesariamente configuradas o autorizadas para operaciones de vuelos comerciales. Asimismo, se está trabajando en el establecimiento de las normas de mantenimiento para la operación y el personal relacionado, así como en la definición de los requisitos sobre las organizaciones operativas y su certificación¹².

Integración del espacio aéreo

La agencia europea preparó el primer paquete normativo del mundo U-Space/UTM¹³ (SESAR Joint Undertaking, 2020), que permitirá la integración segura de las operaciones de UAS en el entorno urbano y será aplicable en 2023. A tal efecto, la Comisión Europea adoptó el 22/04/2021 las Regulaciones de Implementación N° 2021/664, 2021/665 y 2021/666 (EASA, 2021) (EASA, 2021) (EASA, 2021).

EASA también está involucrada en un gran número de proyectos como: AMU-LED (SESAR Joint Undertaking, 2021), sobre viabilidad de operaciones MAU y campañas de demostración de vuelo real a desarrollarse en España, UK y Países Bajos; SAFIR-Med¹⁴ (SESAR Joint Undertaking, 2020), que aborda la integración segura y flexible de servicios avanzados de U-space en movilidad aérea médica; CO-RUS-XUAM (SESAR Joint Undertaking, 2020), un proyecto VLD¹⁵ de dos años que demostrará cómo los servicios y soluciones U-space podrían respaldar las operaciones de vuelo integradas de MAU; y AirMour (AIRMOUR, 2021), el cual aborda la investigación e innovación en apoyo a la movilidad aérea sostenible a través de servicios médicos de emergencia. También prevé sumarse a otros como GOF 2.0 (SESAR Joint Undertaking, 2021), VLD enfocada en la integración de drones en el espacio aéreo urbano ; TINDAIR (SESAR Joint Undertaking, 2021), aborda el problema de la “desconflicción táctica” a muy gran escala dentro del U-space para mostrar la integración segura de la MAU como usuario adicional del espacio aéreo; Uospace4UAM (SESAR Joint Undertaking, 2021), demostrador de capaci-

dades de a bordo y de los servicios U-space para permitir la MAU, especialmente en operaciones a baja y muy baja altura. Asimismo, ha firmado el Manifiesto de las Iniciativas de la UAM de las Ciudades Europeas (EU Smart Cities Marketplace) (European Commission, 2021).

Aunque la investigación y el desarrollo no siguen una línea recta, en el mundo de la aviación la certificación debe entenderse como un proceso incremental, gradual, en el cual se comienza con los sistemas existentes y estables, para luego ir avanzando sobre los nuevos. Esto significa que a pesar de avanzar en distintos frentes simultáneamente, estrictamente en materia de certificación, p. e., se avanza primero en la DEP, luego en las tecnologías de “detectar y evitar” y finalmente en la autonomía de los dispositivos.

7 Infraestructuras para la MAU

Para que la movilidad aérea urbana se incorpore al tramado intermodal, se impone la necesidad de una infraestructura de despegue y aterrizaje correctamente vertebrada con la red terrestre, que garantice la intercambiabilidad modal de transporte (Straubinger & Rothfeld, 2018), así como, ATM¹⁶ y una infraestructura de comunicación adecuada que permita UTM (SESAR Joint Undertaking, 2020). En este punto es importante el rol de Aeropuerto Vertical como punto fijo dentro de una red de movilidad urbana.

Infraestructura de tierra: los APVU

En el comienzo del presente trabajo denominamos Aero Puertos Verticales Urbanos – APVUs, a los nuevos espacios físicos terrestres para desenvolvimiento de la MAU. Se trata de la infraestructura terrestre dedicada a las operaciones de despegue y aterrizaje de los vehículos UAM que efectúan la transferencia de pasajeros (y/o carga) a otros modos de transporte. Éstos aparecerán en diferentes cantidades y tamaños, dependiendo de los volúmenes de tráfico esperados. El estudio de este componente esencial del ecosistema MAU recibe especial atención en la actualidad, dada la relevancia en las fases de vuelo más riesgosas (despegue y aterrizaje), así como, en términos de rendimiento y accesibilidad de los vehículos y el relativo atraso en materia de investigación analítica que aún se observa (Straubinger, Rothfeld, Shamiyeh, Kaiser, & Plötner, 2020).

Existe un pequeño número de configuraciones aceptadas por los diseñadores, las que se basan en el rendimiento máximo de utilización de la instalación y/o del número máximo de rotaciones, entendiéndose por ellas como la secuencia que des-

cribe: un aterrizaje, desembarque, embarque, despegue y potencialmente recarga del eVTOL (por lo tanto, una rotación representa un despegue y un aterrizaje)¹⁷. Asimismo, la recarga del vehículo juega un papel importante, ya que, baterías con poca capacidad o tiempo de recarga prolongado implica mayores necesidades de espacio en el APVU.



Figura 4: Tipos de APVUs

La infraestructura urbana subyacente (edificios, casas, estacionamientos, terminales de transporte, etc.) constituye un indicador de cómo será la red de APVUs propia de cada ciudad. En tal sentido, los códigos de edificación y zonificación, así como la aceptación social (seguridad, ruido, privacidad, precio, conveniencia, etc.) son claves para el diseño de esta red.

Cualquier servicio de taxi aéreo viable que utilice eVTOL requiere rutas muy específicas con puntos de inicio y finalización claramente definidos. No sería viable imaginar un sistema de libre movimiento en el espacio aéreo urbano actual. Los APVUs son necesarios y pueden representar, al mismo tiempo, la limitante a la evolución de la MAU. Por ello, la planificación de la red de APVUs debe contemplar especialmente la eficiencia del acceso de “primera y última milla”, dado que impone un límite al número de vuelos posibles en una ciudad determinada, así como condiciona la atracción al uso del sistema por parte de los usuarios, sumado a la facilidad de acceso a ellos.

Asimismo, es importante poder establecer redes infraestructurales abiertas que mantengan un equilibrio entre aquellas las que serían de hardware o específicas,

como los Voloports en Singapur (Voloporter, 2021) y las relacionadas con un único proveedor de servicio como lo propuesto por Uber (Uber elevate, 2016) integrando estaciones con taxi, carga, micromovilidad, etc.

La conexión con la red eléctrica juega un roll determinante en cuanto a la ubicación y localización de los APVUs, dado que la recarga de las baterías probablemente ocurrirá en estas infraestructuras terrestres, siendo necesaria una conexión adecuada.

Es claro que la capacidad del servicio de transporte de pasajeros está limitada por el número de APVUs, así como por su tipo y tamaño. En una primera aproximación se puede distinguir entre los siguientes tres arquetipos básicos: Plataforma Vertical Urbana (PVU), Pequeño APVU (PAPVU) y Gran APVU (GAPVU).

La integración de los APVUs se dará en la mayoría de los casos reaprovechando, por ejemplo, espacios fabriles abandonados, modernizando la infraestructura existente. Pero para la utilización de espacios urbanos nuevos, en la figura 4 se ha incluido un cuarto arquetipo: el Mega Aeropuerto Urbano Vertical (MAPVU); en coincidencia con lo pronosticado por Uber en 2018.

Arquetipos básicos	 PVU	 PAPVU	 GAPVU	 MAPVU
	Plataforma Vertical Urbana	Pequeño Aero Puerto Vertical Urbano	Gran Aero Puerto Vertical Urbano	Mega Aero Puerto Vertical Urbano
	Plataforma de aterrizaje y despegue Solo bajadas rápidas sin posibilidad de estacionamiento	Plataforma de aterrizaje y despegue, con estacionamiento y operaciones de recarga y mantenimiento	PAPVU mejorado con más espacio para estacionamiento, recarga, mantenimiento, etc.	APVU con capacidad para 1000 despegues y aterrizajes por hora [Uber elevate]
Configuración				
Área de contacto	1	1	2	>20
Puestos de estacionamiento	0	3	6	>100
Capacidad máxima				
(rot/h)	~6	~25	~50	~1000
 Puesto de estacionamiento de aeronave  Área de contacto				

Figura 5: Arquetipos básicos de Aero Puertos Verticales Urbanos (no implica topologías)

Una Plataforma Vertical Urbana (PVU) es similar a un helipuerto simple, posee solamente un área de contacto y su posible aplicación sería en locaciones céntricas con poco espacio, ubicado, en techos de edificios corporativos¹⁸. Está preparado para operaciones de tipo “toque y despegue”, sin opciones para estacionar o realizar operaciones de recarga y/o mantenimiento. Tiene pocos requisitos de espacio y emisiones y se calcula permitiría hasta 6 rot/h, aproximadamente.

Un Pequeño Aero Puerto Vertical Urbano (PAPVU), suma al área de contacto puestos de estacionamiento y la posibilidad de operaciones de recarga y mantenimiento. Debido a las bajas emisiones sonoras podría ubicarse en estacionamientos. Su capacidad de rotaciones promediaría las 25 rot/h.

El Gran Aero Puerto Vertical Urbano (GAPVU) es una versión aumentada de la anterior. En función del incremento de sus emisiones sonoras, su probable ubicación sería cerca de autopistas de alto tráfico y fuera del centro urbano, a efectos de mezclar las emisiones propias con el ruido ambiental existente en concordancia con lo expuesto por EASA (2021). La configuración modelo observada en la figura 4, con 2 áreas de contacto y 6 puestos de estacionamiento, podría sustentar 50 rot/h y estar conectado a los modos de movilidad terrestres (desde la micromovilidad hasta los medios de transporte masivos). Esta es la configuración ideal para agregar servicio de transporte de carga de pago y partes públicas interior y exterior, en tamaño y cantidades proporcional a la escala del APVU.

La mayor escala imaginada para un APVU es el Mega Aero Puerto Vertical Urbano (MAPVU), el cual podría contar con hasta 20 áreas de contacto, más de 100 puestos de estacionamiento de aeronaves y alcanzaría una capacidad operativa superior a las 1000 rot/h. Sería la máxima expresión de la estación aérea para vuelo vertical, con altísima capacidad intermodal y de servicios a los usuarios.

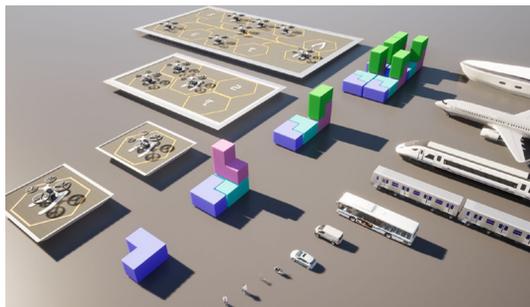


Figura 6: Diferentes escalas del APVU y su relación con otros medios de transporte

Si bien se ha hablado innumerables veces respecto de la forma de implantación (ubicación) de los APVUs (no de su localización geográfica dentro de la ciudad) Straubinger et al. (2020) refiere trabajos técnicos previos de Vascik & Hansman (2017) y Fadhil (2018), en los cuales se estudian y describen posibles implantaciones en: techos, barcazas, sobre la traza de autopistas, así como en la parte superior de infraestructuras de transporte existentes. Asimismo, Straubinger et al. mencionan un estudio llevado adelante por Vascik y Hansman (2019) en el cual se analizan distintas opciones de diseño para los APVUs, a partir de helipuertos existentes como base de investigación. En ese trabajo los autores se enfocan en determinar la sensibilidad de la capacidad del APVU respecto de su topología, o sea: al número y disposición de las plataformas de aterrizaje y despegue, calles de rodaje, puertas y puestos de estacionamiento¹⁹. Su principal conclusión señala la importancia de equilibrar el número de plataformas de aterrizaje y despegue con el número de puertas para lograr el máximo rendimiento de la aeronave por huella de APVU (o sea, la superficie que ocupa), para un conjunto de parámetros operativos dados. La principal consecuencia de esto sería modelos topológicos²⁰ con múltiples plataformas VTOL y puertas, con un requisito de espacio sustancial que descartaría muchas opciones de implantación, como p. e., techos. A su vez, y como medida adicional para aumentar el rendimiento de la estación, se propone disponer de puestos de preparación para eVTOLs dentro de los APVUs, lo cual requerirá de espacio adicional, así como plataformas VTOL independientes de despegue y aterrizaje.

Por otro lado, en un trabajo posterior, Vascik (2020) realiza un análisis de sistemas de escalamiento operativo de la MAU e identifica siete posibles limitaciones de escala a través de casos de estudios de operaciones de MAU en tres ciudades de EEUU²¹. De estas limitaciones, el desarrollo de áreas de despegue y aterrizaje, que el autor denomina TOLA²² y la provisión de servicios de ATC se proponen como limitaciones principales a corto plazo, en donde el rendimiento del TOLA depende en gran medida de los atributos del ATC²³, o sea, la carga de trabajo del controlador y los mínimos de separación.

Por ello, la ubicación y las operaciones del TOLA serán más limitadas en áreas urbanas de mayor densidad debido a las restricciones de huella, la integración con el ATC y la aceptación de la comunidad. Lo opuesto se verifica para las TOLAs ubicadas en áreas menos pobladas. Mientras que las TOLAs ubicadas en los aeropuertos están restringidas principalmente por la integración con el ATC y no así por motivos relacionados con la aceptación de la comunidad.



F

Figura 7: Posibilidades de implantación y morfología del APVU

Para permitir el escalado de la MAU, Vascik (2020) también asegura que las TOLAs deben tener simultáneamente una alta capacidad de rendimiento para soportar vuelos de gran volumen y una huella pequeña para facilitar la localización dentro del centro urbano. En tal sentido, las operaciones VFR²⁴ TOLA del orden de cien vuelos por hora serían factibles a partir de TOLAs que caben dentro de una cuadra de la ciudad. Finalmente, agrega que para aumentar el rendimiento del TOLA en una instalación con espacio limitado, el tiempo de respuesta de MAU debe minimizarse mediante una recarga / reabastecimiento rápido (o nula), un manejo simplificado de pasajeros y equipaje y un rodaje mínimo.

Finalmente, EASA, en su “Estudio sobre la aceptación social de la movilidad aérea urbana en Europa” (2021), sostiene que, por el momento, el desarrollo de los APVUs está ligado a la colaboración entre fabricantes de vehículos UAM y desarrolladores de infraestructura experimentados, aunque éstos últimos también han presentado conceptos propios compatibles con eVTOLs de distintos fabricantes, estando pendiente una evaluación detallada de viabilidad al respecto.

8_ La movilidad urbana y la ciudad

Desde el nacimiento de las ciudades, la movilidad, es decir, las formas de desplazamiento por el espacio público de personas bienes y servicios ha sido un tema de estudio, debate proposición y crítica. Y el nacimiento de los sistemas de transporte ha obligado a planificar en virtud de los diferentes actores, intereses e impactos que aquellos ha provocado en la estructura de la ciudad. El transporte ha aportado además a la ciudad instalaciones de diversa contextura y problemática las cuales se van ampliando día a día. Desde las paradas de transporte interno a las terminales estas estructuras han ido marcando puntos fijos de aquello que se mueve y concede a la urbe una condición dinámica por paradójico que parezca. Con los puertos se abrió un horizonte lejano al transporte desde el margen fluvial o marítimo de la ciudad con una impronta muy especial para las ciudades de gran movimiento comercial. Las estaciones de Ferrocarril surgidas en su mayoría en el siglo XIX marcaron el corazón de la ciudad, hicieron obsoletas las puertas y aduanas terrestres, imponiendo sus grandes dimensiones. En el siglo XX los aeródromos y aeropuertos agregaron otros puntos fijos de relación regional e internacional, pero generalmente no centrales sino periféricos a la ciudad, como complemento a instalaciones anteriores, consolidando una red de transporte que hoy puede denominarse y estudiarse como multimodal.

Como todo instrumento de progreso pueden estar sometidas a obsolescencia, al abandono o la desactivación constituyéndose en áreas urbanas que Rem Koolhaas denominó el Espacio Basura y que luego, algunos de ellos fueron objeto de posteriores reciclados urbanos bautizados como terrain vague o también como espacios de segunda mano, áreas que caracterizaron las renovaciones urbanas de sectores ferroviarios o portuarios entre los años 80 y finales de los 90 del siglo XX. No han sido ajenos a estas situaciones varios aeródromos o aeropuertos cercanos a los centros de la ciudad, abandonados por obsolescencia o ahogados por el tejido urbano y la concentración que les quitaba operatividad. Muchas de estas instalaciones se han transformado en lo que denominamos ruinas de la modernidad, a partir de no renovarse o actualizarse completamente, perdurando en el espacio con una función ambigua.

En el caso de los APV se trata de una arquitectura de menor impacto y escala, pero de mayor cantidad de edificios diseminados en el territorio que los originados por la aeronavegación tradicional.



Figura 8: Espacio basura

Los principales aspectos que diferencian a un APV de una instalación aeroportuaria tradicional son los siguientes:

- _menor impacto físico de cada instalación o infraestructura aérea.
- _menor impacto ambiental por contaminación y área de influencia de ruido
- _otro tipo de rutas
- _otro tipo de flujos
- _transporte más dinámico, en contacto con más vehículos de los medios de transporte urbanos y regionales; más presencia en la red
- _traslados en medios urbanos, de escasa duración. Competencia con el vehículo terrestre que recorre las mismas distancias en mucho mayor tiempo.

En una primera fase el desarrollo de los APV estará entre el aeropuerto y el centro de la ciudad para tomar a su cargo un segmento de esos tipo de conexiones, en el área de los viajes ejecutivos o de negocios, en los que cuenta la ganancia de tiempo en el desplazamiento terrestre desde el aeropuerto.



Figura 9: El APVU como equipamiento urbano

Seguidamente se irán desarrollando una red de puntos urbanos a conectar, entre ellos y con el aeropuerto. Este nuevo programa, necesita de una nueva arquitectura, de nuevos proyectos para desarrollar sus dinámicas funciones y ser adaptable a las posibilidades urbanas en cuanto a localización e implantación.

El APV podría además ser considerado como un equipamiento urbano ya además de poseer funciones aeronáuticas precisas y específicas puede ser la oportunidad para instalar funciones urbanas faltantes que aporten un beneficio para la comunidad completando o ampliando la red de servicios urbanos existentes. El APV abre además una serie de posibilidades proyectuales dependiendo de varios factores como pueden ser su localización, su implantación,

Dada su localización puede ser una instalación urbana o suburbana como edificio independiente, singular. Puede concebirse como un objeto paisajístico, puede instalarse sobre una estructura preexistente. A partir de su condición de implantación se comportaría como un objeto adaptable a la condiciones del solar o del espacio disponible.

9_ Nuevos Programas, Viejas Estrategias

Como ya se ha mencionado, el APV es un nuevo programa urbano como lo fueron en su momento varios de los tipos edilicios que densificaron las ciudades en el

siglo XIX, entre ellas las estaciones de ferrocarril.

En este caso el nuevo programa se compone de diversas áreas funcionales, algunas ligadas a la tradición de la operatividad aeronáutica y otras, producto de su especificidad o del uso de tecnologías nuevas o en evolución.

Como toda infraestructura aeronáutica el APV posee una parte aeronáutica, la cual está compuesta por áreas de despegue y aterrizaje, sectores de rodaje, plataforma de aeronaves, espacios de mantenimiento, depósito y recarga de baterías, servicios de apoyo y servicios de incendio, entre otros.

La parte pública interna está comprendida por espacios destinados al servicio al pasajero como la recepción, el hall de ingreso, el sector de control de seguridad, salas embarque generales, salas embarque especiales, cafetería, taquillas de retiro de compras por internet, venta automática, sanitarios y demás espacios de uso para el pasajero.

Además se incluiría un área de administración general, una sala control de operaciones de vuelo, una sala control seguridad, sala y dependencias para pilotos, vestuarios y sanitarios de personal, junto a espacios de servicio y guardado.

Como elementos integrantes de la parte pública exterior se ubicarían los accesos para pasajeros y personal, acceso de mercaderías, accesos para servicios, mantenimiento y equipos. En virtud de que este tipo de actividad se considera dentro de una red de transporte en su condición de multimodalidad se prevén accesos desde transporte público en todas sus formas.

En los términos de servicio al espacio público, se pueden incluir actividades al aire libre, cafetería, restaurante, actividades complementarias de recreación o entretenimiento, con inclusión de áreas de forestación y jardines.

Como Elementos de apoyo se ubican sectores destinados a estacionamiento privado, salas de máquinas y provisión de servicios y acondicionamiento término, estación transformadora de electricidad, depósitos generales, etc.

En cuanto a las instalaciones es importante considerar las relativas a captación de aguas de lluvia y reutilización de aguas grises a la vez que instalaciones destinadas a la provisión de energía solar para la generación de energía eléctrica de bajo consumo.

Este tipo de infraestructuras aeronáuticas pueden originarse por diversos tipos de demanda, la cual puede desarrollarse mediante diversos modos proyectuales acordes a ella. Estos modos proyectuales pueden responder a solicitudes tan diversas como la del edificio único o la de la construcción de una red de puntos

urbanos que deben instalarse todos a la vez para consolidar el sistema. De este modo, el proyecto de arquitectura podría estar en presencia de los siguientes tipos de demanda:

- 1_ El edificio único singular de representación corporativa.
- 2_ El edificio híbrido que se inserta y se compromete en una estructura existente y la renueva
- 3_ El edificio parásito, que como ha sucedido en la mayoría de los edificios que han recibido las instalaciones de un helipuerto, se adosa a lo existente una nueva estructura
- 4_ La demanda de múltiples edificios que deben constituir una red, caso en el que el proyecto puede responder por medio de la construcción de sistema de partes adaptables a las condiciones de escala, localización e implantación.

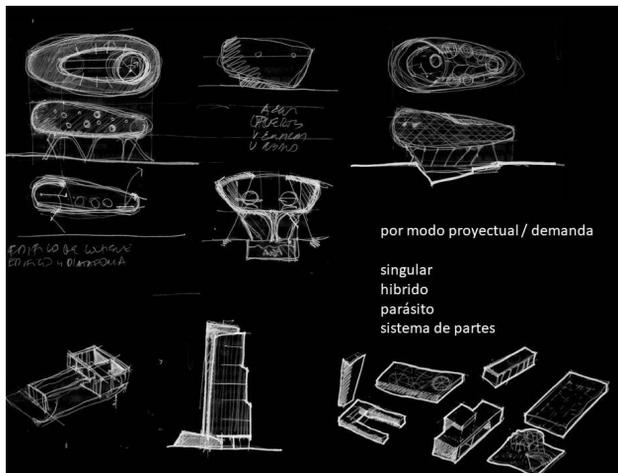


Figura 10: Modos proyectuales posibles para los APVUs

10_ Antecedentes del método de sistema de partes adaptables

Pensar el proyecto del APV mediante un sistema de partes adaptables amerita revisar antecedentes en la cultura arquitectónica, los que en su mayoría han sido generados en respuesta a una gran demanda e cantidad de edificios, de distinto tamaño y jerarquía, y condiciones de localización e implantación diferentes.

En primer lugar podemos revisar la experiencia realizada por Christopher Wren al proyectar varias decenas de iglesias en la ciudad de Londres durante el siglo XVII. Años después de que la ciudad de Londres se incendiara por completo en 1666, Christopher Wren el arquitecto autor de obras tales como la catedral de San Pablo, el Hospital de Greenwich, La biblioteca de Cambridge o el Teatro Sheldonian de Oxford, es comisionado para reconstruir las iglesias 87 destruidas por el fuego. En lugar de reconstruir cada una se decide en 1670 la construcción en piedra y ladrillo de 52 de las iglesias de la ciudad.

Por este motivo y la necesidad de responder al mismo tiempo a tal demanda, Wren junto a su colaborador Robert Hooke idearon un sistema (quizás inspirado por alguna idea de un arquitecto anterior como Palladio) para construir 52 iglesias diferentes en un período de diez años. Una misma manera de resolver diversos problemas con un número de diferentes soluciones.

Dicha gran variedad de soluciones se dio por los diferencia entre las implantaciones, el uso de los cimientos existente y también dada la naturaleza experimental de Wren. Por otra parte, al no haber antecedentes de estas iglesias acordes a los lenguajes de siglo XVII, Wren se vio libre de establecer un nuevo lenguaje arquitectónico.

Las iglesias ideadas por Wren se pueden clasificar en dos grandes grupos: las de gran tamaño generalmente alargadas, y las de pequeñas dimensiones de configuración compacta.

Lo interesante para este tema es que para poder responder a tal demanda, Wren y Hooke idean un sistema de edificios construibles a partir de un set de elementos combinables; partes arquitectónicas, las cuales compuestas en una combinatoria dependiendo de las demandas de cada solar y de sus dimensiones, presentan diferentes configuraciones finales. Una familia de objetos no mediante una investigación tipológica tradicional, sino por la definición de un código espacial funcional que se instala mediante leyes combinatorias. Se proponen temas fijos, pero movilidad en las soluciones en base a las condiciones de proyecto. Es entonces un sistema de proyecto, más que un modo tipológico. A partir de la definición de elementos de base y de otros anexables se constituye este set de elementos combinables, partes que se articulan, se expanden, se escalan, se duplican. Bajo una retícula geométrica de base, las piezas nave principal, nave secundaria, ábside, sacristía, torre, acceso entre otras generan los 52 proyectos construidos en Londres.

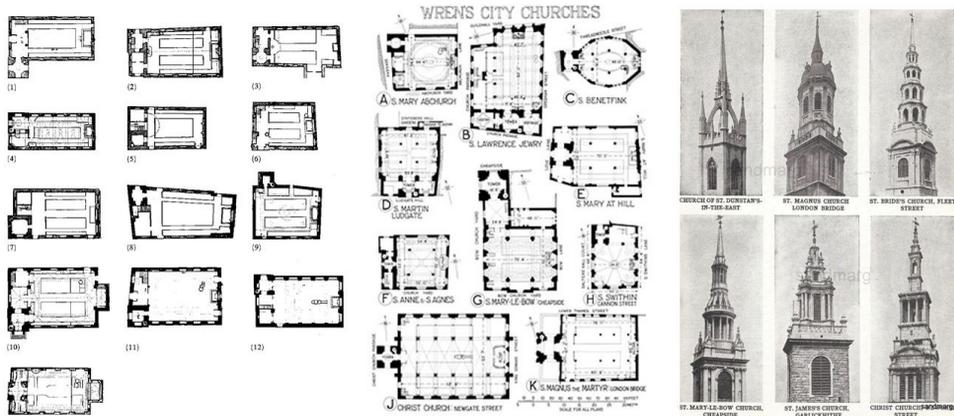


Figura 11: Iglesias para Londres por Christopher Wren

Los elementos en sí constituyen un tipo, por lo tanto el diseño final de cada torre, nave, ábside, etc. es diferente y en consecuencia cada obra es única. Criterios similares en algunos aspectos pueden verse en ejemplos de la arquitectura argentina. Introduciéndonos al tema es posible de observar un patrón de proyecto en las sedes del Correo Nacional realizadas desde finales de los años 50, una serie de obras basadas en componentes definidos que son ajustables a las condiciones de localización e implantación como parte de un trabajo proyectual sistemático. Ejemplo de este tipo de trabajo son los edificios de correos de ciudades como Neuquén, Santa Rosa, Santa Fe, Córdoba, Mar del Plata, San Juan, entre otras.



Figura 12: Edificios de correos en Argentina décadas 1955-60

El caso más notable de un tipo de sistema proyectual en nuestra arquitectura es el empleado por el ing. Antonio U. Vilar para proyectar las sedes del Automóvil Club Argentino. 300 años después de la experiencia de Wren, Vilar empleó un criterio proyectual similar cuando el Automóvil Club Argentino lo comisionó para proyectar 180 estaciones de servicio YPF del país en un muy corto tiempo.

Hacia mediados de 1937 el ACA, en el marco del plan ACA-YPF abre la convocatoria a un concurso de proyectos restringido por invitación para la realización de proyectos para la nueva red de estaciones de servicio del plan. Se requería proponer para tres tipos diferentes: una estación de servicio urbana, una estación con local para filial provincial del club, y una estación de servicio caminera, sin indicaciones de terreno o condiciones de implantación. El concurso es ganado por Antonio Vilar quien junto a su socio alemán Willi Ludewig dispone una serie de criterios de organización, lenguaje e identidad que rápidamente será aceptada por el promotor.

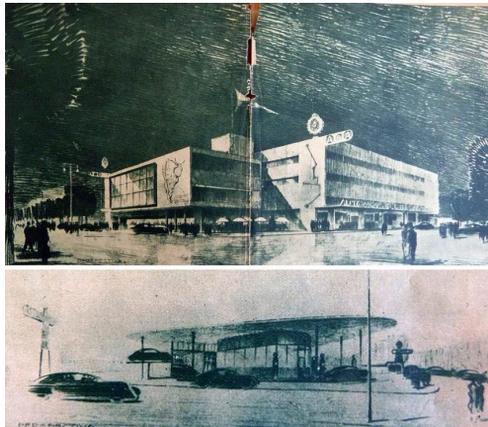


Figura 13: Dibujos de Vilar para el proyecto del ACA

Vilar se encarga de dar forma a un modo de proyecto particular para responder a los requerimientos del plan ACA –YPF el cual tenía programada una serie de estaciones clasificadas en 9 categorías como las siguientes:

- edificio de la Sede Central
- estaciones urbanas de la Capital Federal
- estaciones suburbanas de la Capital Federal

- estaciones con sede social en capitales de provincia
- estaciones con sede social en ciudades importantes
- estaciones camineras
- estaciones fronterizas
- estaciones portuarias
- edificios de campings

Ese modo de proyecto ideado por Vilar se basaba en la necesidad de respuesta a la variedad del clima, de la implantación, de los recursos, del paisaje y a la vez a la cantidad de proyectos que era necesario ejecutar en un muy corto período de tiempo y dentro de una red planificada.

Vilar estableció para los proyectos un sistema de partes funcionales que serían combinadas, ampliadas eliminadas o localizadas según la ciudad, el paisaje, el terreno o la categoría de la estación de servicio.

En principio trabajó con los siguientes grupos funcionales, los cuales fueron ajustándose en base a la experiencia en desarrollo: Oficinas administrativas, Estacionamiento cubierto, Talleres de mecánica, Expendedores de combustible, Servicios. Cada una de estas piezas arquitectónicas se operaban de acuerdo a las solicitudes de las condiciones de localización. Este sistema dio como resultado una serie de obras pertenecientes a una familia pero manteniendo la singularidad sin repetirse, de un modo muy similar al de Wren.

Pasados unos siete años desde el concurso, de las 180 estaciones previstas en el plan, ya se habían construido 85 en todo el territorio nacional. Con el tiempo se irían completando varias de las restantes hasta la discontinuidad del plan entrados los años 40 volviendo a un sistema tradicional de proyectos por cada obra nueva a realizar.

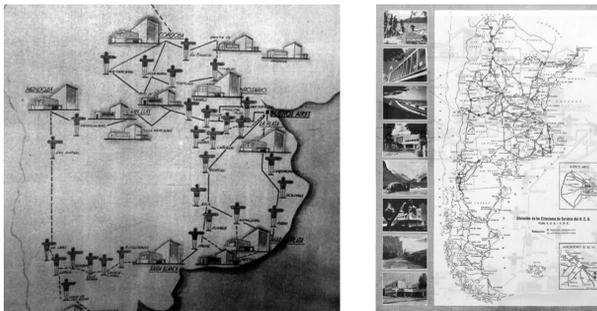


Figura 14: Red de estaciones de servicio del ACA



Figura 15: Estaciones del ACA en Bahía Blanca/ Mar del Plata / Córdoba / Tandil

En el paralelo entre el desarrollo de las obras de Wren y Vilar, también se podría agregar la coincidencia en que la forma de proyecto sistémica no abarcó al principal edificio de la serie. En el caso de Wren, el proyecto de San Pablo de Londres ya había sido comenzado antes del encargo de las 52 iglesias destruidas por el incendio, mientras que Vilar, proyecta la sede nacional del ACA en Buenos Aires asociado con otros arquitectos, resultando un edificio singular, por fuera del modo proyectual de los 179 proyectos restantes.

En una escala menor, y a comienzos del siglo XXI, Mario Corea Aiello dispuso de un criterio similar cuando fue comisionado para realizar una serie de edificios para la salud, la educación y de vivienda en el territorio de la Provincia de Santa Fe, en el marco de un plan del Estado Provincial.

11_ el sistema de partes en el proyecto de los APV

Retomando el problema de diseño referido a los APV, pensamos que es posible reconsiderar las experiencias de Wren y Vilar es decir, volver a estudiar los modos proyectuales del pasado para la construcción de lo nuevo. El futuro de los APV demandará muchos proyectos en poco tiempo, proyectos dentro de una red planificada, edificios sometidos a una misma normativa, con localizaciones e implantaciones diversas y en algunos casos con requerimientos de identidad, todos temas coincidentes con los ejemplos antes vistos.

Considerando el cuarto modo de proyecto de entre los casos señalados anteriormente, el modo de proyecto mediante el desarrollo de un sistema de partes asumiría una modalidad de trabajo como la descrita en los casos anteriores, sobre todo en el del sistema de estaciones que Vilar propone.

En el caso del APV las componentes arquitectónicas variables serían las variables que adapten el sistema ideal a condiciones específicas determinadas para constituir cada variante de proyecto, es decir cada edificio, único en sí, pero parte de una familia de componentes similares pero con operaciones de transformación.

La transformación de los componentes estará determinada por varios factores. Con respecto a la localización, este factor determinará la escala del APV, definiendo un tipo de pasajero, de frecuencias, tipo de aeronave con respecto al rol dentro de la red de APVs. Incluso podrán existir además condiciones de funciones anexas necesarias dada la condición de localización prevista. De igual modo, este factor estará caracterizado por la relación del APV con el sistema de transporte urbano con el cual se conectará modificando la cualidad de alguno de sus componentes.

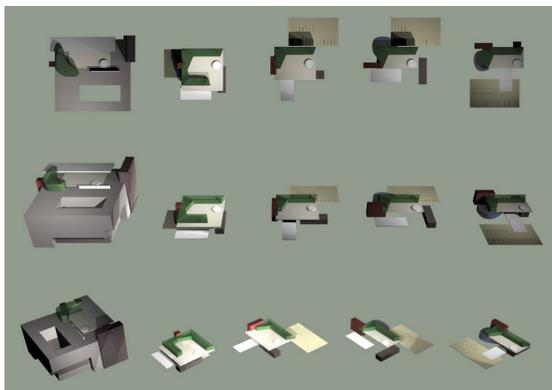


Figura 16: sistema de partes

Pero también, el criterio de implantación, más específico en las condiciones físicas de relación arquitectura-ciudad, determinará pautas de diseño y de operación sobre los componentes que estarán ligadas a la relación con el contexto urbano en general y con inserción en un solar o en un tejido urbano determinado. La disponi-

bilidad de espacio, la forma del solar, las restricciones de los códigos, la presencia de elementos naturales, las condiciones de vientos, entre otras, serán los factores de modificación y selección de partes para cada caso proyectual.

Los criterios de localización e implantación también irán asociados a una demanda del promotor del servicio en la medida que se defina escala, prestaciones, rol en la red y otros aspectos que incidirán en la cantidad de componentes y en las intensidades de cada uno de ellos en el conjunto arquitectónico.

Las condiciones de localización y de implantación también serán determinantes para la conformación de las partes actuantes en un proyecto, como así la intensidad que tomará de cada una de ellas en el conjunto del diseño. Es posible establecer de antemano un listado máximo de partes y uno mínimo, pero no sería posible un listado tipo ya que dependería de considerar las variaciones según la demanda.

En términos de lo que se trata cuando se habla de la arquitectura por partes, en los APV no necesariamente coincidirían las partes con unidades espaciales-funcionales determinadas o prefijadas en cuanto a forma y disposición. También es posible la conformación de espacios que determinan áreas de actuación los cuales tienen prevista una configuración formal incipiente pero que deberán pasar por el proceso operativo de adaptación a otros componentes para lograr su condición dimensional-formal definitiva.

Intentando un listado básico de partes como áreas de actuación se podrían listar los siguientes:

- área de acceso, hall de partidas y llegadas
- área de control de seguridad manual o automático
- área de pre-embarque con servicios de cafetería y sanitarios
- área de embarque/desembarque a/de las aeronaves
- posiciones de las aeronaves
- rodaje hacia punto de ascenso-descenso de aeronaves
- área servicios de rampa (recarga o recambio de baterías)
- área de control y administración
- vestuarios personal
- sector de mantenimiento de aeronaves e instalaciones
- sala de máquinas y de acondicionamiento climático
- estacionamiento vehículos del personal

Conclusión

En las últimas décadas, la movilidad en las ciudades ha cambiado. Nuevas necesidades, cambio en los centros de interés y economía de movimientos han impulsado el desarrollo de alternativas al transporte urbano tradicional. Acompañando estas transformaciones, la búsqueda de la reducción de emisiones, la optimización de los recorridos, y la eficiencia en el tiempo del transporte han impulsado a pensar en el transporte urbano aéreo. Todo esto, apoyado por nuevas motorizaciones y tecnología de control de vuelo han posibilitado el ensayo y desarrollo de vehículos eléctricos para ser usados en áreas o trayectos urbanos.

Paralelamente a los cambios y a los desarrollos industriales se trabaja en las regulaciones que hagan posible este nuevo modo, a la vez que comienzan a pensarse las instalaciones o infraestructuras de tierra necesarias para que puedan operar estos nuevos medios de transporte aéreo y urbano. Las estrategias necesarias para considerar la formalización de estas infraestructuras, los aeropuertos verticales urbanos como nuevos programas, pueden retomarse de experiencias del pasado de la disciplina arquitectónica. Modos de entendimiento de los procesos de proyecto que posibiliten formas de abordaje del diseño evitan la construcción de modelos a imitar o repetir, que en poco tiempo puedan resultar obsoletos. La modalidad proyectual por partes combinables puede ser hoy nuevamente la solución para enfrentar el diseño de muchas infraestructuras, en poco tiempo, adaptables a las condiciones de localización e implantación necesarias.

Referencias

1_ Las plataformas de transporte compartido son plataformas en línea o basadas en aplicaciones que permiten a los usuarios contratar un conductor personal. Conectan a los conductores de vehículos de alquiler privado con los usuarios de la plataforma que necesitan transporte. Tienen tres componentes: a) Aplicación para el conductor, permite que éstos ofrezcan servicios y se comuniquen con sus clientes; b) Aplicación para el usuario, para que los clientes reserven, rastreen sus viajes y seleccionen tipos de vehículos; c) Sistema de despacho, que conecta el conductor y cliente a través de sus teléfonos móviles.

2_ VTOL: Vertical Take-Off and Landing.

3_ UAS: Unmanned Aircraft System (Sistema de Aeronave No Tripulada). FAA Glossary - ConOps V1.0.

4_ eVTOL: electrical Vertical Takeoff and Landing

5_ El término "drone", del inglés "zángano", se aplicó en alusión al zumbido similar que producían cier-

tos artefactos voladores y se empleó originalmente a drones militares como el General Atomics MQ-1 Predator. Posteriormente se lo comenzó a utilizar para describir pequeños multicópteros de consumo masivo.

6_ Seguramente esta predicción se verá afectada por la pandemia de COVID-19, observándose un retraso de 2 a 3 años.

7_ UTM: UAS Traffic Management. FAA Glossary - ConOps V1.0.

8_ Esta idea puede extenderse a la AAM, Advanced Air Movility (Movilidad Aérea Avanzada), y a la RAM, Regional Air Mobility (Movilidad Aérea Regional), conceptos actualmente en discusión y desarrollo.

9_ Puede observarse un directorio muy completo de vehículos aéreos relevado por la Vertical Flight Society en <https://evtol.news/aircraft>.

10_ <https://www.easa.europa.eu/domains/urban-air-mobility-uam>

11_ SC – Special Condition. Un tipo de documento de EASA.

12_ Probablemente basados en regulaciones para operadores de transporte aéreo comercial actuales.

13_ U-Space es el proyecto de creación del sistema UTM bajo el Single European Space (SES), equivalente al Air Traffic Management - ATM (Gestión del Tráfico Aéreo) de la aviación tripulada en espacio aéreo europeo. Constituye un modo de integrar a todo tipo de aeronaves para que puedan coexistir y cooperar en armonía dentro de la totalidad del nuevo espacio aéreo (ver: <https://www.sesarju.eu/U-space>).

14_ Ver también: <https://www.safir-med.eu/>

15_ VLD: Very Large Demonstration (demostración de muy gran escala).

16_ ATM: Air Traffic Management (Gestión del Tráfico Aéreo).

17_ O sea que 10 rotaciones equivalen a 10 despegues y 10 aterrizajes.

18_ Aunque aún hay una discusión abierta al respecto de ésta posible utilización (Vascik & Hansman, Development of vertiport capacity envelopes and analysis of their sensitivity to topological and operational factors, 2019).

19_ El estudio también evalúa la sensibilidad de la capacidad del APVU relacionado con los parámetros operativos, incluido el tiempo de rodaje, el tiempo de respuesta, la aeronave preestablecida y la independencia del procedimiento de aproximación / salida, entre otros.

20_ Los modelos topológicos señalados por Vascik y Hansman (2019), son cuatro: lineal, satelital, muelle y plataforma remota.

21_ Los casos de estudio de ciudades fueron: Los Angeles, Dallas y Boston. En realidad, el límite geográfico para cada caso de estudio de ciudad fue trazado sobre un mapa de densidad de población. Los límites se definieron para incluir los principales centros poblacionales dentro de aproximadamente 50 NM del área principal del centro de la ciudad y los distritos censales con al menos 101 personas por milla cuadrada. El límite del caso de estudio de Los Ángeles se amplió para incluir a San Diego, que se anticipó como un probable mercado interurbano para UAM, quedando conformados de la siguiente manera: a) Los Angeles, San Bernardino y San Diego; b) Dallas, Ft Worth, Denton y McKinney y c) Boston, Providence y Manchester.

22_ TOLA: Take-off and Landing Area (Área de Despegue y Aterrizaje). Se refiere a cualquier ubicación desde o hacia la cual una aeronave de MAU puede llegar o salir, incluidos, entre otros, aeropuertos, helipuertos, APVUs y áreas de aterrizaje no mejoradas.

23_ ATC: Air Traffic Control (Control de Tráfico Aéreo).

24_ VFR: Visual Flight Rules (Reglas de Vuelo Visual)

Bibliografía

- AiRMOUR. (2021). Capturado de Towards increased Urban Air Mobility competence: <https://airmour.eu/project-description/>
- Balac, M., Vetrella, A. R., & Axhausen, K. W. (2018). Towards the integration of aerial transportation in urban settings. Zurich: ETH Zurich's Research Collection.
- Booz-Allen, Hamilton, Inc. (2018). Urban Air Mobility (UAM) Market Study. NASA.
- Cappelli, R., Pronsato, G. (1993). Las 7+1 lámparas de la arquitectura argentina. La Plata: Ediciones Capro.
- Corea Aiello, M. (2011). Santa Fe 2008-2011 en obras. Santa Fe: Gobernación de santa Fe.
- Duffy, M. J., Wakayama, S. R., & Hupp, R. (2017). A Study in Reducing the Cost of Vertical Flight with Electric Propulsion. 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. doi:10.2514/6.2017-3442 (<https://doi.org/10.2514/6.2017-3442>). 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (p. 24). Denver, Colorado: American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- EASA. (2020). Capturado de Special Condition for Light Unmanned Aircraft Systems - Medium Risk: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/special_condition_sc_light-uas_medium_risk_01.pdf
- EASA. (2021). Capturado de EASA issues guidelines for the design verification of drones operated in the 'specific' category: <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/press-releases/easa-issues-guidelines-design-verification-drones-operated>
- EASA. (2021). Capturado de Commission Delegated Regulation (EU) 2021/664 of 22 April 2021 on a regulatory framework for the U-space: <https://www.easa.europa.eu/document-library/regulations/commission-delegated-regulation-eu-2021664>
- EASA. (2021). Capturado de Commission Implementing Regulation (EU) 2021/665 of 22 April 2021 amending Implementing Regulation (EU) 2017/373 as regards requirements for providers of air traffic management/air navigation services and other air traffic management network functions in: <https://www.easa.europa.eu/document-library/regulations/commission-delegated-regulation-eu-2021665>
- EASA. (2021, Abril 22). Capturado de Commission Implementing Regulation (EU) 2021/666 of 22 April 2021 amending Regulation (EU) No 923/2012 as regards requirements for manned aviation operating in U-space airspace, has been published in EUR-Lex: <https://www.easa.europa.eu/document-library/regulations/commission-delegated-regulation-eu-2021666>
- EASA. (2021). Special Condition for VTOL and Means of Compliance. Capturado de <https://www.easa.europa.eu/document-library/product-certification-consultations/special-condition-vtol>
- EASA. (2021, Marzo). Study on the societal acceptance of Urban Air Mobility in Europe. European Aviation Safety Agency.
- EASA. (2021, Junio). Urban Air Mobility - When will Urban Air Mobility appear in European Cities? European Aviation Safety Agency.
- eHang. (2020). Capturado de eHang: <https://www.ehang.com/app/en/EHang%20White%20Paper%20on%20Urban%20Air%20Mobility%20Systems.pdf>
- Embraer-X. (2019). Capturado de embraerx.embraer.com/global/en: https://daflwcl3bnxyt.cloudfront.net/m/72d6ed98a71cb43f/original/200702_AF_EMBX_White_Paper_DM.pdf
- European Commission. (2021). Retrieved Abril 2021, from Smart Cities Marketplace: <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/>
- European Union News. (2019, Abril 18). CO2 emissions from cars: facts and figures (infographics). Capturado de <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20190313STO31218/co2-emissions-from-cars-facts-and-figures-infographics>

Fadhil, D. N. (2018). A GIS-based Analysis for Selecting Ground Infrastructure Locations for Urban Air Mobility. Master Tesis, Technical University of Munich, Department of Civil, Geo, and Environmental Engineering, München, Alemania.

Head, E. (2021). eVTOL Basics for Investors. Capturado de eVTOL.com: <https://assets.evtol.com/wp-content/uploads/2021/07/eVTOL-Basics-For-Investors.pdf>

INRIX. (2021). INRIX 2020 Traffic Scorecard Report. Capturado de <https://inrix.com/>: <https://inrix.com/scorecard/>

Joby Aviation. (2021). Joby Completes Flight of More Than 150 Miles with Electric Vertical Take-Off Air Taxi. Capturado de <https://www.jobyaviation.com/>: <https://www.jobyaviation.com/news/joby-completes-flight-of-more-than-150-miles/>

Koolhaas, R. (2007). Espacio basura. Barcelona: Gustavo Gili

Kuhn, H., Falter, C., & Sizmann, A. (2011). Renewable energy perspectives for aviation. Conference of the Council of European Aerospace Societies (CEAS).

Mallo, A. (2018). Institucionalización del imaginario moderno en las estaciones de servicio del Plan ACA-YPF. En: Revistas Registros, Vol 14 (2), pág. 4 a 27. Córdoba: Universidad nacional de Córdoba.

Panetta, K. (2019). 5 Trends Appear on the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies. Gartner.

Pradeep, P., & Wei, P. (2018). Energy Efficient Arrival with RTA Constraint for Urban eVTOL Operations. 15.

Rezende, R. N., Barros, E., & Perez, V. (2018). General Aviation 2025 - A study for electric propulsion. Joint Propulsion Conference. American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Sachs, P. (2018). Applying Visual Separation Principles to UAV Flocking.

SESAR Joint Undertaking. (2020). Capturado de SAFIR-MED - SAFE AND FLEXIBLE INTEGRATION OF ADVANCED U-SPACE SERVICES FOR MEDICAL AIR MOBILITY: <https://www.sesarju.eu/projects/SAFIR-Med>

SESAR Joint Undertaking. (2020). Capturado de CORUS-XUAM - CONCEPT OF OPERATIONS FOR EUROPEAN U-SPACE SERVICES - EXTENSION FOR URBAN AIR MOBILITY: <https://www.sesarju.eu/projects/CORUSXUAM>

SESAR Joint Undertaking. (2020). U-space | Suporting safe and secure drone operations in Europe. Capturado de Consolidated report on SESAR U-space research and innovation results: <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20research%20innovation%20results.pdf>

SESAR Joint Undertaking. (2021). Capturado de AMU-LED - AIR MOBILITY URBAN-LARGE EXPERIMENTAL DEMONSTRATIONS: <https://www.sesarju.eu/projects/AMU-LED>

SESAR Joint Undertaking. (2021, 01 01). Capturado de GOF2.0 - INTEGRATED URBAN AIRSPACE VLD: <https://www.sesarju.eu/projects/GOF2>

SESAR Joint Undertaking. (2021). Capturado de TINDAIR - TACTICAL INSTRUMENTAL DECONFLICTION AND IN FLIGHT RESOLUTION: <https://www.sesarju.eu/projects/TINDAIR>

SESAR Joint Undertaking. (2021). Capturado de USPACE4UAM: <https://www.sesarju.eu/projects/Uspace4UAM>

Shamiyeh, M., Bijewitz, J., & Hornung, M. (2017). A review of recent personal air vehicle concepts. Aerospace Europe 6th CEAS Conference.

Shamiyeh, M., Rothfeld, R., & Hornung, M. (2018). A performance benchmark of recent personal air vehicle concepts for urban air mobility. In I. C. Sciences (Ed.), 31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences. The International Council of the Aeronautical Sciences. Belo Horizonte, Brasil.

Smart, J. (2018, Feb 20). Our Amazing Aerial Future — How, When, and Why Air Taxis and Air Deliveries Will Change Our World. Capturado de <https://johnsmart.medium.com/our-amazing-aerial-future-how-when-and-why-air-taxis-and-air-deliveries-will-change-our-world-2fc67d6b669>

Song, M. G., & Yeo, G. T. (2017). Analysis of the Air Transport Network Characteristics of Major Airports. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(3), 117 - 125.

Straubinger, A., & Rothfeld, R. (2018). Identification of Relevant Aspects for Personal Air Transport System Integration in Urban Mobility Modelling. *Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018*. Vienna, Austria.

Straubinger, A., Rothfeld, R., Shamiyeh, M., Kaiser, J., & 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*.

The World Bank. (2020). Urban Development. Capturado de <https://www.worldbank.org/en/topic/urban-development/overview#1>

Uber elevate. (2016, Octubre). Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation. Capturado de <https://evtol.news/news/uber-elevate-white-paper-oct-2016>

US Department of Transportation. (2020). Traffic Volume Trends.

US Environmental Protection Agency. (2019). Sources of Greenhouse Gas Emissions. Capturado de US Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>

Vascik, P. (2020). Systems Analysis of Urban Air Mobility Operational Scaling. Tesis doctoral, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, EEUU.

Vascik, P. D., & Hansman, R. J. (2017). Evaluation of Key Operational Constraints Affecting On-Demand Mobility for Aviation in the Los Angeles Basin: Ground Infrastructure, Air Traffic Control and Noise. 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (pp. 5-9). Denver, Colorado: AIAA AVIATION Forum.

Vascik, P. D., & Hansman, R. J. (2019). Development of vertiport capacity envelopes and analysis of their sensitivity to topological and operational factors. AIAA Scitech 2019 Forum. San Diego, California: AIAA.

Vilar, A.U. (1943). El Automóvil Club Argentino al servicio del país. En: revista Nuestra Arquitectura n° 162. Buenos Aires: Hylton Scott.

Volocopter. (2019). Capturado de Volocopter: <https://press.volocopter.com/index.php/volocopter-publishes-white-paper-on-urban-air-mobility>

Volocopter. (2021). VOLOPORT - Home of the urban air ecosystem. Capturado de <https://www.volocopter.com/content/uploads/Volocopter-WhitePaper-2-0.pdf>

Whitnney, M. Wren. Londres: Thames and Hudson.

Zeleros. (2021). The German multinational joins forces with the Spanish startup to lead the future of the hyperloop. Capturado de Zeleros: <https://zeleros.com>