

Paper

Vertipuertos metropolitanos

Justo, Augusto Martín

justo.augusto@gmail.com

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Centro de Investigaciones Gestión de Espacios Costeros. Buenos Aires, Argentina;

Línea temática 2. Categorías, clasificaciones y métodos

Palabras clave

“UAM”, “eVTOL”, “Costa”, “Vertipuertos”, “Taxi Aéreo”.

Resumen

Se prevé que en el año 2050 un 70% de la población mundial viva en ciudades. Este hecho hace que en las siguientes décadas los núcleos urbanos tengan que afrontar un número creciente de problemas ligados a ello, como: el abastecimiento energético; las emisiones de CO2; la planificación del tráfico automovilístico; la provisión de bienes; la prestación de servicios sanitarios y de seguridad a todos quienes residan en estos enormes y masificados centros de población.

En el caso de la movilidad y el transporte, cuando se sobreexcede la cantidad de usuarios, genera: congestión de las autopistas, rutas y calles; viajes de mala calidad en transporte público; prolongado tiempo de traslados; aumento de la huella de carbono y contaminación sonora. Como respuesta a los problemas descriptos hay una tendencia que

está en auge, que es la movilidad aérea urbana e interurbana, mediante la utilización de vehículos eléctricos de despegue y aterrizaje vertical (eVTOL). Actualmente este medio de transporte está en periodo de pruebas en algunas ciudades del mundo (Sevilla, Llíria, Dubái, Seúl y Guangzhou) fomentando la sinergia entre las empresas desarrolladoras y los estados responsables.

Urban Air Mobility (UAM) es un conjunto de tecnologías y servicios que permite el transporte bajo demanda y programado a baja altitud de pasajeros y mercancías en entornos urbanos y suburbanos. Las personas serán transportadas principalmente por eVTOL, también conocidos como taxis aéreos. Para implementar su uso en entornos urbanos hay que conocer el ecosistema UAM, que considera: la evolución y seguridad de la aeronave; el marco de operación; el acceso al espacio aéreo; el desarrollo de infraestructura; y la participación de la comunidad.

Los puertos verticales, denominados vertipuertos, tienen diferentes posibilidades de configuración y ubicación en el territorio (Aeropuerto, Edificio, Borde costero). Son mini aeropuertos donde los usuarios concurren a subir a la aeronave, los vehículos recargan o no batería y puede también ser un centro de trasbordo.

Este trabajo tiene como objetivo proponer un método para caracterizar y clasificar vertipuertos en un área metropolitana. Para ello, se realizará una codificación de información acerca de la dimensión de las aeronaves, cantidad de plazas, requerimiento de área de maniobra y espacio aéreo libre. También una jerarquización basada en infraestructura, localización y tipo de operación, permitiendo de este modo una base para la evaluación de su ubicación según configuración, así como los potenciales impactos, ventajas y conflictos sobre el entorno inmediato.

Introducción

En el imaginario colectivo de las personas que alguna vez vieron dibujos animados, como los supersónicos o películas con futuros distópicos, entre ellas, Regreso al futuro, Blade runner o el Quinto elemento, donde se venían coches voladores y ciudades con infraestructura destinada a ese medio de transporte, hoy pueden empezar a vislumbrar las posibilidades de incorporación de sistemas similares en sus ciudades, a una escala en principio muy acotada, pero inminente.

Actualmente las ciudades están en crecimiento constante por la migración no sólo de personas de áreas rurales, sino también de ciudades pequeñas e intermedias, en búsqueda de una mejor calidad de vida y estabilidad económica. En el caso de Argentina, tenemos presente que es un país con alta incidencia de urbanización en relación a otros países latinoamericanos. Según las proyecciones de Naciones Unidas “desde 2007, más de la mitad de la población mundial ha estado viviendo en ciudades, y se espera que dicha cantidad aumente hasta el 60% para 2030 (Naciones Unidas, s.f). En este contexto donde las ciudades se expanden y densifican debido a la incidencia de nuevos pobladores o la unión entre tejidos urbanos que se consolidan formando megalópolis/regiones metropolitanas, se acentúan los problemas urbanos, entre ellos, los de movilidad, vivienda y medio ambiente. Dentro de las proyecciones del Banco Mundial prevé que casi 7 de cada 10 personas vivirán en ciudades (Banco Mundial, 2020). Esta situación hace que en las siguientes décadas los centros urbanos tendrán que afrontar problemas como el abastecimiento energético, las emisiones de CO₂, la provisión de bienes y materias primas y la planificación del tráfico vehicular.

En el caso de la planificación de transporte de personas, mercancías y bienes, se están desarrollando nuevas iniciativas utilizando el espacio aéreo urbano, bajo en el concepto de Movilidad Aérea Urbana (UAM). Se está explorando el uso de vehículos eléctricos de despegue y aterrizaje vertical, de diferentes dimensiones y opciones de pilotaje. Dentro del ecosistema necesario para que puedan funcionar estos vehículos, se requiere de infraestructura y uno de los puntos clave, son los denominados vertipuertos.

El objetivo de este trabajo es realizar una codificación de información para caracterizar y clasificar vertipuertos en un área metropolitana con destino al transporte de pasajeros. Para ello se investigarán los tipos de aeronaves, requerimiento de área de maniobra y espacio aéreo libre. Además, generar una jerarquización basada en puntos de referencia, localización y tipo de operación, permitiendo de este modo una base para la evaluación de su ubicación según configuración, así como los potenciales impactos, ventajas y conflictos sobre el entorno inmediato.

Movilidad Aérea Urbana

La movilidad aérea urbana (UAM) ha tenido antepasados en el siglo XX, a partir del año 1947 en EEUU, comenzó a utilizarse con mayor frecuencia el uso del helicóptero como medio de transporte de pasajeros, como taxis aéreos para el desplazamiento en la ciudad, puntos estratégicos y el aeropuerto. Era habitual su uso por la buena competitividad que tenía en relación a los costos y tiempos de viajes en comparación con otros medios terrestres. Al pasar los años se generó una ruptura debido al incremento de los costos de mantenimiento de los helicópteros y algunos accidentes. Durante el periodo 2016 al 2020 funcionó Voom, una empresa subsidiaria de Airbus (empresa europea que diseña, fabrica y vende aviones civiles) con sede en Silicon Valley y dedicada a la innovación, que por motivos del deceso de uso por la crisis generada por el Covid-19, debió concluir su funcionamiento. Fue la primera plataforma de reserva de helicópteros en el mercado que conectó a los viajeros con compañías de taxis aéreos, pudiendo recolectar información y datos vitales para la comprensión de uso (quienes son los usuarios), comparación con otros modos/medios de transporte (taxi terrestre - costos) y las necesidades (infraestructura) para concretar traslados mediante estos vehículos. En la actualidad ese medio de transporte sólo es accesible a ciudadanos con un alto poder adquisitivo.

Como evolución de ese modo de transporte se está explorando y perfeccionando el uso de vehículos de despegue y aterrizajes verticales piloteados y autónomos. En el presente está en estado de prueba la utilización de estos vehículos abastecidos mediante energía eléctrica, donde se recarga o se cambia la batería, reduciendo las emisiones de CO₂, la contaminación sonora y fomenta energías limpias y renovables. Dependiendo la empresa (Lilium, Volocopter, Wisk, Kittyhawk, etc.) a que se haga referencia, tienen proyecciones muy positivas a un corto plazo de ingresar a la actividad con vehículos destinados al transporte de pasajeros como taxis aéreos, con la intención de ser asequibles para los usuarios y no quedar destinado a un perfil específico. La NASA ha invertido importantes recursos para cultivar un ecosistema para la movilidad aérea urbana (UAM) que incluya fabricantes de aviones de despegue y aterrizaje verticales, constructores de áreas de despegue y aterrizaje e investigadores de los conceptos, tecnologías y procedimientos de integración del espacio aéreo necesarios para llevar a cabo las operaciones de movilidad de forma segura y eficiente junto con otros usuarios del espacio aéreo.

Esta innovación, viene a colaborar y complementar con otros medios de transporte (tren, autobús, taxi), favoreciendo considerablemente en la calidad de vida de los ciudadanos. Puede ayudar a: la descongestión de las calles dando lugar a mejorar la calidad ambiental (calidad del aire y bajo impacto sonoro); aprovechamiento del uso del espacio público para los peatones, teniendo mayor espacio de interacción; acortar el tiempo de traslado de los pasajeros a su destino debido a la rapidez del medio, pudiendo aprovechar esas horas ganadas en otros temas (ocio, descanso). La gran ventaja de este

sistema es su relativo bajo costo en infraestructura en relación a otros medios, debido a que no se precisan construir rutas físicas, se utiliza el espacio aéreo. Las estaciones donde concurren los pasajeros, denominadas vertipuertos son los lugares de abastecimiento energético, llegada y salida de los vehículos. La flexibilidad de ubicación de los mismos permite una planificación menos restringida pudiendo emplazarse en puntos estratégicos, dando lugar a nuevos nodos intermodales. La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de Estados Unidos (NASA) dice que la movilidad aérea urbana es la visión para revolucionar la movilidad dentro de las áreas metropolitanas, creando sistemas de transporte aéreo accesibles para pasajeros y carga (NASA, 2019).

La administración federal de aviación de estados unidos (FAA), define a la movilidad aérea urbana, en adelante UAM, como un sistema de transporte aéreo seguro y eficiente que utilizará aeronaves altamente automatizadas que operarán y transportarán pasajeros o carga a altitudes más bajas dentro de áreas urbanas y suburbanas. La UAM estará compuesta por un ecosistema que considera la evolución y seguridad de la aeronave, el marco de operación, el acceso al espacio aéreo, el desarrollo de infraestructura y la participación de la comunidad. (Federal Aviation Administration, 2020).

Vehículos de despegue y aterrizaje vertical

El acrónimo en inglés VTOL (Vertical Take-Off and Landing), despegue y aterrizaje vertical, es la capacidad de ciertos aviones de efectuar maniobras de despegue y aterrizaje de forma vertical. Actualmente se ha diversificado la cantidad de aeronaves con esa característica, identificándose modelos con diferentes tipos de energía para la propulsión de los mismos, eléctrica, híbrida, fósil e hidrógeno. Este trabajo se focaliza en los modelos eléctricos, en adelante identificados como eVTOL, vehículos de despegue y aterrizaje vertical eléctricos, de los cuales se pueden identificar cuatro arquetipos distintos de diseño.

Categoría según diseño de eVTOL

Multicopter o multirotor es un diseño en donde la aeronave está compuesta con más de dos rotores generadores de sustentación. Es simple y muy eficiente en el despegue, aterrizaje y vuelo estacionario, pero al carecer de alas, pierde eficiencia durante el vuelo crucero, lo que limita su aplicación en algunos casos.

Lift y Cruise o elevación y crucero es la fusión de un multirotor para la operación de despegue y aterrizaje vertical con un avión estándar para vuelo de crucero, se combinan las ventajas de ambos diseños. Los rotores abiertos de dimensiones más pequeñas para la operación VTOL crean un desafío

significativo en la emisión de ruido debido a la mayor carga de disco y velocidades de punta de pala resultantes.

Tilt wing and tilt rotor, ala basculante y rotor basculante, estos diseños son capaces de mitigar las desventajas antes mencionadas, mediante la aplicación de puntales abiertos de múltiples palas que giran lentamente. El compromiso de alto alcance y bajo nivel de ruido conlleva una mayor complejidad tecnológica, ya que es necesario inclinar los grandes sistemas de propulsión.

Ducted vector thrust, empuje vectorial canalizado. Es un diseño de turboventiladores con conductos que da la capacidad a una aeronave u otro vehículo para dirigir el empuje de su motor en una dirección distinta a la paralela al eje longitudinal del vehículo.

Clasificación según pilotaje

- Aeronave tripulada a bordo.
- Aeronave tripulada a distancia.
- Aeronave autónoma, sin piloto físico.

Clasificación de cantidad de pasajeros según fabricantes de eVTOL.

- De 0 a 2 pasajeros
- De 3 a 6 pasajeros
- De 7 a 9 pasajeros

Vertipuertos

Vertipuerto es un término formado por acronimia, a partir de las palabras vertical y puerto, son áreas dedicadas que suministran la infraestructura necesaria para el transporte aéreo comercial seguro de pasajeros o mercancías que viajan por eVTOL. Para aprovechar plenamente el potencial de la Movilidad Aérea Urbana, los vertipuertos deben ser fácilmente accesibles, con buenos servicios de conexión con calles, estaciones de tren, autobuses, etc. Pueden estar a nivel de la calle o en la parte superior de los edificios.

Un estudio de La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) sobre Movilidad Aérea Urbana ha indicado que el uso de eVTOL's como taxis aéreos y entregas por razones médicas tienen una amplia aceptación entre los ciudadanos de la Unión Europea y probablemente serán los primeros en implementarse. (EASA, 2022)

Categoría de Vertipuertos

Se pueden identificar 3 tipologías de vertipuertos, que vamos a categorizar con los números 1, 2 y 3.

1. Vertiport, Vertipuerto.

2. Vertistop, Vertiparada.

3. Vertihub, Verticentro.

En las tres clasificaciones mencionadas podemos identificar los siguientes temas necesarios a tener presentes al momento de su diseño.

- Tipologías aeroportuarias (sector de la terminal), pueden utilizarse los siguientes sistemas: de muelles, satélites, lineal o transportador. Hace referencia a como se ubican los vehículos en el espacio de la terminal.
- Áreas características de las terminales según destino de uso: Accesos, puertas de embarque y pasillos, salas de espera, vestíbulos, áreas de equipaje, oficinas, de servicios para aeronaves, de operaciones, de gobierno, "torre de control-comando", mantenimientos y estación de bomberos.
- Energía necesaria: hay que tener presente el suministro de energía necesario para la recarga de los vehículos y el complejo funcionamiento de la terminal.
- Horarios de vuelos: diurno, nocturno o ambos.
- Zona de estacionamiento y cantidad de plazas.
- Área de rodaje.
- Zona de despegue, área de aproximación final y despegue (FATO), zona de toma de contacto y elevación inicial (TLOF), área de seguridad (SA).

Clasificación según de destino.

La definición de viaje es el traslado que se hace de una parte a otra por aire, mar o tierra. En este caso la posibilidad de las distancias de los trasladados, velocidad y la autonomía de viaje de los vehículos va a estar dada según la categoría de eVTOL y las especificaciones del fabricante.

Se pueden identificar tres variables:

- Internacional: destinados a la operación de aeronaves provenientes del o con destino al extranjero, cuentan con instalaciones de aduana e inmigración.
- Nacional (interurbano): se ocupa de los vuelos de locales y opera dentro de un misma región o país y no cuentan con instalaciones de aduana e inmigración.

- Metropolitano: se ocupa y opera vuelos dentro del área metropolitana de una ciudad.

Clasificación según operación aeronáutica

- Traslado de pasajeros
- Traslado de mercaderías y bienes

Categorías según ubicación geográfica y clasificación por altitud

- Categoría terrestre: ubicado sobre la superficie terrestre. Puede ser a nivel del terreno o elevado. En el caso de ser elevado, se ubicada a una altura determinada según propuesta, como por ejemplo la azotea de un edificio. Puede tener ventajas debido a estar la zona libre de obstáculos, pero tal vez es más limitado el acceso de los usuarios.
- Categoría acuática: ubicado sobre un cuerpo de agua. El vertipuerto puede estar implantado sobre una plataforma o podría ser sobre un vehículo marítimo.
- Categoría mixta: combinación de terrestre y acuático. Por ejemplo, en el borde costero, una parte sobre la superficie terrestre y la otra sobre el cuerpo de agua.

Clasificación por punto de referencia

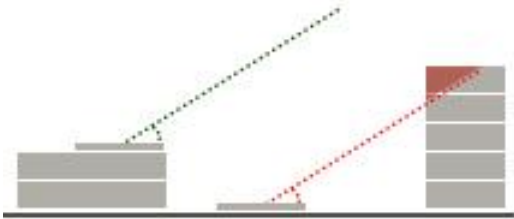
Al tratarse de un entorno urbano consolidado es importante tener un punto de referencia, ya que brinda información preliminar del tipo de vertipuerto que puede tratarse. Se pueden distinguir las siguientes posibilidades:

- Aeropuerto
- Edificio destinado específicamente a la actividad de este medio de transporte.
- Edificio existente con usos mixtos.
- Centro de trasbordo existente o nuevo.
- Puerto costero.

Trayectorias de vuelo durante el despegue y el aterrizaje

Un eVTOL puede despegar y aterrizar verticalmente, pero la parte vertical puede estar limitada a la parte inicial del despegue, siendo el resto de la trayectoria de vuelo más o menos superficial. Por ello es de relevancia tener presente toda la trayectoria de vuelo del vehículo.

Figura 1: Trayectorias de despegue desde un vertipuerto



Autoría propia, utilizando de referencia la imagen de EASA.

Del lado izquierdo de la imagen se observa un vertipuerto elevado con una trayectoria libre, indicando la posibilidad de despegue sin obstrucciones. Del lado derecho de la imagen el vertipuerto ubicado a nivel del suelo, se observa que no podría despegar el eVTOL ya que su trayectoria es muy poco profunda y por lo tanto habría un obstáculo en el camino.

Clasificación de perfiles de despegue para eVTOL.

La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) identifica tres perfiles de despegue diferentes para que la movilidad aérea urbana se pueda adaptar para admitir todos los entornos urbanos y tipos de eVTOL.

Figura 2: Trayectorias de perfiles de despegue para eVTOL



Autoría propia, utilizando de referencia la imagen de EASA.

Despegue convencional elevado: el eVTOL despegue desde un punto elevado en una ciudad (por ejemplo, la azotea de un edificio alto), incluso teniendo en cuenta una posible caída en la trayectoria en caso de ciertas fallas. Figura 2, gráfico 1.

Despegue convencional: el eVTOL despegue en un área sin obstáculos cercanos. El vertipuerto también podría tener una pequeña pista para acomodar un inicio rodante, aumentando la eficiencia energética para algunos tipos y misiones de eVTOL. También se toma en cuenta un margen para una posible caída en la trayectoria que es importante en caso de ciertas fallas. Figura 2, gráfico 2.

Despegue vertical: Este perfil está diseñado específicamente para el despegue vertical en un entorno con obstáculos, con una gran parte de la trayectoria del eVTOL realizándose verticalmente. También bajo estas circunstancias ciertas fallas son manejables. Figura 2, gráfico 3.

Categorías de despegues y aterrizajes seguros

Además de los perfiles de despegue anteriores, existen, en términos generales, dos conjuntos más de objetivos que deben tenerse en cuenta al decidir la ubicación, el tipo de vertipuertos y las trayectorias de vuelo. EASA promueve dos categorías para certificar, la básica y la mejorada. Los objetivos de seguridad más altos se han fijado para la categoría mejorada, que se solicita para vuelos sobre una ciudad o para Transporte Aéreo Comercial de pasajeros (Taxis Aéreos). En tanto la categoría Básica tiene objetivos de seguridad menores que dependen del número de pasajeros (0-1, 2-6 o 7-9) transportados con el eVTOL, para brindar proporcionalidad. Se puede utilizar para el transporte aéreo no comercial de pasajeros, fuera de áreas congestionadas, como en el campo.

Objetivos de rendimiento

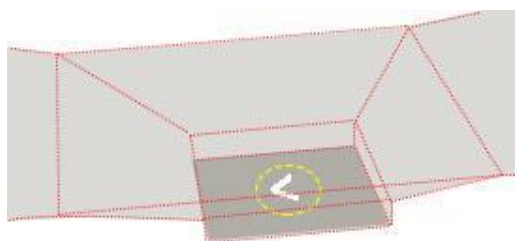
Describen para cada categoría la capacidad que debe tener el VTOL para una operación segura, en caso de eventos como una falla del motor.

En la categoría mejorada los eVTOL que vuelan sobre el cielo urbano en áreas congestionadas como ciudades, se solicita que esté en condiciones de realizar un "vuelo y aterrizaje seguro y continuo", ya que un aterrizaje inmediato del vehículo no podría no ser posible en una ciudad fuera de un vertipuerto.

En la Categoría básica, los eVTOL no vuelan sobre cielo urbano ni áreas congestionadas y tienen opciones para realizar un aterrizaje de emergencia controlado. El aterrizaje puede ser fuera de un vertipuerto, pero debe ser controlado, de manera similar a lo que puede lograr un helicóptero o un avión en caso de pérdida de potencia.

Como complemento en las especificaciones técnicas del prototipo de EASA que publicadas el 24 de marzo de 2022 muestran un concepto innovador para garantizar despegues y aterrizajes sin obstáculos. Una Solución en forma de embudo, un área en forma de embudo sobre el vertipuerto, denominada "volumen libre de obstáculos", que garantizaría que los eVTOL puedan realizar despegues y aterrizajes con un segmento vertical significativo y tener en cuenta las restricciones ambientales y de ruido en un entorno urbano.

Figura 3: Volumen libre de obstáculos



Autoría propia, utilizando de referencia la imagen de EASA.

Cuadro de categorías y clasificaciones

Para sintetizar la información recolectada y analizada, se realizó un cuadro con el objetivo de organizar de manera clara, un primer acercamiento de los alcances de configuración de un vertipuerto. En una segunda instancia se podría generar otro cuadro que focalice sobre lo descrito en relación al diseño de los mismos y las variables de tipos de eVTOL que pueden operar en sus estaciones.

Figura 4: Cuadro de categorías vertipuertos

SUB CATEGORÍAS		CATEGORÍAS DE VERTIPUERTOS			
		1 - VERTIPUERTO	2 - VERTISTOP	3 - VERTICENTRO	
DESTINO	Nacional - interurbano	X		X	
	Internacional	X		X	
	Metropolitano	X	X	X	
TIPO DE OPERACIÓN	Traslado de pasajeros	X	X	X	
	Traslado de mercaderías y bienes	X		X	
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	Terrestre	Nivel del suelo		X	
		Elevado	X	X	
	Sobre cuerpo de agua	Plataforma	X		
		Vehículo marítimo	X		
	Mixta, una parte sobre la superficie terrestre y otra sobre el cuerpo de agua	X	X	X	
PUNTO DE REFERENCIA	Aeropuerto	X		X	
	Edificio destinado específicamente a la actividad de este medio de transporte			X	
	Edificio existente con usos mixtos.	X	X		
	Centro de trasbordo existente o nuevo	X		X	
CERTIFICADO SEGURIDAD EASA	Puerto costero	X	X	X	
	Mejorada	X	X	X	
	Basica	X			

Autoría propia.

Conclusiones

Sobre la base de la investigación realizada, se organizó el anterior cuadro con categorías y sub categorías para la identificación y comprensión de los alcances de los de vertipuertos. En relación al mismo, podríamos asignar un identificador a cada segmento de las sub categorías, a fin de poder categorizar las configuraciones de un vertipuerto según todas las clasificaciones descriptas. Esto permite a priori tener lineamientos para la proyección de la infraestructura necesaria según las características del vertipuerto a diseñar. De ese modo, por ejemplo, tener la premisa de que necesidad de abastecimiento energético se precisa, cuáles son los tipos de diseño de eVTOL que funcionarían, ya que varían en dimensiones y capacidad de pasajeros, y junto a ello la capacidad de flujo de personas que pueden circular en el lugar. Y según la clasificación de destinos, configurar y diseñar una red de vertipuertos que organicen la escala viable de la movilidad aérea urbana en el AMBA y zonas interurbanas.

Actualmente en la metrópoli de Grand Paris (Francia), hay un conjunto de actores trabajando en equipo, entre ellos, Aéroports de Paris (group ADP) y la Administración Autónoma de Transportes Parisinos (RATP Group), que tienen como meta implementar el sistema de taxis aéreos urbanos mediante el uso de eVTOL para las olimpiadas del año 2024 en dicha ciudad. Se están preparando

un par rutas, una de ellas unirá los aeropuertos de París-Charles de Gaulle, Le Bourget, y un punto de la ciudad de París aún por definir, y otra conectará dos suburbios del suroeste de la capital (París-Issy-les-Moulineaux y Saint-Cyr-l'École).

Mediante lo investigado sobre las categorías y subcategorías de los vertipuertos, acompañando las propuestas de otras ciudades que ya están trabajando en el tema, como la mencionada área de gran París, podríamos pensar a nivel idea, variables aplicables en el área metropolitana de Buenos Aires. Por ejemplo, si quisiéramos proyectar una ruta, donde se vinculan en principio dos vertipuertos de una red de movilidad aérea urbana, lo primero a tener en cuenta son los puntos de referencia y la influencia en su entorno inmediato. Según lo estudiado, en nuestro caso esos puntos podrían ser el aeropuerto internacional de Ezeiza (EZE) y algún punto cercano a plaza Italia en la zona de Palermo (CABA). De esta manera conectar un destino como el aeropuerto ministro Pistarini (EZE), ubicado en la periferia del AMBA, con una accesibilidad de transporte acotado con un punto cercano a plaza Italia donde convergen varios modos de transporte público (subte, autobús, tren). Respecto a la ubicación geográfica y altitud de los puntos propuestos, el vertipuerto en el aeropuerto EZE podría ubicarse a nivel del terreno por la disponibilidad de áreas linderas, reconociendo las restricciones aéreas del funcionamiento de los aviones, y el punto cercano a plaza Italia debiera estar a un nivel elevado, en relación a la posibilidad de espacio vacante y las limitaciones evaluadas del volumen libre de obstáculos observado en los perfiles de trayectoria de despegue y aterrizaje que propone la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA).

Bibliografía

Banco Mundial. (2020). Desarrollo urbano. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview#:~:text=Ho%20en%20d%C3%ADa%2C%20alrededor%20del,10%20personas%20vivir%C3%A1n%20en%20ciudades>.

EASA, European Aviation Safety Agency. (24 de Marzo 2022). Issues world's first design specifications for vertiports. Obtenido de <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/press-releases/easa-issues-worlds-first-design-specifications-vertiports>

FAA, Federal Aviation Administration. (08 de octubre de 2020). Urban Air Mobility and Advanced Air Mobility. Obtenido de <https://www.faa.gov/>: https://www.faa.gov/uas/advanced_operations/urban_air_mobility/

Lilium. (24 de septiembre 2020). What it takes to design an aircraft from scratch. Obtenido de <https://lilium.com/newsroom-detail/lilium-architecture-design-principles>

Naciones Unidas. (s.f). Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

NASA, National Aeronautics and Space Administration. (18 de septiembre de 2019). NASA X Urban Air Mobility. Obtenido de <https://www.nasa.gov/https://www.nasa.gov/mediacast/nasa-x-urban-air-mobility>