

Análisis del modelo operacional y de negocio para la implementación de UAVs en logística de distribución. Caso: proveedor Tier 1 en México

Operational and business model analysis for UAVs implementation in distribution logistics: Case: Tier 1 Supplier in México

Bataltescu, T.^{1*}; Nosedal-Sánchez, J. ^{2*}

Recibido: 8 de noviembre de 2022 – Aceptado: 7 de febrero de 2023

RESUMEN

La cadena de suministro es un conjunto de actividades, medios e instalaciones de distribución necesarios para llevar a cabo desde la elaboración y fabricación, hasta la venta de un producto; la eficiente gestión de esta permite a las empresas aumentar su productividad y rentabilidad. Pero, cuando estas actividades, medios o instalaciones

presentan limitaciones para seguir incrementando la eficiencia, es necesario buscar otros métodos o tecnologías que impliquen innovación. Para la logística, uno de estos métodos más prometedores de los últimos años son los vehículos aéreos no tripulados o UAVs (por sus siglas en inglés), comúnmente conocidos por drones. En este documento se revisan algunos los factores para tener en cuenta en su implementación, y

¹ Escuela de Ingeniería, C/ dels Emprius nº 2, Campus de la UAB, 08202, Sabadell, Barcelona, España; ² Àrea d'Enginyeria i Infraestructura dels Transports, C/ dels Emprius nº 2, Campus de la UAB, 08202, Sabadell, Barcelona, España
Autores de correspondencia:
tbaltatescu@gmail.com, jenaro.nosedal@uab.cat



se presenta un estudio de viabilidad de su aplicación en un caso real para envíos de urgencia entre una empresa proveedora de autopartes y la empresa cliente, dedicada a la manufactura final de los vehículos.

PALABRAS CLAVE: UAVs, Dron, Logística, Análisis Operacional, Modelos de Negocio, Análisis de factibilidad.

ABSTRACT

The supply chain is a set of activities, means and distribution facilities necessary to carry out from the production and manufacture to the sale of a product; the efficient management of this allows companies to increase their productivity and profitability. However, when these activities, means

or facilities present limitations to further increase efficiency, it is necessary to look for other methods or technologies that involve innovation. For logistics, one of the most promising methods in recent years are unmanned aerial vehicles or UAVs, commonly known as drones. This paper reviews some of the factors to be considered for their implementation and presents a feasibility study of their application in a real case for emergency shipments between an auto parts supplier company and the client company, dedicated to the final manufacture of vehicles.

KEYWORDS: UAVs, Drone, Logistics, Operational analysis, Business model, Feasibility assessment

INTRODUCTION

Los principales objetivos del análisis para la implementación de UAVs en logística de distribución, es determinar la viabilidad de operativa, pero también económica, para el uso de drones en las actividades de entrega de suministros (piezas del sector automotriz) para ensamble final en la planta de producción. El principal problema por resolver es mejorar el proceso de distribución de pedidos de emergencia o no programados, de tal modo que en el presente trabajo no se aborda el análisis de métodos para mejorar la gestión de inventarios (puntos de reorder, periodos de resurtido) en el punto de surtido a la línea de producción, ni tampoco para la gestión del transporte de los pedidos normales. Para garantizar la continuidad del funcionamiento de las líneas de producción, es necesario que el servicio de entrega sea oportuno y confiable, por lo tanto, el principal objetivo es reducir el tiempo de entrega de la mercancía para así, evitar o reducir los costos asociados a los paros de la línea de fabricación, actualmente medido como un indicador clave de desempeño (ICD) de la empresa proveedora.

Es importante tener en cuenta los costos asociados tanto en el proceso de implementación (costos de inversión) como los costos operativos del modelo a implementar, ya que es un factor clave a la hora de tomar la decisión final sobre la viabilidad del modelo de distribución propuesto; por lo tanto, estos deberán ser equiparables con los beneficios de su implementación o incluso capaces de generar ahorros.

También se pueden destacar otros objetivos perseguidos, mayormente de forma implícita con la adopción de la tecnología, estos son: mejorar del servicio ofrecido, fidelización de los clientes, aumento de la competitividad y creación de valor añadido a los servicios ya ofrecidos. De acuerdo con la anterior, el presente trabajo busca desarrollar el análisis y evaluación operacional y económica para la implementación de UAVs para entregas urgentes desde el almacén del proveedor de autopartes hacia las instalaciones del fabricante de vehículos, el trabajo se desarrolla para apoyar la toma de decisiones de una empresa con operaciones en México, que deberá proporcionar el servicio, ya sea con un modelo de operación tradicional (vía terrestre) o incorporando un canal de entrega más innovador (vía aérea con drones).

CONTEXTO

El caso de estudio involucra dos empresas con operaciones en México, y en particular para las sedes ubicadas en Monterrey, Nuevo en León. La primera de ellas, que funge como proveedor Tier 1, es una empresa que proporciona un servicio logístico para una ensambladora del sector automotriz.

La distancia por carretera entre las dos organizaciones es de 7,5 km, y aunque es una distancia corta, para recorrerla hay que transitar por carreteras principales de la región. Por lo que las condiciones de tráfico, en los casos de entregas de último momento, ya sea por cambios o ajustes en el plan de producción de la ensambladora o bien por alguna subestimación del stock de piezas requerido, representa entregas que deben ejecutarse en ventanas de tiempo cortas y no previsibles, son operaciones de emergencia para la empresa proveedora. Para dicha operación de entrega de emergencia un problema a enfrentar es la inexactitud de los tiempos de entrega vía terrestre (dependiendo del día y de la franja horaria el recorrido puede ser de entre 8 y 26 minutos), que en casos de falta de suministro en las líneas de producción por parte de la empresa ensambladora puede llevar a un paro en la producción, hecho implica el riesgo de incurrir en grandes costos para la empresa proveedora de las piezas y componentes.

De acuerdo con la información disponible (ICDs), se estima que los envíos de emergencia realizados por parte de la empresa distribuidora son en promedio de 5 al mes (envíos de urgencia),

con un peso total de entre 20 y 80 kg por envío, siendo el peso del paquete individual de 20 kg. De tal modo que lo que se busca mantener en cero o al mínimo el costo por suministro tardío de materiales (ICD actualmente medido internamente y que se calcula como \$/mes, incurridos por paros de línea, atribuibles al proveedor).

A continuación, se resumen todas las características relevantes del caso de estudio (Tabla 1).

TABLA 1.
CARACTERÍSTICAS DEL CASO DE ESTUDIO

Características específicas	
Distancia en km (Carretera)	7.5 km
Distancia en Línea Recta	3.18 km
Peso mercancía (1 paquete)	20 kg
Costo paro línea de producción por día	19,500.00 \$
Horas de trabajo totales de la línea de producción por día	18 h
Costo paro de línea de producción por minuto	18.055 \$/minuto

METODOLOGÍA

Según el CSCMP (Council of Supply Chain Management Professionals), “la gestión logística es la parte de la gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo eficiente y eficaz de avance y retroceso y el almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes” (Salazar, 2019). Es decir que, se ocupa de todos los aspectos relacionados con el flujo y almacenamiento de información, bienes o servicios desde el origen hasta el destino.

Para garantizar la mejor calidad posible del bien o servicio ofrecido es importante que la logística funcione eficientemente tanto hacia adelante, es decir, del productor al cliente, como hacia atrás, del cliente al productor. Este flujo bidireccional de información, bienes o servicios dotará la empresa de más eficiencia al incorporar en sus procesos logísticos diferentes partes de manera coordinada.

El concepto de cadena de suministro “abarca los procesos de negocio, talento, organizacionales, de infraestructura, de tecnologías y plataformas de información, permitiendo el

flujo continuo de los procesos de servicio o manufactura” (Salazar, 2019). Tiene como objetivo satisfacer las necesidades del consumidor final aportando beneficios para todas las partes involucradas. La gestión de la cadena de suministro “es una práctica basada en la confianza y en la filosofía ganar/ganar, la cual consiste en la planificación, organización y el control de los flujos de la red de valor, entre los que se encuentran los flujos transaccionales, de productos o servicios, y de la información, los cuales son aplicados a los proveedores, los operadores de transporte, los centros de distribución, los vendedores y los consumidores finales” (Salazar, 2019).

Es decir, la gestión de la cadena de suministro se ocupa de organizar y gestionar los procesos de la cadena de suministro, que permite a las empresas disponer de los recursos necesarios en cada momento para desarrollar la actividad empresarial, cuando esta actividad va acompañada de eficiencia (reducción costos, reducción tiempos, aumento de la calidad, etc.) ayuda a las organizaciones a reducir el ciclo de negocios y por consiguiente aporta un mayor valor agregado al producto o servicio ofrecido.

Gestionar de manera eficiente los procesos logísticos permitirá a las empresas mejoras en algunos aspectos de la organización (Muñiz, 2008), así como aumentar la capacidad de líneas de producción; gracias a las nuevas tecnologías y a los sistemas de la información, es posible disminuir los inventarios en la cadena de distribución; las estrategias “*Just-in-Time*”, consisten en el abastecimiento de materiales o productos acabados lleguen a su destino justo a tiempo, es decir que nos permite disponer de los suministros en las cantidades, tiempo y lugar requeridos. Sin embargo, la operación “*Just-in-Time*” también impone retos para mantener la requerida productividad sin el respaldo de inventario, es decir, se transfiere una responsabilidad mayor a los sistemas de distribución.

Uso de drones en la distribución de mercancías

Según el diccionario de Cambridge el dron se define como “un avión que no tiene piloto, sino que es controlado por alguien en tierra, utilizado especialmente para lanzar bombas o para la vigilancia (= vigilancia cuidadosa de un lugar)” y como “una aeronave sin piloto que es controlada por alguien en tierra, utilizada especialmente como pasatiempo” (DRONE, 2021). En los últimos años, con la mejora de las tecnologías, se ha logrado que el vehículo vuele sin ser pilotado por alguien a distancia, sino que es capaz de volar de manera autónoma, por lo tanto, se pueden aplicar en distintos sectores para un uso comercial.

En (Shahzaad et al., 2019), se propuso un nuevo marco de Servicios de entrega de paquetes basado en UAV, llamado *Drone-as-a-Service* (DaaS). El marco propuesto incluye un modelo de servicio espaciotemporal y un modelo de calidad DaaS. Según la conferencia “los drones se están

convirtiéndose en un nuevo tipo de servicio de entrega apto para grandes y pequeñas empresas” (Shahzaad et al., 2019). Esta misma conferencia destaca que los drones ofrecen mejoras importantes en las funciones de detección, entregas o inspección. Se pueden aplicar en distintos sectores, como por ejemplo el sector comercial, civil, militar, logístico, etc.

Ventajas y desventajas

En (Ceña, 2017 & Drone Delivery, n.d), explican que el uso de drones presenta tanto ventajas como desventajas, mayoritariamente cuenta con más ventajas que desventajas, ya que el aporte que puede hacer puede llegar a ser muy importante en una organización si su actividad se ve afectada en gran medida. Las desventajas que presentan en la mayoría de los casos son debido a la novedad de la tecnología y el constante cambio y mejora. Las principales ventajas que presenta el uso de los drones son: ahorro en costos de transporte y distribución, ahorro de combustible, envíos más rápidos, envíos más eficientes y la disminución del impacto medioambiental, disminución de las aglomeraciones en las infraestructuras de transporte, accesibilidad a zonas de entrega de difícil acceso o remotas, largos turnos de servicio y disponibilidad permanente. Por otro lado, también presenta ciertas ventajas como por ejemplo el incremento del tráfico aéreo, contaminación acústica y visual, necesidad de instalaciones o acondicionamientos para las maniobras de aterrizaje y despegue, problemas de seguridad y privacidad, menor alcance debido a las limitaciones de la duración de baterías, legislación inestable, requerimientos de mano de obra especializada, dificultades operativas (condiciones meteorológicas) y la posible pérdida de empleos.

Factores críticos para la implementación drones para el caso de estudio

A continuación, se analizan los factores críticos aplicables para el caso de estudio; en caso de determinar la importancia de algún factor crítico, se detallan las posibles medidas de mitigación que se pueden adoptar para evitar o disminuir los impactos que pueda ocasionar.

Amenaza a la privacidad y seguridad: Debido a las ubicaciones geográficas (periferia de la ciudad, zona no habitacional en Monterrey, N.L, México) del caso de estudio y la separación entre zonas o comunidades de terceros no involucrados en el acuerdo establecido para el transporte (al tratarse de áreas amplias como almacenes o plantas de producción) este factor no afecta o limita la aplicación de drones para el uso pretendido.

Normativa: Se cumple con las restricciones locales para operar drones en Monterrey, México. No existen limitaciones que afecten de manera negativa o que impidan el reparto para la zona prevista.

Percepción pública: Este factor crítico está asociado más bien a la percepción de la tecnología por parte del implementador y sus clientes que recibirán los servicios mediante esta tecnología. Por lo tanto, es importante informar bien a todos los miembros involucrados directa o indirectamente en el proyecto, señalando los beneficios aportados y resolviendo las dudas que puedan ocasionar. De esta manera se mejorará la percepción de la tecnología y el proceso de adaptación será mucho más ágil.

Cuestiones medioambientales: En particular para la aplicación prevista es importante que la fuente de energía sea renovable, para así asegurar de que la tecnología no daña al medio ambiente y a la vez ayuda a cumplir con los requerimientos sobre los impactos medioambientales de las empresas.

Aspectos económicos: Desde el punto de vista económico, un elemento relevante es la necesidad de prescindir de un trabajador (conductor vehículo terrestre). Para evitar esta situación se puede considerar el conductor para el puesto de trabajo nuevo, ofreciéndole formación profesional, siempre y cuando este cumpla con ciertos requisitos para las formaciones, de no ser posible, se deberán de estudiar otras alternativas como, por ejemplo, otra oferta de trabajo de puesto similar en la misma empresa, o un puesto de trabajo que el trabajador pueda realizar y la empresa necesite, pero si finalmente es necesario prescindir de dicho trabajador, se deba de tener en cuenta que al mismo tiempo se está generando otro puesto de trabajo.

Problemas técnicos: Otro de los factores críticos más importantes a tener en cuenta son los problemas técnicos que pueda tener el dron. Por desgracia estos no pueden ser previsibles y por lo tanto no se pueden evitar por completo. Sin embargo, con el correcto mantenimiento y la realización de pruebas de funcionamiento continuos del aparato, estos problemas pueden minimizarse y bajar considerablemente los riesgos de sufrir problemas técnicos.

En cuanto a la duración de la batería, para este caso de estudio no se presenta ningún tipo de problema debido a que la distancia a recorrer es relativamente corta, y con las opciones de drones existentes actualmente se cumple la distancia necesaria a recorrer con la capacidad de carga de todas las opciones estudiadas.

RESULTADOS

La calidad del agua subterránea es alterada en su fisicoquímica, debido a la infiltración del lixiviado de los RSU. Esto plantea graves riesgos para la salud, lo que ha llevado a la prohibición de explotar el agua subterránea para uso humano. La presencia de las altas concentraciones de metales pesados, como el Cr, Cd, Pb, Zn, Hg en los lixiviados confirman su migración al agua

subterránea, revelando la infiltración continua de la pluma de contaminación hacia los estratos del suelo. Se recomienda el uso de tecnología para la recolección y tratamiento de los lixiviados, con el fin de proteger el agua subterránea. De acuerdo con la revisión, en la mayoría de los documentos se recomienda el cierre definitivo del relleno sanitario para que se inicie el proceso de recuperación del suelo, a fin de mitigar una mayor percolación del lixiviado en agua subterránea. El monitoreo de la calidad del agua subterránea cercana a un relleno sanitario debe realizarse continuamente para evitar impactos a la salud y al ambiente, sobre todo si entra en la categoría de un sitio controlado.

Análisis y elección del dron

En esta sección a partir de una búsqueda de las alternativas de drones existentes en el mercado y un análisis de los requerimientos del caso de estudio, se describe el proceso de selección de la tecnología a evaluar. A continuación, se resumirán las características de algunos de los drones estudiados para realizar este estudio de viabilidad para la entrega de mercancías en la cadena de aprovisionamiento.

Es importante destacar que los drones pueden volar de manera autónoma, sin embargo, por cuestiones de seguridad, es habitual que el personal encargado de programar la misión de vuelo se mantenga monitoreando el vuelo en remoto para identificar cualquier anomalía y sobre todo para poder intervenir en caso de algún imprevisto, por lo tanto, aunque no se necesita personal para la entrega de mercancías como tal, la recepción la seguiría realizando el personal encargado en el sitio de producción, y se prevé que será necesario un elemento humano para la supervisión de las misiones. No obstante, al reducirse el tiempo de los viajes de entrega, ello permite generar un mayor aprovechamiento del costo de personal, por otra parte, al reducirse la carga en vacío, también es posible reducir los costos asociados al transporte (furgoneta/camión, carburante, seguro, mantenimiento, etc.). Por otro lado, la mayoría de ellos disponen de un motor eléctrico, que significa que no contamina el medio ambiente con emisiones directas, y si la energía de carga proviene de algún tipo de energía verde el beneficio ambiental es mayor. A continuación (Tabla 2), se detallan las características de las opciones estudiadas.

TABLA 2.
CARACTERÍSTICAS Y FACTORES PARA LA IMLEMENTACIÓN

Nombre	Carga útil máxima (kg)	Tiempo de vuelo (min)	Distancia de vuelo (km)	Consumo (KW)	Velocidad (km/h)	Precio (pesos mexicanos) / (dólares)
GRIFF 135	50	30	37.5	0.1	60	\$ 5,022,500.00 / 250,000.00
FB3 (FlyingBasket)	100	50	20	0.1	60	\$ 2,209,606.69 / 109,985.40
GRIFF 300	226	45	15	0.1	60	\$ 5,022,500.00 / 250,000.00
EHang 216	250	21	45.5	0.1	130	\$ 6,027,000.00 / 300,000.00
Volocopter e-volo uVC200 cargo	200	120	30	0.1	80	\$ 7,179,261.95 / 357,355.00

Por la adecuación de las características del dron al caso de estudio, se ha decidido optar por el dron FB3 de FlyingBasket (FlyungBasket, n.d), el cual tiene la capacidad necesaria para la carga útil requerida y distancia de recorrido necesaria, y su precio es el menor de todas las opciones evaluadas.

En cuanto al peso de la mercancía, se conoce que los paquetes individuales para el reparto pesan 20 kg y los envíos suelen ser de unos 80 kg en total. Es decir que se podría enviar toda la mercancía (hasta 100 kg) en un solo viaje. Además, conociendo tiempo de vuelo total y el tiempo que dura el trayecto se puede determinar el número de rutas que podrá hacer el dron con una sola carga de la batería. Siendo el tiempo de vuelo máximo de 50 min y el tiempo del trayecto total de 7.08 min, se obtiene que se pueden realizar como máximo 7 trayectos seguidos, en la práctica; en la realidad, sin embargo, se debe contar con los tiempos que despegues y aterrizajes del dron y de la carga y descarga de la mercancía durante los trayectos. Los resultados reales se pueden determinar en la fase de pruebas de la implementación del proyecto, midiendo los tiempos totales de la actividad.

Análisis de los costos de adquisición y operativos asociados a la implementación y costos operativos de los dos métodos

Todo proyecto o cambio en una organización comporta unos costos asociados a la fase de adquisición y costos asociados a la operación.

Los costos de adquisición son aquellos que se desembolsan una única vez durante la implementación del proyecto, es decir que se realiza una inversión. Los costos operativos en cambio son aquellos que dependen de la actividad de la empresa, es decir que están directamente relacionados con el volumen de la actividad a desarrollar.

Costos de implementación

Para implementar la entrega de drones de la mercancía subministrada por la empresa proveedora a la planta de producción de la empresa cliente, se deben de tener en cuenta los costos asociados a la inversión inicial, que se componen por los costos de adquisición, software, formación y gastos en personal para esta fase inicial. Los costos totales de implementación ascienden a 114,767.75 dólares, ver Tabla 3.

TABLA 3.
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Costos de adquisición y otros relacionados		
Concepto	Costo (pesos mexicanos)	Costo (dólares)
Adquisición (FB3 FlyingBasket)	\$ 2,209,606.69	\$ 110,480.33
Software (PIX 4D React)	\$ 24,027.30	\$ 1,201.37
Training		
Licencia Piloto RPAS	\$ 46,283.00	\$ 2,314.15
Curso de Mecánica y Mantenimiento de RPAS	\$ 10,678.80	\$ 220.00
Gastos en personal de implementación (por semana de duración)	\$ 11,594.00	\$ 551.90
TOTAL	\$ 2,233,633.99	\$ 114,767.75

Costos operativos

Los costos operativos asociados al uso de drones para el reparto de mercancías del caso de estudio son: consumo energético ocasionado por las cargas de las baterías, el seguro obligatorio por daños a terceros establecidos en la Norma Oficial Mexicana, los costos de personal y los costos de la adquisición anual de Servicios de Información Aeronáutica.

Teniendo en cuenta las características mensuales de los envíos de urgencia de la empresa proveedora es de 5 envíos al mes con un peso total de 80 kg por envío, pudiéndose dividir la carga total en paquetes individuales de 20 kg cada uno. A partir de estos datos, se han calculado los costos asociados a los 5 envíos mensuales de mercancía, para poder medir los costos operativos mensuales. El costo operativo mensual total del reparto con el dron FB3 asciende a **41.24 dólares**, teniendo en cuenta los 5 envíos por mes.

En la Tabla 4, se especifican los costos operativos del reparto de mercancía del caso de estudio. Para llevar a cabo una comparación entre los costos de implementación y operativo de los drones con el transporte terrestre, es necesario analizar los costos asociados al método de transporte convencional para realizar las entregas de la mercancía desde la empresa distribuidora hasta el cliente.

TABLA 4.
COSTOS OPERATIVOS DE DRONES

Concepto	Costos de operación			
	Costo mensual (pesos mexicanos)	Costo mensual (dólares)	Costo anual (pesos mexicanos)	Costo anual (dólares)
Consumo energético	\$ 1.29	\$ 0.02	\$ 15.54	\$ 0.23
Aseguradora	\$ 299.68	\$ 14.92	\$ 3,596.11	\$ 179.00
Costos de personal	\$ 129.80	\$ 6.49	\$ 1,557.60	\$ 77.88
Servicios de información aeronáutica	\$ 396.33	\$ 19.82	\$ 4,756.00	\$ 237.80
TOTAL	\$ 827.10	\$ 41.24	\$ 9,925.25	\$ 494.91

Análisis de los costos de implementación y operativos asociados a la implementación y uso de un método de transporte convencional

En primer lugar, se analizarán tiempos de entrega previstos para el trayecto (ida) en las diferentes horas del día, ya que dependiendo de la hora del día las condiciones de tráfico son más o menos favorables. Para el cálculo de los tiempos del trayecto para el envío de la mercancía con el transporte terrestre se ha utilizado la aplicación Google Maps, que permite establecer rutas y tiempos de llegada en función de la hora a través de aproximaciones estadísticas de datos anteriores. Se han podido clasificar los tiempos de entrega en 5 intervalos de tiempos diferentes, que son los mostrados en la Tabla 5:

TABLA 5.
TIEMPOS DE ENTREGA MÁXIMOS Y MÍNIMOS

	Tiempos de entrega mínimos y máximos (minutos)	
Tiempo de Entrega 1	10	18
Tiempo de Entrega 2	10	20
Tiempo de Entrega 3	12	22
Tiempo de Entrega 4	12	24
Tiempo de Entrega 5	12	26

El tiempo total de un trayecto será el doble del mencionado en las tablas anteriores, ya que se contempla tanto el viaje de ida como el viaje de vuelta para el cálculo de los costos operativos.

Costos de implementación

Los costos de implementación para el transporte por carretera se componen por un lado de la adquisición del vehículo y el costo de la obtención de la licencia Federal de Categoría B (obligatoria para el manejo de vehículos con fines comerciales (GobMx, n.d.).

En la Tabla 6, se puede observar que la inversión total a realizar es de **13,056.15 dólares**.

TABLA 6.
COSTOS DE INVERSIÓN TRANSPORTE TERRESTRE

Costos de implementación		
Concepto	Costo (pesos mexicanos)	Costo (dólares)
Adquisición	\$ 260,990.00	\$ 13,049.50
Training (obtención licencia B)	\$ 133.00	\$ 6.65
TOTAL	\$ 261,123.00	\$ 13,056.15

Costos operativos

Los costos operativos del transporte por carretera se constituyen de los sueldos del transportista, el combustible consumido para los trayectos, el costo del seguro por daños a terceros y costos de mantenimiento del vehículo.

En la Tabla 7 se puede observar que los costos operativos mensuales asociados al caso de estudio (5 repartos al mes de 80 kg en total por envío) son de **77.17 dólares**.

TABLA 7.
COSTOS OPERATIVOS TRANSPORTE TERRESTRE

Costos Operativos Mensuales				
Concepto	Costo mensual (pesos mexicanos)	Costo mensual (dólares)	Costo anual (pesos mexicanos)	Costo anual (dólares)
Salarios	\$ 403.43	\$ 20.17	\$ 4,841.20	\$ 242.06
Combustible	\$ 88.21	\$ 4.41	\$ 1,058.56	\$ 52.93
Aseguradora	\$ 829.17	\$ 41.46	\$ 9,950.00	\$ 497.50
Mantenimiento	\$ 222.50	\$ 11.13	\$ 2,670.00	\$ 133.50
TOTAL	\$ 1,543.31	\$ 77.17	\$ 18,519.76	\$ 925.99

Comparación de los costos entre ambos métodos de transporte

Comparación y análisis de los costos de implementación

Tal como se puede observar en la Figura 1, los costos de inversión asociados a la implementación de drones para el caso de estudio de Monterrey, México son mucho más altos que los costos de

inversión para el transporte terrestre. La inversión necesaria por realizar para la implementación de drones es de 114,767.75 dólares, y la del transporte terrestre de 13,056.15 dólares. La diferencia entre estos es de 101,711.60 dólares, por lo tanto, podemos decir que, los costos de inversión asociados al transporte de drones son un 779% más costos.

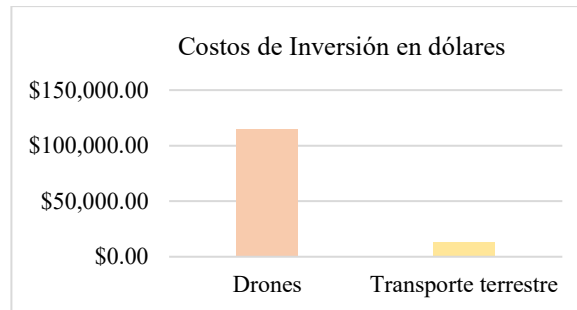


FIGURA 1.
COMPARACIÓN COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN.

Comparación de los costos operativos

En la Figura 2, se puede observar que el costo operativo mensual de los drones es bastante inferior al costo del transporte terrestre. Los costos operativos de los drones son de 42.39 dólares al mes, y el del transporte terrestre de 77.17 dólares. Por lo tanto, teniendo en cuenta la diferencia entre ambos costos, se puede decir que los costos operativos de los drones permiten ahorrar un 45.1 % en cuanto a gastos operativos mensuales.

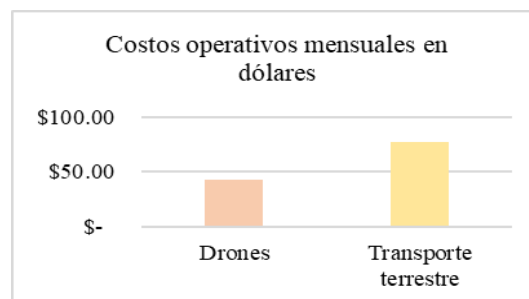


FIGURA 2.
COMPARACIÓN COSTOS OPERATIVOS MENSUALES.

Comparación de los tiempos de entrega

En cuanto a tiempos de entrega, tal como se muestra en la Figura 3, los tiempos de entrega con drones son mucho más inferiores a las del transporte terrestre. El tiempo de entrega con el dron contemplando sólo el trayecto de ida (para poder medir el tiempo en el que el cliente puede disponer de la mercancía) es de 3.54 minutos, y el promedio del tiempo de entrega vía transporte terrestre de 16.6 minutos. Por lo tanto, se puede decir que el modelo de envío con drones para el caso estudiado es un 78.7 % más rápido que el transporte terrestre.

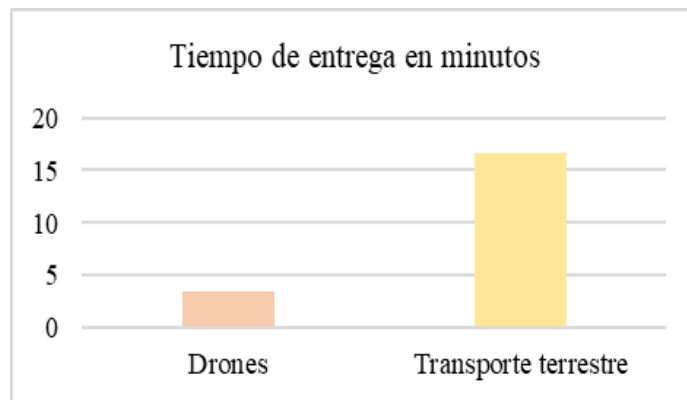


FIGURA 3.
COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE ENTREGA EN MINUTOS.

Comparación de los costos asociados al paro de línea por falta de suministros

Siempre que sea posible se velará por la continuidad del funcionamiento de la línea de producción. Para evitar el paro de línea de producción en la empresa cliente, es necesario que ésta dé la orden de requerimientos de mercancías antes de tener existencias 0 de algún material o producto necesario, gracias a la tecnología de los drones, en el caso de estudio analizado, se permite reducir el tiempo de entrega en 78.7 %, por lo tanto, se puede afirmar que el tiempo de reposición ante un evento de escasez de existencias, también bajará en un 78.7 %, es decir, la capacidad de reacción de la empresa proveedora aumentará, debido a la bajada del tiempo de la actividad de reparto, y, también permite a la empresa cliente un mayor margen de maniobra en situaciones de emergencias (escasez de existencias); este hecho aportará un gran valor añadido a la organización debido a los costos asociados al paro de la línea de producción de la empresa cliente (especificados en el apartado 2. Contexto, ilustrados en la Figura 4). En función de los tiempos de entrega de los dos métodos analizados y los datos de las características de la línea de producción, se ha deducido que el ahorro en dólares, ocasionado por la diferencia de tiempo de 13.06 minutos si el reparto se realiza con drones, permite el ahorro de 235.805 dólares del costo de paro de la línea de

producción, es decir permite ahorrar un 78.7% de los costos totales que se repercutirían si la entrega se realizará con el modelo de transporte convencional (Tabla 8).

TABLA 8.
COMPARACIÓN DE LOS COSTOS POR PARO DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Comparación de los dos métodos	
Tiempo de entrega Drones	3.54
Tiempo de entrega Transporte terrestre	16.6
Costo paro línea de producción (1 envío con drones)	\$ 63.9167
Costo paro línea de producción (1 envío método convencional)	\$ 299.7222
Porcentaje de diferencia costo línea de producción (ahorro)	-78,7%

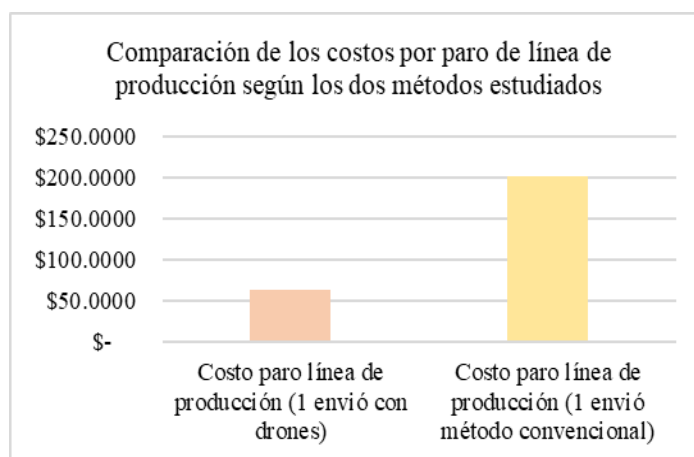


FIGURA 4.
COMPARACIÓN DE LOS COSTOS POR PARO DE LÍNEA.

CONCLUSIONES

Tras el análisis de los factores más relevantes, se puede concluir, que debido a las tendencias de la economía global de hoy en día, es de suma importancia prestar atención a los procesos logísticos de las empresas, en especial aquellas que se dediquen a la distribución de mercancías. Una de las mayores preocupaciones de hoy en día en la logística son los tiempos de entrega y los costos que

conlleve el transporte, ya que de ello depende poder entregar el producto al cliente final en el plazo de tiempo previamente acordado por ambas partes. Por lo tanto, una mejora de la calidad y tiempo de envío y/o una reducción de costos asociados al transporte aportan grandes beneficios a las empresas en lo individual y al desempeño de la cadena de suministro en lo global.

Se puede concluir que algunos de los principales beneficios de mejorar los procesos logísticos en una organización son: aumentar la competitividad y mejorar la rentabilidad; lograr una coordinación óptima de diferentes factores como el precio, la calidad, servicio al cliente, etc.; alcanzar un punto de vista más amplio para la dirección con el fin de obtener un mecanismo eficiente de planificación (tanto en procesos internos como externos); valor agregado al producto o servicio ofrecido. El principal problema de esta mejora continua, son las limitaciones de algunos de los recursos utilizados hoy en día. Por este motivo se ha llegado a la conclusión de que la importancia de innovar y optar por el desarrollo tecnológico ayudará a las empresas a evolucionar y crecer en lugar de quedarse estancadas. En el transporte, la principal limitación son los tiempos de entrega, ya que los vehículos utilizados para el transporte tienen ciertas limitaciones que no permite reducir en la medida deseada los tiempos de entregas, y, por otra parte, las condiciones de la infraestructura de transporte, que en algunas zonas puede no estar en buenas condiciones, por lo que es más probable la presencia con congestión del tráfico. Este factor también implica que los tiempos no pueden ser precisos al 100%, ya que estos dependen de condiciones externas a la organización, y cambiantes.

Gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías y con la aparición de los drones, se ha podido dar un enfoque más amplio a estos vehículos aéreos debido a la eliminación de limitaciones por el desarrollo constante de la tecnología. En el sector de la logística existen dos campos de aplicación de los drones, en el interior y en el exterior de las infraestructuras logísticas.

Durante el análisis de estos factores, también se ha observado que esta tecnología presenta varias desventajas. Uno de los inconvenientes más importantes es la limitación de la duración de la batería y el peso máximo de carga. Pero aun así su implementación puede aportar múltiples beneficios con impacto en ICDs, por ejemplo, disminución de los costos, reducción de los tiempos de entrega y de su variabilidad o incertidumbre, mayor calidad del servicio o producto aportado, y por lo tanto mayor poder de competitividad de la empresa, creación de valor agregado, mejor posicionamiento en el mercado, etc.

Para el estudio de viabilidad, desde la perspectiva operativa y de negocio, del caso real de la entrega de mercancías desde la empresa distribuidora hasta la empresa cliente, se ha podido observar que la implementación de drones en este caso particular es viable, sobre todo considerando la operación de a mediano y largo plazo, se puede afirmar que el uso de drones en

este caso representa beneficios operativos y económicos para la empresa, presenta unos costos operativos y tiempos más bajos, en comparación con el modelo de entregas tradicional, cosa que conlleva una potencial mitigación de los costos por el paro de línea, o al menos a una disminución muy significativa del riesgo de que se originen, y aunque la inversión a realizar sea bastante mayor, las ventajas que aporta permiten un retorno de la inversión, y por lo tanto una mejora en la eficiencia de la organización, mejor posición competitiva, y posibilidad de más cuota de mercado. Como trabajo futuro a la presente evaluación de viabilidad, le seguiría la evaluación financiera, lo que permitiría determinar la factibilidad de que, bajo las condiciones específicas de financiamiento de esta nueva tecnología, la empresa pudiera ponerlo en marcha y determinar el tiempo de recuperación de la inversión asociada. Uno de los elementos adicionales para desarrollar esta evaluación sería la vida útil de componentes críticos como las baterías, un estudio específico al respecto bajo las condiciones previstas de operación podría ser objeto de una investigación posterior, en ausencia de datos empíricos o históricos se podrían emplear modelos simulación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolló como parte de un Trabajo Final de Grado, con apoyo de la UAB. Durante el proyecto de investigación y la elaboración del manuscrito Nosedal-Sánchez se desempeñaba como Serra Hunter Fellow. Los autores agradecen las facilidades proporcionadas por la empresa para el desarrollo del caso de estudio presentado.

REFERENCIAS

- Ceña Arévalo, D. (2017). Reparto de mercancías a través de drones: estudio y viabilidad. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/107148>
- DRONE | meaning in the Cambridge English Dictionary. (n.d.). Retrieved June 18, 2021, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/drone>
- Drone Delivery – The Future of Logistics | Bray Solutions. (n.d.). Retrieved June 18, 2021, from <https://www.braysolutions.com/drone-delivery/>
- FlyingBasket | Drones that can transport heavy loads to remote places. (n.d.). Retrieved June 18, 2021, from <https://flyingbasket.com/#drones>
- GobMx. Expedición de licencia federal de conductor modalidad | gob.mx. (n.d.). Retrieved June 18, 2021, from <https://www.gob.mx/tramites/ficha/expedicion-de-licencia-federal-de->

conductor-modalidad-nacional/SCT1100

- Muñiz Condori, G. (2008). “El sistema de logística en la empresa hotelera inkaterra s.a.c. Hotel de 3 estrellas, ubicado en inkaterra s.a.c. Hotel de 3 estrellas, ubicado en aguas calientes – machupicchu - cusco” aguas calientes – machupicchu - cusco.
<https://pdfslide.tips/documents/proyecto-tesis-poi-problema-objeto-de-investigacion.htm>
- Shahzaad, B., Bouguettaya, A., Mistry, S., & Neiat, A. G. (2019). Composing drone-as-a-service (DaaS) for delivery. Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Web Services, ICWS 2019 - Part of the 2019 IEEE World Congress on Services, 28–32.
<https://doi.org/10.1109/ICWS.2019.00017>
- Salazar López, B. (2019). Logística y Cadena de abastecimiento.
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/logistica/logistica-y-cadena-de-abastecimiento/>