

Trabajo Fin de Grado

Concepto de vehículo para estrategia sostenible de logística última milla en entornos urbanos

Vehicle concept for sustainable last mile logistics
strategy in urban environments

Anexos

Autor

Sergio Navarro Rama

Director

Eduardo Manchado Pérez

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del producto

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza (EINA)

2022

ÍNDICE

1 INVESTIGACIÓN	4
1.1 Problemas de la movilidad urbana	4
1.1.1 Congestión	4
1.1.2 Consumo de energía	5
1.1.3 Contaminación	6
1.1.4 Salud y calidad de vida	7
1.1.5 Ruido	8
1.1.6 Accidentes	9
1.1.7 Consumo de espacio y efecto barrera	10
1.2 Clasificación de la Logística Última Milla	12
1.2.1 Tipos de movimiento	12
1.2.2 Motivo de los movimientos	13
1.2.3 Tipos de vehículos utilizados	13
1.2.4 Tipos de mercancías distribuidas	13
1.2.5 Duración de las entregas	13
1.2.6 Grupo de colectivos involucrados	14
1.3 Sectores de la Logística Última Milla	15
1.3.1 HORECA	16
1.3.2 E-commerce	16
1.3.3 Comercio de segunda mano	21
1.4 Consecuencias de la Logística Última Milla	25
1.4.1 Problemas	25
1.4.2 Medidas	27
1.5 Habilitadores del cambio	29
1.5.1 Infraestructuras	29
1.5.2 Colaboración	31
1.5.3 Tecnología	32
1.6 Industria 4.0	34
1.6.1 Objetivos de la Industria 4.0	34
1.6.2 Tecnologías de la Industria 4.0	35

1.7 Logística 4.0.....	37
1.7.1 Retos de la logística 4.0.....	37
1.7.2 Beneficios de la Logística 4.0.....	38
1.8 Entorno.....	39
1.9 Estudio de mercado.....	41
2 DESARROLLO.....	49
2.1 Locker móvil.....	49
2.1.1 Tranvía de Zaragoza.....	49
2.1.2 Estudio de mercado de lockers.....	53
2.1.3 Locker del concepto	57
2.1.4 Vagón del concepto.....	57
2.1.5 Salida/entrada del locker.....	59
2.2 Delivery Assistant.....	60
2.2.1 Estudio de mercado de robots móviles.....	60
2.2.2 Sensores	65
2.2.3 Chasis.....	68
2.2.4 Contenedor.....	72
3 PLANOS.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	88
LISTA DE FIGURAS.....	95

1 INVESTIGACIÓN

1.1 Problemas de la movilidad urbana

Entre los problemas más destacados de la movilidad urbana podemos destacar los siguientes:

1.1.1 Congestión

Entre los principales problemas en la movilidad urbana podemos destacar la congestión de tráfico, es decir, el entorpecimiento de las vías de tráfico por el excesivo número de vehículos circulando de forma simultánea [1].

Esto conlleva importantes costes sociales, económicos y ambientales y merma la calidad de vida de muchos ciudadanos.

Este problema viene derivado por el gran crecimiento del sector automovilístico en estas últimas décadas y por la propensión de sus propietarios a realizar la mayor parte de sus desplazamientos diarios en sus vehículos privados. El número medio de ocupantes de un coche es inferior a 2 siendo que una tercera parte de los desplazamientos son de menos de 2 km [2].

Este problema se ve agravado debido a la expansión urbanística, que hace que los espacios que separan los distintos puntos de una ciudad sean cada vez mayores y por ende dificulte bastante la movilidad a pie a según que sitios de la ciudad [2].

Las demoras en los tiempos de viaje provocadas por la congestión del tráfico suponen un mayor consumo de carburantes al alargar el tiempo de viaje de los vehículos y hacerlo a bajas velocidades, lo que supone también una mayor cantidad de emisiones a la atmósfera, lo que desencadena una serie de repercusiones que afectan negativamente a la calidad de vida de los ciudadanos y tienen un impacto económico a nivel individual y colectivo [1].

Las retenciones representan, según la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), una pérdida de 100 mil millones de dólares en términos de tiempo perdido, mayor gasto de combustible, deterioro ambiental y urbano y accidentes, lo que representa el 1% del PIB de la UE. En España, esta cifra asciende a unos 15 mil millones de euros anuales, cantidad similar a los presupuestos de algunas comunidades autónomas [2].

La movilidad disminuye aún más para el usuario del transporte público. Esto se debe en gran medida a que las rutas de transporte pueden generalmente coincidir con las arterias de más alto flujo, las más afectadas con las retenciones. Más aún, las redes de transporte público son en su mayoría radiales, y no permiten evitar estas retenciones al cruzar la ciudad [1].



Figura 1. Barcelona, la ciudad con más atascos de España en 2020

1.1.2 Consumo de energía

La energía empleada para transportar una persona una distancia determinada es la base que determinan la mayor o menor eficiencia de cada sistema de transporte y el grado de repercusión de muchos de los impactos producidos. Cuanto mayor es la energía total requerida, menor será su eficiencia y mayor su coste económico. Optimizar el consumo de energía es, por tanto, la forma de limitar y reducir los impactos económicos, sociales y ambientales que genera su consumo, algo nada despreciable en el caso del transporte [3].

Los medios de transporte más costosos a nivel económico son a su vez los que más energía consumen por viajero en su ciclo global, es decir, no solo en el consumo de energía para desplazarnos, sino también considerando la energía necesaria para la construcción del vehículo, de la infraestructura por donde circula y de su mantenimiento. Para calcular el consumo energético por viajero, se divide el consumo total de energía por el número de viajeros transportados y kilómetros recorridos. A mayor número de viajeros desplazados, menor es la

cantidad de energía consumida por viajero y mayor será su rentabilidad energética y económica.

Suponiendo tasas de ocupación máximas, el automóvil es el medio de transporte que más energía total necesita [3].

Si se considera, además del consumo derivado de la circulación de los vehículos, la energía necesaria para la fabricación y mantenimiento de vehículos e infraestructuras, la energía necesaria para cubrir las necesidades de movilidad del país supone cerca de la mitad de la demanda de energía total [1].

1.1.3 Contaminación

El principal contaminador del aire en las ciudades es el coche. Los modos de transporte público que utilizan hidrocarburos como combustible también contribuyen a las emisiones, pero en mucha menor medida [1].

Como media, el transporte público emite un 95% menos de monóxido de carbono, un 90% menos de compuestos orgánicos volátiles y un 45% menos de dióxido de carbono y óxido de nitrógeno por pasajero y kilómetro que los vehículos particulares [1].

Los niveles de ocupación de los automóviles disminuyen a medida que aumenta el número de vehículos en circulación, lo que provoca más emisiones a pesar del uso de motores y combustibles más limpios que en estos últimos años se han ido desarrollando [1].



Figura 2. Madrid sufre de alta contaminación

1.1.4 Salud y calidad de vida

Este problema se relaciona con el anterior.

Cada vez está más clara la vinculación que hay entre el modelo actual de movilidad urbana y una parte significativa de los problemas de la salud de la población urbana.

La mala calidad del aire, los niveles excesivos de ruido, que comentaremos en el siguiente punto y la sedentarización, son los tres aspectos claves de esta relación [1].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) destaca la magnitud del impacto que la contaminación atmosférica tiene sobre nuestra salud y la reconoce como una de las más importantes prioridades a nivel mundial en cuestión de salud [1].

Los escapes de los vehículos lanzan al aire urbano una mezcla de humos y gases contaminantes, la mayoría tóxicos y muchos de ellos con potencial cancerígeno, que afecta sobre todo al sistema respiratorio y cardiocirculatorio.

Estos contaminantes provocan un amplio espectro de efectos sobre la salud (irritación de ojos, nariz y garganta, tos, dolores de cabeza, agravamiento de las alergias y del asma, mareos y malestar general, etc.) [1].

Actualmente, las partículas finas que flotan en el aire urbano, y que inhalamos continuamente, y el ozono troposférico se consideran los dos contaminantes más perjudiciales para nuestra salud.

La contaminación tiene consecuencias a largo plazo, en cuanto que se reduce la esperanza de vida (se estima que, en occidente, la contaminación está recortando entre seis meses y un año la vida de las personas), como a muy corto plazo (dos días de altos niveles de contaminación bastan para que se eleve de forma significativa la mortalidad general y la debida a enfermedades circulatorias y respiratorias) [1].

Toda la población está expuesta a sus efectos, pero los más vulnerables son los que padecen algún tipo de enfermedad respiratoria o cardiovascular, los niños y las embarazadas y recién nacidos [1].

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), la influencia de la contaminación producida por el tráfico es mayor que la de otras fuentes emisoras como las fábricas, centrales térmicas, etc., debido a que se produce en zonas con alta densidad de

población y a nivel de superficie, donde es muy difícil la dispersión de los contaminantes [1].

1.1.5 Ruido

El ruido es uno de los contaminantes más molestos y que repercute de forma más directa en la calidad de vida de las ciudades, sobre todo en las más grandes.

El ruido interfiere en actividades básicas cotidianas como dormir, estudiar, comunicarse, etc. y puede ocasionar trastornos físicos como la disminución de la audición, aumento de la presión arterial y de enfermedades del corazón, etc. y trastornos psicológicos como depresión, alteraciones del sueño, fatiga, insomnio crónico, etc. Además, los efectos del ruido se potencian cuando interactúan con otros factores ambientales de estrés, como los contaminantes atmosféricos, circunstancia que se da en las áreas urbanas, donde coexisten la mayoría de estos factores [1].

En las ciudades, el tráfico es el principal responsable de la existencia de los elevados niveles de ruido que se sufren, y dentro del tráfico, los vehículos privados (coches y motos), son los principales. El transporte público, especialmente los servicios de superficie, también generan ruido, pero en mucha menor medida que el paso constante de coche. El ruido del tráfico urbano proviene principalmente de tres fuentes: el vehículo (motor, escape y aire acondicionado), el rozamiento de los neumáticos contra el pavimento (ruido de rodadura) y el viento (ruido aerodinámico) [1].

En situaciones de tráfico urbano denso, cuando se emplean marchas cortas y se producen constantes acelerones y frenazos, también aparece el ruido provocado por la propia mecánica del coche, especialmente en los diéseles; mientras que en la circulación urbana “tranquila”, el ruido de rodadura es dominante. El ruido del viento no suele ser significativo ya que suele darse a velocidades altas, es decir, fuera de la ciudad [1].

Los neumáticos homologados que distribuyen la mayoría de los fabricantes están por debajo de los límites de ruido legales, pero la tendencia a utilizar neumáticos cada vez más anchos, que ofrecen mayor resistencia, generan más ruido y restan eficacia a esta medida. A partir de los 45-55 km/h, la principal fuente de ruido es el rodamiento del neumático sobre el asfalto [1].



Figura 3. Neumático con homologación europea

1.1.6 Accidentes

En las zonas urbanas, el predominio del coche supone un alto riesgo de sufrir un accidente de tráfico.

Contrario a lo que pueda parecer, es más probable sufrir un accidente de tráfico dentro de la ciudad que en carretera debido simplemente a la mayor exposición [1].

En la UE, dos de cada tres accidentes de tráfico (66%) y una de cada tres víctimas (33%) se producen en zonas urbanas. En España, el porcentaje de accidentes es inferior al de la media europea, un 55% del total, pero el número de víctimas es más elevado, un 46% del total [1].

Resulta curioso señalar que solo el 5% de los usuarios de los vehículos que sufren accidentes resultan heridos graves o fallecen. Los efectos más graves los sufren los peatones y los ciclistas. Para ellos, el riesgo de morir en un accidente de tráfico resulta 6 veces más elevado que para los conductores. Las víctimas suelen ser mujeres, niños y personas mayores [1].

En cifras absolutas, el vehículo motorizado más implicado en los accidentes de tráfico es el turismo, con un 50% del total. Los ciclomotores y motocicletas representan un 30% aunque este grupo presenta los niveles más elevados en fallecimientos entre los modos de transporte motorizados [1].

Al contrario de lo que sucede en carretera, los accidentes de tráfico dentro de la ciudad ocurren con más frecuencia entre semana, los días laborables entre las 9 de la mañana y las 10 de la noche, con dos horas punta, a las 14 y a las 19 horas [1].

1.1.7 Consumo de espacio y efecto barrera

La predominancia de los medios de transporte motorizados, especialmente de los automóviles privados, supone la ocupación de espacio público en la ciudad para circular y estacionar que se resta para otros usos y/o funciones.

Debido a esta predominancia, las calles se han ido transformando progresivamente en extensas y complejas redes viarias pensadas por y para los vehículos, provocando un reparto para nada equitativo del espacio público urbano [1].

Todos los modos de transporte usan espacio para desplazarse y estacionar, pero el coche es el que más consume y el más ineficiente en su utilización. Un recorrido del domicilio al trabajo en coche consume 90 veces más espacio, entre desplazamiento y aparcamiento, que el mismo trayecto efectuado en metro o cercanías y 20 veces más espacio que si se realiza en autobús o tranvía. Si a esto le sumamos que la tasa media de ocupación en los desplazamientos en coche es de tan solo 1,2 personas por vehículo, este consumo de espacio se multiplica [1].

El automóvil es, por lo tanto, con su elevado requerimiento de espacio público, el principal responsable de las congestiones urbanas. El espacio público consumido es mucho menor para los transportes públicos que para los medios privados motorizados.

Por lo que respecta al tiempo de estacionamiento, los vehículos privados permanecen mucho más tiempo estacionados que los públicos por tener el acceso limitado a sus propietarios. Así, todo el tiempo que no es utilizado, el vehículo debe permanecer estacionado ocupando un valioso espacio público.

Los automóviles pasan aparcados el 80-90% del tiempo, que son unas 20-22 horas diarias, lo que supone un desperdicio bastante elevado de espacio urbano solamente para que el vehículo esté aparcado [1]. Los vehículos públicos, por el contrario, se encuentran circulando la mayor parte del día con lo que apenas compiten en el interior del área urbana por el espacio para aparcar.



Figura 4. Automóviles estacionados ocupando espacio urbano

También hay otro problema añadido relacionado con este punto, y es el impacto que las infraestructuras de circulación, en especial ferrocarriles, autovías urbanas y circunvalaciones tienen sobre las variables ambientales, las cuales ocupan un gran espacio y generan un “efecto barrera”, es decir, son un elemento de corte entre el mismo o distintos ecosistemas, en especial para la fauna y más concretamente para reptiles, anfibios y pequeños mamíferos [4].

En definitiva, hay una pérdida de conectividad; en muchos casos se realizan medidas correctoras o compensatorias donde se introducen pasos de fauna, los cuales en la mayoría de los casos están mal diseñados por falta de recursos económicos ya que se establecen como el último elemento de la obra [4].

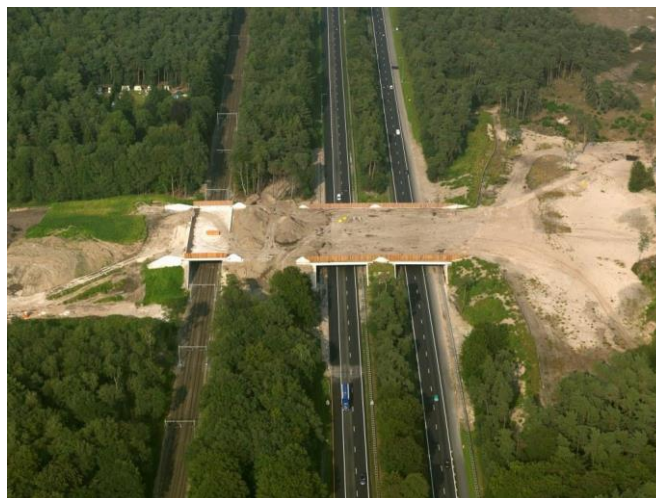


Figura 5. Paso de fauna

También provoca una interrupción de movilidad para las personas, fragmentando el tejido urbano y reduciendo la movilidad de los peatones y las posibilidades de comunicación entre ambos lados de la vía. En algunos casos, aunque haya elementos para cruzar esa vía, como una pasarela peatonal, las especiales características de la propia vía (calzadas de varios carriles, alta intensidad y velocidad del tráfico, elevado nivel de ruido, etc.) crean una barrera psicológica [1].



Figura 6. Vista desde una pasarela peatonal

1.2 Clasificación de la Logística Última Milla

En la logística de última milla intervienen numerosos componentes e interacciones entre ellos. Es por ello por lo que esta puede clasificarse en distintos tipos:

1.2.1 Tipos de movimiento

Desde el punto de vista urbano, existen cuatro tipos fundamentales de movimientos de mercancías. Los de tipo interno-interno, que son los que a nosotros nos interesan para el presente trabajo puesto que se dan en su totalidad dentro del ámbito urbano, los de tipo interno-externo, externo-interno y externo-externo.

1.2.2 Motivo de los movimientos

Normalmente se entiende que la logística urbana de mercancías engloba el transporte de mercancías correspondiente a suministros, aunque debería incluirse al transporte asociado a servicios (instalaciones, inspecciones, atención al cliente, emergencias, etc.) así como el destinado a otros usos comerciales (representantes de ventas, vehículos de empresa, etc.).

1.2.3 Tipos de vehículos utilizados

Para clasificar los distintos vehículos que se usan en la logística última milla lo podemos hacer en función de la capacidad de carga, lo cual se podría relacionar con la división según el peso y el tamaño. El tamaño de los vehículos utilizados para el transporte de mercancías dentro de la ciudad no suele exceder las 13 toneladas, con un fuerte predominio de las furgonetas y camionetas de peso autorizado inferior a 3500 kilos.

Así pues, podemos encontrarnos con distintos vehículos como son, ordenados de menor a mayor capacidad de carga: furgoneta (1000 kg), furgón (1900 kg), camión ligero (3000 kg) y camión mediano (8500 kg).

1.2.4 Tipos de mercancías distribuidas

Otra división en el tipo de vehículos puede hacerse en función del tipo de producto que este transporta. En los productos de alimentación, en los cuales se repone diariamente, destacan los camiones y furgonetas; respecto al equipamiento familiar, cuya reposición es frecuente, se suelen utilizar camiones; para la paquetería, cuya reposición también es frecuente, destacan las furgonetas; y para el resto de los productos, cuya reposición es esporádica, se suelen emplear también furgonetas.

1.2.5 Duración de las entregas

Esta clasificación es muy amplia, ya que depende del tipo de entrega, de la mercancía que se está entregando, y del número de sitios que se realice en una misma parada. Así pues, podemos encontrarnos con las siguientes ocasiones:

- **Parada breve:** aquellas acciones que duren menos de dos minutos y en las que a veces participan al menos dos transportistas por vehículo. Debido a la brevedad de la parada, esta suele hacerse en doble fila justo en la puerta del punto de entrega. Se trata de casos particulares, como por ejemplo puede ser la entrega de paquetería rápida.
- **Estacionamiento de menos de 5 minutos:** serán aquellos en los que la carga y descarga se efectúe de manera casi instantánea, aparcando en una zona cercana al destino, que puede ser una zona de carga y descarga en caso de encontrarse disponible, y teniendo que realizar un único desplazamiento del vehículo al establecimiento concreto.
- **Estacionamiento de más de 5 minutos:** la carga y descarga se realiza estacionando el vehículo en cuestión bien realizando entregas en distintos establecimientos durante este periodo de tiempo si son entregas rápidas, o bien realizando una única entrega no instantánea.

1.2.6 Grupo de colectivos involucrados

La logística urbana es una actividad que implica la actuación de numerosos grupos de personas y la relación entre ellos. Debido en ocasiones a la falta de organización y comunicación de la actividad entre estos, es por lo que ocurren problemas derivados de la actividad logística. Así pues, los distintos grupos que nos encontramos son:

- **Transportistas:** en este grupo entran todas aquellas personas, pertenezcan a una empresa o sean autónomos, cuya finalidad es la de llevar la mercancía a través de la ciudad hasta el punto de entrega. Los principales objetivos de los transportistas son la reducción de tiempos de reparto, la reducción de costes operativos, la posibilidad de ofrecer mejor servicio a sus clientes y el aumento de la seguridad durante la ruta de reparto.
- **Receptores:** los receptores de mercancías más frecuentes en la ciudad son las empresas locales y comerciantes, los cuales dan por hecho que los transportistas les entregarán la mercancía en cualquier situación para no perder su

posición en el mercado al ser un sector tan competitivo. Así pues, este grupo se preocupa más por el otro extremo de la cadena, es decir, por los compradores, pensando en cómo mejorar la accesibilidad de estos hacia los puntos de compra como por ejemplo con más plazas de aparcamiento.

- **Residentes:** son aquellas personas que residen en la zona en la que tienen lugar los repartos de mercancías, es decir, aquellas que se ven afectadas por los problemas que puede ocasionar la logística como la contaminación, la congestión del tráfico, el uso de espacio público, etc. Los objetivos de estas personas son el aumento de la habitabilidad, la reducción de la contaminación del aire y de la congestión del tráfico y el aumento de espacio público disponible.
- **Administración:** entidad que se encarga de la implantación de planes de movilidad y logística urbana, teniendo en cuenta los intereses de diversos grupos. Sus objetivos principales son satisfacer las necesidades de los ciudadanos y garantizar su bien común.
- **Externos:** son aquellas personas que acceden a la ciudad para realizar actividades de diversa índole, como puede ser trabajo, compras, ocio, etc. Los objetivos de este grupo son tener una mejor accesibilidad y un aumento de las plazas de aparcamiento.

1.3 Sectores de la Logística Última Milla

En el documento de la memoria hemos clasificado los sectores más importantes de la logística de última milla, no obstante, en los anexos vamos a explicar más en detalle algunas características de los sectores más destacables dentro de los que hemos nombrado en la memoria.

El sector HORECA y el e-commerce son los dos que mayor impacto tienen y los que más crecimiento han sufrido estos últimos años.

1.3.1 HORECA

Por un lado, tenemos HORECA, que es un acrónimo de HOteles, REstaurantes y CAterings, que se utiliza para referirse al sector de los servicios de comidas. El término horeca se utiliza en el ámbito del márketing para referirse al público objetivo de ciertas acciones comerciales. Por ejemplo, existen productos que en su etiquetado indican la palabra horeca para diferenciarlos de otros mercados [5]. Este sector cubre aproximadamente 376000 establecimientos en nuestro país, de los cuales más de un 80% son bares/caféterías y restaurantes. Estos establecimientos son un 80% establecimientos independientes y el resto son establecimientos que pertenecen a grandes cadenas.

El gran impacto de este sector se debe a su gran cantidad de establecimientos, a las altas frecuencias de aprovisionamiento de los mismos y a las ineficiencias en la logística actual (como por ejemplo que prácticamente la totalidad de las paradas se realizan de 7 a 13 horas, la falta de zonas de carga y descarga, y a la antigüedad de la mayoría de los camiones utilizados en el reparto) [6].



Figura 7. HORECA

1.3.2 E-commerce

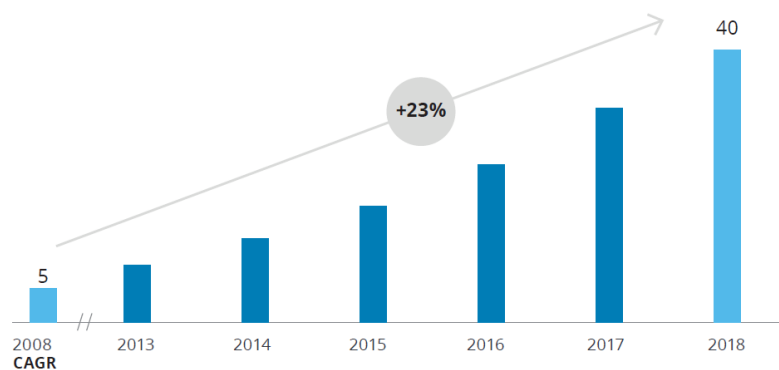
Por otro lado, tenemos el e-commerce, formado por todas aquellas empresas que venden sus productos de forma online. El impacto de este sector se debe al gran aumento que está teniendo en estos últimos años como consecuencia del incremento de las compras online, lo que propicia un incremento de la demanda en el sector paquetería, a las exigencias cada vez mayores de los compradores online [6].

El e-commerce, o comercio electrónico, es un sistema de compra y venta de productos o servicios que se realiza exclusivamente a través de Internet. Se refiere a las transacciones entre compradores y

vendedores mediante una plataforma online que gestiona los cobros y los pagos de manera completamente electrónica [7].

En España, la facturación e-commerce ha aumentado más de un 23% de media en los últimos años, llegando a crecer un 29% en 2018 y alcanzando los 40000 millones de euros. Este incremento se debe al gran número de personas que realizan sus compras online, que ha pasado de alrededor de un 20% en 2008 a un 50% en 2018.

Este gran incremento hace que las empresas logísticas tengan que hacer frente a unos 1,5 millones de entregas de paquetes de media al día. Además, en algunas categorías de producto, este número se incrementa notablemente en los últimos meses del año [6].



*Figura 8. Evolución de la facturación e-commerce en España
(miles de millones de €)*

Aparte de este aumento, los compradores solicitan cada vez mayores niveles de servicio. Por un lado, los envíos express (en menos de 24 horas), han aumentado por encima de un 10% cada año.

Por otro lado, los compradores demandan cada vez más flexibilidad, como por ejemplo poder realizar modificaciones en sus pedidos, y trazabilidad, es decir, conocer en todo momento la ubicación en tiempo real de su paquete [6].

Los distintos tipos de e-commerce según su modelo de negocio son [7]:

- **Tienda online con productos propios:** la tienda online funciona de manera similar a las tiendas físicas ya que gestionan su stock de productos, pero operan exclusivamente en Internet.
- **Dropshipping:** este tipo de e-commerce solo se encarga de tomar los pedidos de los clientes, facturarlos y pasarlos al

mayorista, que es quien almacena la mercancía y la envía al cliente final.

- **Marketplace:** es una tienda de tiendas, una plataforma web donde diferentes vendedores ofrecen sus productos y pagan al propietario una comisión por cada venta, como en Amazon.
- **Membresía:** este tipo de e-commerce busca ventas recurrentes mediante un modelo de suscripción periódica enviando con cierta sistematicidad los productos a sus clientes o permitiendo el acceso a sus contenidos, como en el caso de Spotify.
- **Servicios:** el comercio digital no vende exclusivamente productos físicos. El 79% de los compradores online adquieren servicios y el 43% contenidos digitales. El e-commerce de servicios vende productos de consultoría o formación, como Coursera.
- **Afiliación:** aunque no se trata de e-commerce tradicional, pues el proceso de compra no se realiza directamente en el sitio web, es un modelo de negocio online interesante por sus reducidos costes ya que se limita a referir a los clientes a otra tienda online a cambio de una comisión por cada venta.

Una de las bases para que un e-commerce funcione de manera correcta y efectiva es contar con un buen paquete de soluciones logísticas. Una buena logística e-commerce significa muy a menudo la diferencia entre pérdidas y ganancias; entre el éxito o la quiebra de tu tienda online. Si una estrategia logística no está organizada de manera óptima y no es extremadamente eficiente, existe una gran probabilidad de que también falle la conversión. Cuando esto ocurre, hay que hacer frente a estos compromisos, los cuales tendrán como consecuencia altos costes logísticos [8].



Figura 9. Logística e-commerce

Las estadísticas demuestran que, por término medio, se emplea entre un 20 y un 40% del volumen de facturación en gastos relacionados con la logística e-commerce. Entre ellos se encuentran costes de almacenamiento, preparación de pedidos, embalaje, envío y, en su caso, devolución [8].

La gestión de la logística es un aspecto crucial de toda empresa que venda online. Es lo que decanta la satisfacción o insatisfacción del cliente y es un impulsor clave para el éxito del negocio.

Uno de los mayores retos a los que los e-commerce españoles están llamados a enfrentarse hoy en día es a disponer de un sistema de distribución lo más organizado, rápido, eficiente, racional y optimizado posible.

El consumidor online espera opciones cada vez más nuevas y sofisticadas para la entrega y recogida de productos y soluciones fiables y modernas de seguimiento e información. Hoy en día, lo que más se tiene en cuenta es [8]:

- **La entrega:** la entrega en casa en un horario determinado y elegido por el cliente o la recogida en un punto de servicio, son los métodos de entrega preferidos.
- **Los plazos de entrega:** además de definir hora y fecha de la entrega, el cliente busca la inmediatez.
- **Los gastos de los envíos:** el cliente de hoy en día es muy exigente y no está dispuesto a pagar gastos de envío o devolución. Según numerosos estudios, casi las tres cuartas partes de los consumidores manifiestan no querer asumir estos costes.
- **La resolución de incidencias:** no es nada nuevo que un paquete se haya retrasado, perdido o que llegue dañado y que el cliente busque una solución inmediata del problema.
- **Seguimiento de los envíos:** dar información más detallada del estado del paquete, que el cliente si no recibe el pedido a tiempo, sepa de antemano a qué se debe el retraso. Así también el vendedor puede anticiparse al cliente.

- **Devoluciones sencillas:** un 70% de los usuarios revisan la política de devoluciones antes de realizar una compra; y por supuesto, esta incide sobre su decisión de compra.

Algunos puntos claves a destacar respecto a la logística e-commerce serían [8]:

- **El envío:** en la mayoría de los casos para el envío de los productos se emplean diferentes transportistas. Esto es así porque influyen diferentes factores a la hora de elegir uno u otro como pueden ser: el tamaño de los paquetes a enviar, el destino final, el tiempo de entrega, etc...
La logística en este punto se hace cargo de ordenar la lista de entrega y optimizarla considerando los diferentes factores como puede ser la ruta a seguir, el tipo de vehículo, el cliente, la prioridad del envío, ver qué pedidos pueden entregar en una misma ruta para reducir tiempo y costes, entre otros; asignar los transportistas y gestionar las franjas horarias en las que tendrán que recoger los artículos; comprobar los documentos de los productos y cuáles se entregarán al transportista; comprobar el peso y el volumen de los paquetes antes de entregarlos; agrupar las mercancías en áreas de recogida o del almacén para, por último, cargarlas al camión.
- **Seguimiento de los envíos:** este es uno de los aspectos más importantes para el cliente: saber cuál es el estado de su paquete. En este punto, el cliente recibe un código de seguimiento de su paquete y un enlace en el cual introduciendo dicho código, puede hacer un seguimiento a tiempo real de su pedido desde que sale del almacén hasta su destino final. Para este punto es esencial contar con un software capaz de conectarse con la tienda online del vendedor y proporcionar información actualizada y a tiempo real del recorrido del paquete.
- **Las devoluciones y su gestión:** este suele ser un punto olvidado de la logística e-commerce por parte de los vendedores online ya que muchas veces se pone todos los esfuerzos en vender más y se descuidan las devoluciones, siendo que gestionar las devoluciones de forma eficiente puede significar también más. Para los que compran online, la política de devoluciones es un factor fundamental, ver que pueden devolver el producto si no les ha terminado de convencer supone un valor añadido que

puede hacer que un usuario se decante por comprar en una tienda o en otra.

Este proceso es básicamente logística inversa, por lo que debe considerarse como una fase operacional principal dentro de un negocio.

- **Satisfacción del cliente:** la satisfacción del cliente debe estar garantizada en todas las etapas de la venta y la post-venta. Esta está vinculada a toda una serie de factores distribuidos a lo largo de toda la cadena de envío: a los plazos y métodos de entrega, a la elección de los métodos de transporte, a la hora de personalizar el envío, a la capacidad de controlar el estado de los pedidos y, sobre todo, de devolver los artículos rápida y fácilmente.

1.3.3 Comercio de segunda mano

En los últimos años, el comercio de segunda mano ha estado aumentando cada vez más, por lo que es otro sector importante a tener en cuenta.

La segunda mano era hasta hace poco sinónimo de estrecheces económicas en España. Tanto del comprador, al que se le suponía como alguien con pocos recursos que buscaba un artículo usado más barato, como del vendedor, al que se le percibía también en apuros económicos y al que la reventa de algún producto le reportaba unos ingresos adicionales.

Sin embargo, este sector ha logrado quitarse estos prejuicios y actualmente crece con fuerza y sus perspectivas son muy alentadoras.

La Confederación Española de Comercio (CEC) tiene registrada una facturación del comercio de segunda mano online de 110 millones de euros en 2020 sin contar al sector automovilístico, casi un 25% más que en 2019.

La moda y el equipamiento del hogar son los productos más vendidos, y un estudio de la consultora Boston Consulting Group asegura que este mercado crecerá entre un 15% y un 20% anual en el mundo hasta 2026 [9].

El e-commerce de segunda mano (también llamado re-commerce) es tendencia en el marketing digital, sobre todo en el mundo de la moda.

Los consumidores en la actualidad se preocupan cada vez más por la sostenibilidad y la economía, motivo por el que ha dejado de verse la segunda mano como una opción para personas sin recursos económicos, pero que aun así quieren seguir luciendo la última moda. La percepción ha cambiado debido a una mayor conciencia social, sobre todo entre el público más joven, a la hora de consumir de forma más responsable. Por lo tanto, cada vez son más las personas que se decantan por comprar artículos de segunda mano [9].

Según el informe La Red del Cambio de la plataforma de segunda mano Wallapop, el 68% de los españoles considera la sostenibilidad como un factor clave en su decisión de compra, notándose sobre todo en la compra de ropa usada, ya que la industria textil se ha convertido en la segunda más contaminante del plante por detrás de la petrolera [9].

Año tras año, el comercio de segunda mano ha ido aumentando cada vez más y más, superando ampliamente al sector de la moda. Para 2025, se espera que el mercado de segunda mano alcance los 77000 millones de dólares. De esta cantidad, 30000 millones corresponderán a donaciones vendidas por organizaciones benéficas y 47000 a la reventa, que era prácticamente inexistente en 2013 [10].

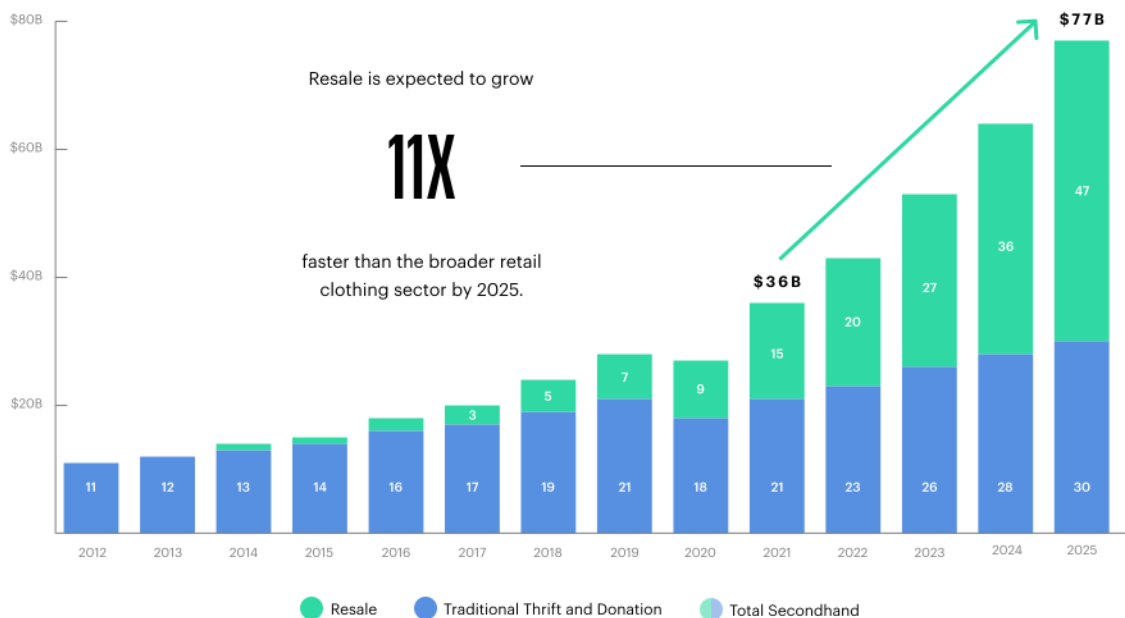


Figura 10. Previsión del aumento del mercado de segunda mano

Los compradores de segunda mano están repartidos en todas las franjas de edad, encontrándonos con compradores pertenecientes a la Generación Z (42%), Millennials (42%), Generación X (32%) y Boomers (16%) [10]. (Estos números representan el porcentaje de

cada grupo de edad que ha comprado ropa, calzado o accesorios de segunda mano en 2020).

Otro dato interesante es que los compradores de segunda mano incluyen a clientes de todo tipo de marcas y franjas de precio, desde compradores de moda de lujo (el 26% de ellos compra de segunda mano) hasta los clientes de las tiendas más económicas como Walmart y Target (el 22% compra de segunda mano) [10].

Si bien los consumidores compraron menos ropa en general durante la pandemia, muchos recurrieron a la ropa de segunda mano, adquiriendo un hábito que están manteniendo.

33 millones de personas compraron ropa de segunda mano por primera vez en 2020, de los cuales el 76% planean seguir comprando artículos de segunda mano en los próximos 5 años, es decir, se espera un incremento de 5 veces más en la cantidad de productos de reventa, acelerándose después del Covid [10].

La siguiente imagen muestra el porcentaje de consumidores mayores de 18 años que han comprado o están abiertos a comprar productos de segunda mano en el futuro (los datos de 2020 incluyen respuestas de hombres y mujeres, los años anteriores solo de mujeres), donde se aprecia que, en 2020, 223 millones de consumidores dicen que tienen o están dispuestos a comprar productos de segunda mano [10].

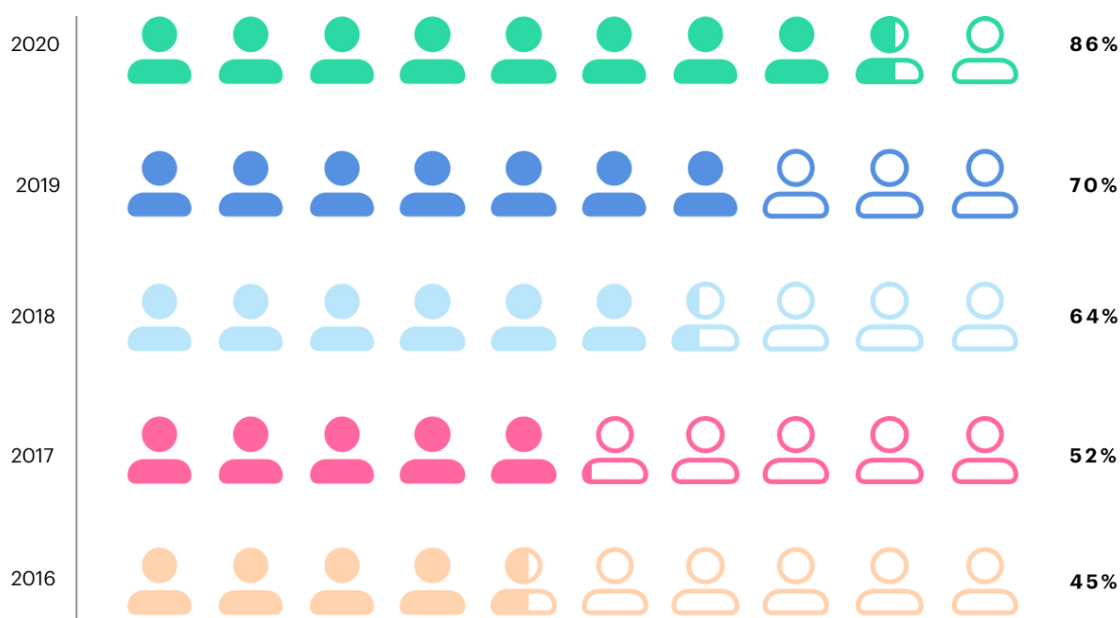


Figura 11. Porcentaje de personas abiertas a comprar productos de segunda mano

El crecimiento masivo del comercio electrónico de segunda mano puede explicarse por una serie de tendencias y características que definen al consumidor de hoy en día. Algunos de estos aspectos clave son [11]:

- **La sostenibilidad:** Los consumidores que prefieren comprar a marcas responsables con el medio ambiente han pasado de un 57% en 2013 a un 72% en 2018, un incremento del 15%. El 68% de los consumidores esperan que los fabricantes de ropa sean éticos y sostenibles. Esto encaja perfectamente con el re-commerce, ya que comprar una prenda usada reduce su huella de carbono en un 82%.
- **La organización en el hogar:** Entre 2017 y 2019, el número medio de prendas en el armario de los consumidores se vio reducido de 164 a 136. Esto fue debido a la “Kondomania”, el fenómeno de Marie Kondo, la cual tiene un show que se emitió en Netflix y provocó este hecho.
- **Los nuevos hábitos de compra:** Los consumidores ya no piensan en establecer una relación para toda la vida con sus prendas. El 40% tiene en cuenta el valor de reventa de un artículo antes de comprarlo. Este porcentaje se ha visto duplicado en los últimos años.
- **La calidad:** Antes, la ropa de segunda mano estaba mal vista, se relacionaba con productos sucios, viejos o de mala calidad; sin embargo, hoy en día esa tendencia ha cambiado, donde ahora esta ropa se empieza a percibir incluso como algo “cool”, puesto que la ropa de segunda mano no deja de ser el mismo producto con la misma funcionalidad, pero a un precio bastante más barato.
- También cabe destacar a **las aplicaciones móviles**, las cuales han contribuido de forma decisiva al crecimiento de este mercado en los últimos años en gran parte porque la mayor parte de los usuarios de tecnología son los jóvenes, es decir, los más concienciados con el consumo responsable.

Respecto a cuáles serán las tendencias futuras podemos destacar lo siguiente [11]:

- La ropa de segunda mano está en un ascenso constante, ya que representa un 3% de las prendas en 2008, un 6% en 2018 y un 13% en 2028. Dentro de unos pocos años, los artículos de segunda mano superarán a los de moda rápida.
- Aunque todavía representa un porcentaje muy pequeño del total, los servicios de suscripción (que envían cierta cantidad de prendas al mes a los usuarios en función de sus preferencias) y los de alquiler de ropa van en aumento.
- El 72% de los compradores de segunda mano ha comprado menos a tiendas tradicionales para centrar su presupuesto en la reventa.
- Uno de cada cinco consumidores prevé gastar más en productos de segunda mano que en artículos nuevos en los próximos cinco años.

1.4 Consecuencias de la Logística Última Milla

1.4.1 Problemas

En los últimos años, los nuevos hábitos de consumo derivados del comercio electrónico, entre otros, han supuesto un crecimiento importante de la actividad económica en general, y del reparto de mercancías en particular, ya que cualquier usuario se convierte en destino potencial para la distribución urbana de mercancías.

Multitud de mercancías de diferente tipo entran, transitan y abandonan constantemente las zonas urbanas. Algunos ejemplos de ellas podrían ser: bienes de consumo, materiales de construcción, residuos, paquetería y envíos por correo, etc. [12].

Esto ha generado un aumento considerable en el número de desplazamientos realizados por los vehículos destinados al transporte de mercancías, lo que a su vez ha significado un aumento en la congestión del tráfico. Debido a la creciente cantidad de tráfico y a una limitada capacidad de la red de carreteras, la congestión del tráfico se ha convertido en un fenómeno cotidiano.

Esta situación podría acentuarse en los próximos años ante las estimaciones previstas de crecimiento del comercio electrónico.

Según estimaciones de AECOC (Asociación de Empresas de Fabricantes y Distribuidores), actualmente el 38% de los recorridos que realizan los vehículos en las ciudades se deben al transporte de mercancías, y se espera que, en los próximos años, dicho porcentaje crezca a un ritmo de un 8% anual [13].

Un mal diseño en las rutas que siguen los vehículos de carga en las calles y vías congestionadas no solo provoca un incremento en la cadena logística y en su cadena de costos, sino que también empeora los efectos asociados al tráfico de mercancías en las zonas urbanas tales como los gases de efecto invernadero, ruido y contaminación del aire [12].

Además de la previsión de aumento del número de destinatarios y de las entregas, se identifican otra serie de retos derivados de la logística asociada al comercio electrónico, como es la posible menor eficiencia del transporte por un descenso del tamaño de los artículos y por entregas fallidas (el consumidor no está en su domicilio en el momento de realizarse la entrega), o el aumento del número de desplazamientos cuando las empresas realizan entregas parciales sin necesidad de esperar al envío completo de los artículos del pedido.

En la actualidad, los problemas y dificultades a los que tiene que hacer frente la logística urbana son [14]:

- **Crecimiento de las ciudades**, las cuales cada vez aumentan más y más sin tener un plan de urbanismo que tenga en consideración a la logística. Por lo tanto, llegar al gran número de población que las habita, genera mucho esfuerzo por parte de las compañías logísticas.
- **La gran variedad de servicios**, desde los diferentes tipos de entregas, hasta el transporte de todo tipo de mercancías, así como entregas a minoristas, recogida de desperdicios, etc. Todo ello, conlleva diferentes normativas que se deben cumplir.
- **Restricciones de vehículos**, debidas a las medidas legislativas que regulan los horarios de los vehículos de reparto en algunas zonas de la ciudad, lo que supone que se acumulen más vehículos en hora punta y entorpeciendo el tráfico, retrasando las entregas y aumentando el consumo de combustible.

- **Zonas inadecuadas para descarga**, como fruto de la falta de planificación, lo que provoca más dificultades de aparcamiento y problemas de gestión vial.
- **Entregas de menos volumen y más frecuentes**, puesto que cada vez son más las empresas que prefieren tener un inventario más pequeño, lo que supone reducir el tamaño de los envíos y aumentar su frecuencia, presionando así la logística urbana y aumentando el número de vehículos en las carreteras.
- **Entregas fallidas** por ausencia de receptores, trayendo como consecuencia importantes costos imprevistos, además de innecesarias emisiones de contaminantes al medio ambiente.

1.4.2 Medidas

Durante los últimos años han surgido multitud de medidas e iniciativas que tratan de resolver o mitigar los problemas derivados de la distribución de mercancías en las ciudades.

La última milla es el camino hacia la entrega exitosa del producto al cliente final. Es la última oportunidad para deleitar y, por tanto, su gestión debe estar muy bien planificada.

Adaptar la estructura tecnológica y operativa, planificar rutas, sincronizar el proceso de picking con el enrutamiento son puntos muy importantes para incrementar la productividad de este importante proceso logístico [15].

No menos importantes son las inversiones en tecnología de gestión de entregas online (DMS - Delivery Management System) con monitorización en tiempo real.

Existe un uso creciente de aplicaciones móviles que brindan información detallada durante el viaje, permiten el control del tráfico en áreas urbanas, registran las confirmaciones de entrega y permiten la interacción con los conductores para hacer frente a las desviaciones. Todo esto tiene como objetivo asegurar el cumplimiento de los plazos e informar con precisión del estado en cada etapa del proceso [15].

La tecnología está permitiendo grandes avances en la optimización de las rutas de distribución y en el desarrollo de planificadores de rutas dinámicas. Esto puede ayudar a solventar un problema importante, la propia morfología de la ciudad, ya que muchas ciudades europeas

tienen una estructura radial, con una concentración muy alta de zonas de tiendas, restaurantes y otros puntos de atracción social en el centro de la ciudad. Esto genera flujos asimétricos de personas que van a trabajar, comprar, comer o visitar lugares de interés turísticos.

Además, la morfología de estos centros de las ciudades es heredada de la Edad Media, donde predominan las calles estrechas las cuales no están pensadas para la circulación de vehículos de entrega. Por lo tanto, mediante la mejora en las rutas se pueden optimizar los desplazamientos de los transportistas, lo que también permite reducir el número de kilómetros recorridos, lo que reduce a su vez las emisiones y el combustible [16].

También, el almacenamiento masivo de datos, por ejemplo, sobre los hábitos de los consumidores, ha permitido elaborar modelos predictivos de distribución e incrementar la fiabilidad de las entregas. Esto permite ofrecer al usuario ventanas horarias más ajustadas, mejorar la productividad e informarle sobre la hora esperada de entrega. El uso de datos también podría informar al transportista de otros detalles como por ejemplo el estado del tráfico, permitiendo programar los horarios de entregas según el flujo del este [16].

En cuanto a instalaciones, la búsqueda de soluciones para poder realizar las entregas a particulares cuando estos no están en su domicilio ha propiciado el desarrollo de nuevos sistemas de entrega y recogida de paquetería, como por ejemplo los puntos de recogida habilitados en determinados comercios o los buzones o taquillas inteligentes, los cuales son cada vez más frecuentes en los lugares públicos o en las zonas comunes de urbanizaciones residenciales [16].

Respecto a los vehículos, la adaptación de las flotas hacia soluciones más eficientes y respetuosas con el medio ambiente es otra de las tendencias actuales en la logística urbana. Las iniciativas más comunes se centran en mejorar la eficiencia en el consumo de combustible de las flotas comerciales y, en consecuencia, en la reducción de las emisiones: formación en conducción eficiente, modificación de los motores y renovación de los vehículos. Aquí se incluye tanto la renovación de la flota existente (según datos de la DGT, más del 63% de la flota de camiones y vehículos comerciales como furgonetas tienen una antigüedad de 10 años o más) como la sustitución de algunos vehículos comerciales por otros menos convencionales como bicicletas, motos, etc. o por vehículos eléctricos o híbridos que, en definitiva, tienen menos restricciones de acceso en las grandes ciudades, son más silenciosos y producen menos emisiones [16].

1.5 Habilitadores del cambio

En este apartado se explican más en profundidad los tres habilitadores del cambio que hemos comentado en la memoria.

1.5.1 Infraestructuras

Con infraestructura nos referimos a todos aquellos elementos, tanto públicos como privados, que forman parte de la actividad logística (centros de distribución, taquillas inteligentes, almacenes, zonas de carga y descarga, aeropuertos, redes de carreteras, etc.), que constituyen la red a través de la cual se realizan las entregas. Gracias a las infraestructuras, se puede facilitar la capacidad de entrega al destinatario final.

De todos estos elementos vamos a destacar tres, los almacenes, los lockers y las zonas de carga y descarga.

- **Almacenes:** el almacén logístico es el lugar en el que, como su propio nombre indica, se almacenan las mercancías de una empresa, además de realizarse acciones como la recepción de la mercancía, almacenaje, manipulación y preparación de pedidos entre otras. Este espacio debe estar diseñado pensando en diversos factores de la logística de almacenaje como son el tamaño de la actividad, el tipo de mercancía y el tipo de equipamiento que tendrá, como son las estanterías, las transpaletas, las carretillas elevadoras, etc. Las actividades que se desarrollan en estos sitios cubren desde la entrada de la mercancía hasta la salida de esta, pasando por su comprobación, manipulación, almacenamiento y picking o preparación de dicha mercancía [17].



Figura 12. Almacén logístico

- **Lockers:** son buzones de entrega y recogida accesibles en todo momento, situados en puntos estratégicos de las ciudades, como, por ejemplo, los distritos con más densidad de población o los centros comerciales, estaciones de metro, grandes oficinas, etc. Gracias a estos buzones, los usuarios pueden recoger sus paquetes en el buzón que hayan elegido mediante un código de acceso personal que previamente reciben en sus móviles [6].



Figura 13. Locker en aeropuerto

- **Zonas de carga y descarga:** las plazas de carga y descarga existentes en las ciudades españolas no son capaces de absorber los grandes volúmenes de repartos y aprovisionamiento consecuentes de la logística última milla, lo que genera un aumento de la congestión en las

ciudades españolas al realizarse los repartos de forma ilegal (en doble fila) [6].



Figura 14. Zona de carga y descarga

Para acometer la transformación a través de este primer factor de mejora, los agentes privados involucrados en el reparto logístico de última milla pueden, o bien intentar crecer mediante un desarrollo interno e inversión propia, o bien aliarse con start-ups.

En cuanto a las Administraciones Públicas, es necesaria la urgente inversión necesaria para actualizar y modernizar aquellas infraestructuras que permitan hacer frente a las necesidades actuales de logística última milla [6].

1.5.2 Colaboración

Esta es una solución que están buscando las empresas de distribución, ya que, mediante la colaboración con otras empresas del mismo sector, se puedan encontrar soluciones externas a sus propios modelos de negocio y así poder mejorar sus servicios, cada vez más exigentes por parte del cliente.

Las distintas colaboraciones que podemos encontrarnos son [6]:

- **Colaboración fabricante-distribuidor:** esta colaboración busca eliminar las ineficiencias en el sistema de distribución, reduciendo costes y aumentando la satisfacción del consumidor final.
- **Colaboración entre diferentes empresas de distribución:** con el objetivo de disminuir los costes, algunos de los principales agentes de distribución deberán trabajar juntos, implementando medidas innovadoras.
- **Colaboración de sectores de actividad con Administraciones Públicas:** este es un factor clave para incentivar el cambio en la logística última milla, a través de la regulación e implantación eficiente de los nuevos modelos logísticos de última milla.

1.5.3 Tecnología

Existen muchas tecnologías que están transformando la cadena de suministro. Resultan imprescindibles integrarlas dentro del proceso de digitalización de la logística última milla para poder responder a las altas demandas de los consumidores. Además, son un punto importante para mejorar las operativas logísticas y los canales de interacción con el cliente.

A modo de resumen, las tecnologías que actualmente están en aplicación son [6]:

- **Nuevos canales de comunicación** que favorecen la omnicanalidad, como los chatbots, los cuales permiten mantener una comunicación efectiva con el cliente de forma totalmente digital.

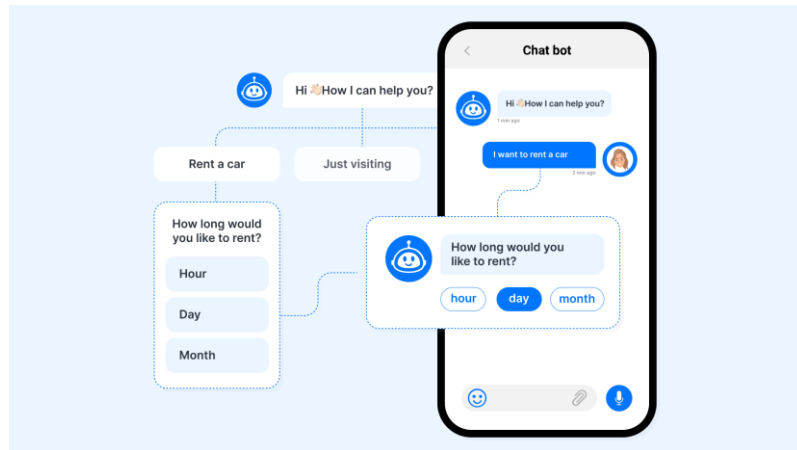


Figura 15. Ejemplo de chatbot

- **Servicios de geolocalización**, que permiten conocer el trayecto y la localización de un paquete en tiempo real (en la actualidad, más del 90% de las empresas de paquetería de corta distancia no posee esta tecnología).
- **Big data**, cuyo objetivo es la correcta gestión de la información para poder tomar, a partir de ella, las decisiones más acertadas.
- **Taquillas inteligentes**, las cuales eliminan las entregas fallidas.
- **Patinetes eléctricos**, los cuales contribuyen a la movilidad rápida y no contaminante a puntos donde los vehículos más grandes pueden presentar problemas para acceder.

Con vistas a largo plazo, las tecnologías que podrían implantarse son [6]:

- **Drones**, para el reparto de entregas en el e-commerce, de forma rápida y con gran reducción de los costes, aunque la regulación es un aspecto clave para esta situación, más aún dentro de las ciudades.
- **Vehículos autónomos**, con la capacidad de auto transportarse de forma inteligente a su destino final, ahorrando el gasto personal y con ello, posibles errores en la ruta.

- **Robotización en los almacenes**, ahorrando espacio al eliminar los pasillos para el paso de los operarios, lo que aumenta la capacidad de almacenamiento.

1.6 Industria 4.0

1.6.1 Objetivos de la Industria 4.0

La Industria 4.0 implica la promesa de una nueva revolución que combina tecnologías avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integrarán en las organizaciones, las personas y los activos. Lo que busca es transformar a la empresa en una organización inteligente para conseguir los mejores resultados de negocio [18].

Esta revolución es debida a la aparición de nuevas tecnologías como la robótica, la analítica, la inteligencia artificial, las tecnologías cognitivas, la nanotecnología, la fabricación aditiva, realidad virtual y el Internet de las Cosas, entre otras, las cuales sirvan para progresivamente automatizar el proceso productivo. Se tratan de tecnologías innovadoras cuya aplicación a la industria se desarrollará en el día a día. Esta tecnología proporciona acceso en tiempo real a los datos [18].

La integración digital de la información desde diferentes fuentes y localizaciones permite llevar a cabo negocios en un ciclo continuo. A lo largo de este ciclo, el acceso en tiempo real a la información está impulsado por el continuo y cíclico flujo de información y acciones entre los mundos físicos y digitales. Este flujo tiene lugar a través de una serie de pasos iterativos conocido como PDP (physical to digital to physical) [18]:

- **Del mundo físico al digital:** se captura la información del mundo físico y se crea un registro digital de la misma.
- **De digital a digital:** en este paso, la información se comparte y se interpreta utilizando analítica avanzada, análisis de escenarios e inteligencia artificial para descubrir información relevante.
- **Del mundo digital al físico:** se aplican algoritmos para traducir las decisiones del mundo digital a datos efectivos, estimulando acciones y cambios en el mundo físico.

1.6.2 Tecnologías de la Industria 4.0

Las principales tecnologías de la industria 4.0 son [19]:

- **Análisis y simulación de datos big data:** la simulación desea utilizar más ampliamente las informaciones, analizando datos en tiempo real, esto permitirá a los operadores aprobar y optimizar la configuración de las máquinas para el siguiente producto en la línea de producción virtual antes de un cambio real. En el caso de la logística, ayudará a tener gran cantidad de información acerca del envío que ha realizado, así como saber cuándo el receptor lo ha recibido y, gracias al uso de sensores, se podrá monitorear la carga, las rutas de los vehículos, además de ayudar en la construcción de rutas más eficientes y en la minimización de riesgos.
- **Inteligencia artificial (IA):** Vinculada al Big Data encontramos la Inteligencia Artificial, que se encargará de procesar todos los datos para que sean comprensibles para el ser humano. Esta tiene especial relevancia en la logística 4.0 porque analizar las informaciones que se recogen es útil a la hora de anticipar las necesidades del cliente y así poder satisfacerlas con mayor eficacia.

De igual manera se benefician de ellas los departamentos de producción, transporte y abastecimiento. Los tiempos de espera se eliminan o se reducen al mínimo, con lo que mejora la calidad del servicio logístico, ya sea en operaciones de B2B o de B2C.

En general, los algoritmos de la IA poseen la capacidad de extraer, ordenar, procesar y analizar millones de datos en tiempo real. Algo beneficioso para realizar predicciones de todo tipo, obtener una mejor planificación y gestionar los riesgos.

- **Robótica colaborativa:** los robots adquieren habilidades, logrando incorporar nuevas capacidades para trabajar sin un supervisor humano, y son capaces de trabajar para automatizar y coordinar una serie de tareas logísticas y de producción como por ejemplo, el picking y el packaging, la clasificación de mercancías, la movilización de palés e incluso el delivery de productos; además de reducir los costos y los

accidentes laborales y eliminar errores, estos robots representan un aumento de la producción.

- **Internet de las cosas (IoT):** el IoT representa diferentes tecnologías que antes estaban desconectadas y ahora están interconectadas a través de una red basada en IP. Esta es una de las bases del crecimiento digital. Los sensores detectan y comunican lo necesario para que se conozca el estado de la mercancía, la maquinaria, la infraestructura, el vehículo, la herramienta, el sistema informático, etc. en todo momento.

En pro de mejorar la trazabilidad del proceso logístico, el IoT es crucial. Ese intercambio de datos es una gran ventaja para monitorizar los procesos, así como identificar y supervisar fallos, de forma que se pueda actuar con prevención o con más precisión.

- **Cloud computing:** este modelo tecnológico está permitiendo sostener el desarrollo de la industria 4.0, cada vez son más las tareas relacionadas con la producción de bienes y servicios, requieren el uso de aplicaciones y datos compartidos entre diferentes ubicaciones y sistemas, más allá de los límites de los servidores de la empresa.
- **Fabricación aditiva:** también conocido como impresión en 3D, este pilar implica la producción mediante capas de material superpuestas, típicamente en forma de polvo para obtener un modelo 3D.
- **Realidad aumentada:** a pesar de ser uno de los pilares menos desarrollados de la industria 4.0, la realidad aumentada es compatible con una gran variedad de aplicaciones y servicios en diferentes campos como la medicina, la construcción, la arquitectura y la educación.

1.7 Logística 4.0

1.7.1 Retos de la logística 4.0

- **Reducir los tiempos de respuesta con producciones más limitadas [20]:**

El sector retail tiende cada vez más a trabajar con producciones cortas, con una altísima rotación de referencias en los establecimientos y tiendas online. Se impone la necesidad de manejar partidas más reducidas y de rebajar el tiempo de respuesta en la entrega de los pedidos.

La clave reside en ganar flexibilidad, consiguiendo un producto más adaptado a las exigencias del consumidor, sin perder la eficiencia propia de la organización del trabajo en cadena o de la gestión de grandes volúmenes.

- **Apostar por la logística inteligente:**

Integrar la logística inteligente en el día a día de la industria pasa por sacar partido a todas las posibilidades tecnológicas disponibles en el mercado.

- **Favorecer una omnicanalidad real:**

A día de hoy, la multicanalidad ha penetrado en todas las capas de la atención al cliente. Sin embargo, aún se da la circunstancia de que la información que llega por cada canal se aborda de manera diferenciada, lo que produce una discordancia en el tratamiento de las órdenes recibidas. Adaptar el almacén a una concepción omnicanal de la logística pone fin a estos desajustes, unificando el flujo de gestión de las mercancías y acelerando la preparación de los pedidos.

- **Anticiparse a las necesidades del cliente:**

La incorporación del big data al mundo de la logística hace posible predecir las necesidades del cliente y, en consecuencia, anticiparse a ellas con acciones de abastecimiento ligadas a previsiones muy fiables de la demanda.

Las nuevas herramientas de analítica desarrolladas en el entorno de la logística 4.0 cruzan datos relativos al histórico de ventas, los pronósticos meteorológicos, la actualidad local e, incluso, las conversaciones en redes sociales, para obtener una aproximación muy cercana del escenario que se avecina.

- **Controlar la trazabilidad de todo el proceso:**

Ganar eficiencia en la logística implica controlar la trazabilidad de cada producto de un extremo a otro de la cadena de distribución. Por ejemplo, aquí cobran gran importancia las etiquetas RFID, que ayudan a monitorizar a distancia la posición de los objetos, pero también los sistemas informáticos en que se integran y su estandarización a lo largo y ancho de la cadena de suministro.

1.7.2 Beneficios de la Logística 4.0

- **Los costos se verán disminuidos** [21], siempre y cuando los costos en inversión de la tecnificación de la industria sean en un período corto de tiempo y dichas inversiones tengan la funcionalidad esperada, ya que así se aumentará la rentabilidad, pues se podrá entregar una mayor cantidad de envíos, de forma altamente eficiente y a un menor costo que en la actualidad. Si hablamos de combustible, los costos se reducen considerablemente ya que los nuevos aportes tecnológicos brindan alternativas de vehículos para el transporte de mercancías que no requieren combustible para su funcionalidad. Así mismo, se reducen los costos derivados de las compensaciones por pérdidas de la mercancía gracias a las herramientas tecnológicas que se operan con logística 4.0.
- **Los tiempos de entrega se verán reducidos**, gracias a la integración del cliente en tiempo real dentro del proceso de distribución. Si el cliente define otra alternativa de entrega, los tiempos serán tomados de acuerdo a las condiciones de entrega. Las limitaciones de tráfico no serán problema, puesto que se utilizarán otras alternativas de vehículos que reducirán los tiempos de entrega al evitar las congestiones de tráfico.

- **La siniestralidad disminuye sustancialmente**, puesto que los sistemas de información en la nube que aporta la logística 4.0 beneficiarán los procesos de trazabilidad, rastreo y seguridad, ya que permitirán recoger y analizar los datos en tiempo real de la ubicación tanto del vehículo como de la mercancía, a través de la georreferenciación. Además, permitirá que los clientes interactúen por medio de las aplicaciones con la empresa de transporte, modificando si así lo desean el lugar de entrega, la fecha o el destinatario, gracias a la visibilidad que se tiene del envío. Así mismo, los índices de compensaciones se reducirían, ya que los siniestros y averías disminuirían.
- **Los impactos medioambientales también se verán reducidos**, puesto que cada vez son más los vehículos eléctricos que se destinan para este proceso logístico, así como las bicicletas, que no emiten contaminación y que por su parte aportan una movilización más eficiente que disminuye los tiempos de entrega. Los vehículos son asignados de acuerdo con las condiciones físicas de la mercancía, la normatividad del lugar, el tráfico vehicular, el tipo de cliente al cual se entrega y la ruta que deberá seguir. Las capacidades de entrega aumentarán porque los medios serán tecnificados y la sinergia entre el humano y la máquina será primordial para el éxito del uso de estos transportes, puesto que los vehículos serán configurados, controlados y conducidos por un humano.

1.8 Entorno

La población urbana ha crecido muchísimo en el último siglo, hasta que en la actualidad supera desde hace algunos años a la población rural. Por todo el planeta han crecido las ciudades; es un fenómeno al que no es ajeno ningún continente, sin embargo, la urbanización en el mundo se ha producido de formas muy diversas atendiendo a las realidades sociales, económicas y culturales de los países.

Vamos a comenzar analizando las características de las ciudades de los países desarrollados; con países desarrollados se hace referencia a lugares que han alcanzado un desarrollo económico, social y cultural importante.

En el documento de memoria ya hemos analizado el modelo europeo de ciudad desarrollada, por lo que en este documento de anexos vamos a analizar el otro modelo de ciudad desarrollada.

En la otra gran zona desarrollada del mundo, norteamérica, nos encontramos con alguna ciudad como Nueva York. La gran mayoría de estas ciudades no tienen un origen histórico muy antiguo como sí ocurre en Europa.

En esta zona, la mayoría de las ciudades apenas llegan a los 300 años, casi todas ellas se fundaron a partir del siglo XVII y XVIII, por lo que se carece de un centro urbano medieval. Es por ello por lo que la gran mayoría de estas ciudades se levantaron a desde su inicio con una planificación urbana muy marcada, por lo que su morfología urbana no es tan complicada con las de las ciudades europeas, razón precisa por la que ha sido más fácil de exportar el modelo urbano que allí predomina a otros lugares como Canadá o Australia [23].

En su estructura urbana podemos encontrarnos con un barrio central, también llamado CBD (Central Business District), que constituye el centro comercial y económico de la ciudad. En torno a este centro económico y comercial nos encontramos con los barrios residenciales, tanto para alojar a la clases altas y medias como aquellos barrios marginales que alojan a clases bajas y personas con muy pocos recursos [22].



Figura 16. Mapa de Manhattan (Nueva York)

Sin embargo, las ciudades del mundo desarrollado son una minoría en el mundo. La gran parte del mundo urbano se desarrolla en ciudades de países no desarrollados o al menos en vías de desarrollo. Las ciudades de estos países han crecido sin planificación y en muchos de los casos expandiéndose con los llamados barrios de autoconstrucción, lo que en algunos países son conocidos por ejemplo como chabolas o en otros como favelas. En estas ciudades también nos encontramos con

una zona económica y de poder adquisitivo alto. Son lugares donde se concentran las zonas de negocios, con edificios altos, y junto a ellas nos encontraríamos además zonas residenciales para alojar a las clases económicas más pudientes. Las ciudades del mundo no desarrollado, además, son por lo general lugares que alojan un tráfico muy caótico e intenso que no cuidan de manera profunda la situación climática de su mundo urbano, y en muchos lugares del mundo, además, son inseguras debido a los altos niveles de delincuencia, aunque de estos problemas tampoco se libra el mundo desarrollado [22].



Figura 17. Ejemplo de ciudad con barrios de autoconstrucción

1.9 Estudio de mercado

En este apartado del documento de anexos vamos a explicar más en detalle las iniciativas en logística que distintas empresas del mundo están llevando a cabo y que hemos comentado ligeramente en el documento de memoria.

Por un lado, Amazon ha patentado una idea en la que los drones reparten los paquetes desde grandes almacenes flotantes que vuelan encima de las ciudades. La patente, está fechada desde abril de 2016 y en ella se describe cómo se puede crear un sistema de almacenes flotantes por globos similares a zepelines, con un pequeño ejército de drones.

Amazon detalla en la patente como este almacén podría volar a 13 kilómetros de altura y que los drones integrados en esta nave puedan recoger un paquete y dejarlo en la dirección que los clientes indiquen [24].



Figura 18. Dron de Amazon

Respecto a Amazon Key, este es un servicio exclusivo para miembros de pago de Prime, los cuales pueden optar a este servicio de entrega a domicilio. Hay varias formas de que tu casa inteligente funcione con él, pero, en la mayoría de los casos, se necesita una cámara compatible con Amazon Alexa en la nube y una cerradura de puerta inteligente [25].

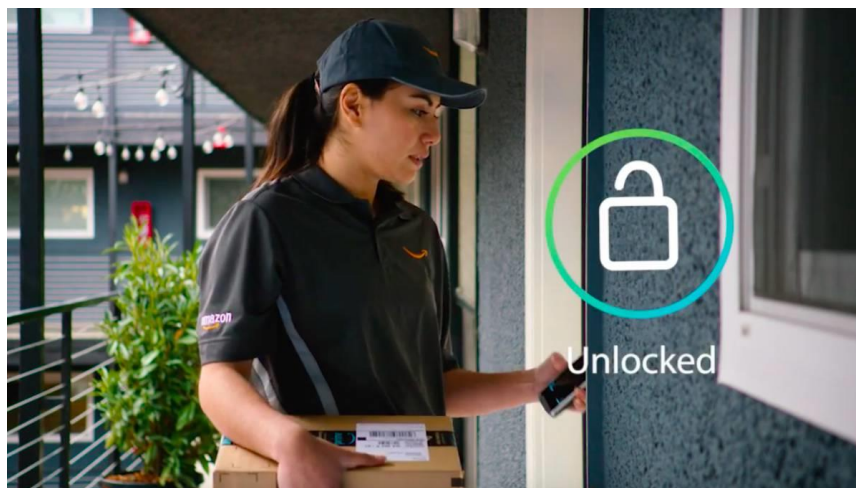


Figura 19. Servicio Amazon Key

Por último, su idea de In-Car Delivery, incluye alianzas estratégicas con empresas de otro sector, como lo es la iniciativa en la que desde el año 2017, se cuenta con la implementación de entregas en vehículos estacionados, lo que significa que cuando un cliente adquiere algún vehículo de marcas como Chevrolet, Buick, GMC, Cadillac y Volvo, puede escoger la opción de adquirir un kit y registrarse como cliente para poder utilizar esta modalidad para la entrega de mercancías en su maletero, es decir, cuando el cliente realice una compra, sin importar donde se encuentre aparcado su vehículo, Amazon tendría acceso al maletero del cliente, dejaría el paquete y cerraría nuevamente el

vehículo. Con el uso de sistemas de información de última tecnología se le notificará al usuario todos los pasos y la trazabilidad del envío hasta que la puerta del maletero de su vehículo fuese cerrada correctamente tras la entrega [26].



Figura 20. Servicio In-Car Delivery

También hay iniciativas como las Packstation, que son lugares habilitados que operan 24/7, donde se ingresa la compra en lugares asignados con clave para que el consumidor que así lo desee recoja los bienes. Estas han sido las estrategias en aquellas ciudades en Europa en donde la normatividad vigente dificulta el proceso de distribución de última milla para mantener los porcentajes de entrega tan marcados en DHL. “Las entregas de furgonetas podrían prohibirse en las oficinas de Londres para combatir la congestión”. Así como Londres, la mayoría de las ciudades que presentan congestión, restringen cada vez más el proceso de distribución, sin embargo, DHL no se detiene y evoluciona para vencer las barreras que le impidan desarrollar su actividad comercial.



Figura 21. Packstation de la empresa DHL

Otras iniciativas las encontramos en empresas que se decantan por la innovación en sus flotas de vehículos de reparto.

Un ejemplo lo encontramos en la empresa española GAM (General de Alquiler de Maquinaria), la cual ha adquirido un total de ocho unidades cero emisiones de reparto de última milla sostenible a su filial Inquieto Moving Attitude.

Los vehículos elegidos por GAM son cuatro eléctricos de la marca Tropos y otros tantos de Paxster, que sustituirán a los actuales diéseles que usa la compañía para, principalmente, labores de mantenimiento y reparaciones dentro del área de trabajo de clientes como Ford, Mercamadrid o Mercabarna, así como de otras destacadas empresas de la industria y de la alimentación. Estos vehículos están capacitados para recorrer desde 8000 hasta 15000 kilómetros al mes y tienen un tiempo de recarga de cinco horas y media. Además, la propia GAM también los empleará en sus talleres.

También cuentan con otros modelos diferentes en función de la capacidad de carga y tipo de motorización, como motocicletas, cuadriciclos de pedaleo asistido, y pequeños vehículos eléctricos y triciclos.

“Nuestros distintos modelos están teniendo una gran acogida entre clientes que buscan dar a su negocio un giro hacia alternativas responsables con el medioambiente aprovechando, a la vez, las ventajas de unos vehículos ligeros, de tamaño reducido y con gran versatilidad”, explica José Antonio Baena, director general de Inquieto [27].



Figura 22. Vehículos de la empresa GAM

Otro ejemplo de vehículo urbano, eléctrico, modular, y además autónomo, es el Rinspeed Metrosnap.

El chasis del vehículo está separado e incorpora los sistemas de propulsión (motores, baterías, etc.) y de conducción autónoma. Las carrocerías serán intercambiadas según las necesidades del cliente (Rinspeed asegura que tiene las patentes de un sistema de intercambio simple, rápido, seguro y económico).

Uno de los puntos más interesantes del vehículo será que no solo el chasis tendrá baterías, sino que las carrocerías intercambiables también, lo que aportará un extra de autonomía. Además, cuando un vehículo se esté quedando sin carga, se podrán cambiar la carrocería o el chasis indistintamente para conseguir un extra de carga y continuar con el viaje.

La autonomía de este vehículo será de 130 km por carga. La velocidad máxima por su parte se queda en 85 km/h. Por lo tanto, y aunque el vehículo pueda circular por cualquier tipo de vía, queda claro que estará muy limitado al ámbito urbano, donde podrá desempeñar toda clase de labores.

De acuerdo con Rinspeed, el vehículo será ideal para el reparto de paquetes en los vecindarios: el servicio de paquetería (por ejemplo, Amazon) cargará el vehículo, pudiendo entregarse el paquete exactamente cuando el cliente se encuentre en casa. Siendo el vehículo autónomo, las entregas podrán realizarse en cualquier momento del día, estando operativo durante amplios periodos de tiempo. Este concepto es muy similar al Toyota e-Palette [28].



Figura 23. Rinspeed Metrosnap



Figura 24. Toyota e-Palette

También cabe destacar el Nuro R2, un vehículo eléctrico y autónomo para las entregas última milla. Este vehículo no tiene ni volante ni tiene siquiera un habitáculo como tal para que un humano lo pueda manejar. Es un coche pensado para que en su interior únicamente pueda alojarse paquetería y comida a domicilio, por ejemplo.

El acceso al espacio interior se realiza mediante cuatro puertas tipo ala de gaviota, convirtiéndolo en una especie de mezcla entre los servicios de Glovo y Amazon Locker.

No hay un repartidor, sino que el cliente recibe directamente en la puerta de su casa al Nuro R2, este se abre y el destinatario final coge su envío.

Un aspecto de seguridad que se le ha implementado en las versiones más recientes es que cuenta con un llamativo airbag ubicado en su parte frontal y que se detonará en el momento en el que el vehículo prevea un atropello inminente, de esta forma protegerá al viandante. Este presenta un diseño muy llamativo ya que más bien parece un colchón hinchable al uso ubicado sobre el frontal.

Su capacidad de carga llega hasta los 765 litros, cabiendo sin problemas hasta 24 bolsas de la compra. Es capaz de transportar un peso máximo de hasta 227 kilos repartidos por su doble compartimento de carga, además también monta un sistema de calefacción y enfriamiento, el cual podrá mantener un ambiente cálido de hasta 46 grados, para aquellos momentos en los que tenga lugar el reparto de comida.

Respecto al resto de especificaciones, este vehículo utiliza varios sensores de proximidad, radares, LiDAR y cámaras, a través de los cuales, el vehículo creará una imagen de 360 grados a su alrededor por lo que captará todos y cada uno de los acontecimientos que se presenten. Su velocidad máxima se sitúa en 72 kilómetros por hora [29].



Figura 25. Nuro R2

Otro ejemplo a destacar es Scoobic.

Scoobic es un scooter 100% eléctrico, capaz de transportar 1000 litros y 750 kilos de carga tanto con productos fríos (congelados) como a temperatura ambiente. Para ello hace uso de una caja extraíble sobre raíles y ruedas.

Este vehículo es básicamente un híbrido entre furgoneta y scooter, presenta la agilidad de una moto a la par que permite disponer de más capacidad de almacenaje, situándose así como solución a los problemas actuales de logística.

Este vehículo, que cuenta con una autonomía de 300 kilómetros y es customizable, resulta especialmente práctico en zonas muy urbanizadas ya que, además de poder acceder a calles peatonales, puede convertirse en una carretilla de reducidas dimensiones. Esto es gracias a que está dotado de un brazo articulado similar al timón de una transpaleta eléctrico autopropulsado, que permite manejarlo andando, sin esfuerzo, por calles peatonales hasta la misma puerta del cliente. Además, cuenta con un sistema de aspiración de partículas en suspensión que filtra las partículas de carbono y emite aire limpio a la par, es decir, es un vehículo que no solo no emite contaminación, sino que limpia la que otros emiten.

Como medida de seguridad, dispone de un desfibrilador para situaciones de emergencia.

Entre sus principales características de diseño, está el sistema que evita que la caja central se incline para evitar el deterioro de las mercancías y paquetes del interior, mientras que su sistema de baterías ofrece una autonomía de hasta 8 horas. En caso de que se agote, solo serán necesarios 5 minutos para reponerla. Además, Scoobic está capacitado para una conducción autónoma, ya que incorpora el sistema ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) [30].



Figura 26. Vehículo de Scoobic

Para terminar con este estudio, vamos a explicar el caso de Kiwi Last Mile.

En Barcelona en 2017, un grupo de 3 personas crearon un proyecto de logística última milla al descubrir que el 40% de la contaminación de la ciudad condal era provocado por esta actividad.

Con el objetivo de poner fin a los camiones de reparto medio vacíos y reducir a la vez el impacto medioambiental que esto provoca, decidieron optimizarlos ofreciendo un servicio de entrega a domicilio a grandes e-commerce y distribuidores mediante una flota propia.

Este innovador modelo, llamado modelo celular, consiste en utilizar un camión como almacén móvil y varias motos eléctricas. El camión llega al destino y es el motorista quien entrega el producto en mano, así el primero no tiene necesidad de aparcar y puede seguir con su ruta sin perder tiempo, lo que garantiza un 98% de éxito en la entrega y reduciendo un 50% las emisiones de última milla. Además, en el caso de que algún paquete sea lo suficientemente pequeño como para que se pueda llevar en moto, el camión simplemente funciona de almacén móvil. De hecho, la solución de la startup se dirige principalmente al reparto de paquetería voluminosa o compleja, de entregas que pesan entre 50 y 80 kg, ya sean muebles, electrodomésticos o, en especial, compras de supermercado, sector donde Kiwi Last Mile tiene más éxito [31].

2 DESARROLLO

2.1 Locker móvil

2.1.1 Tranvía de Zaragoza

2.1.1.1 Historia del tranvía de Zaragoza

El tranvía de Zaragoza es una red de tranvía que da servicio a la ciudad española de Zaragoza, en Aragón. Fue inaugurado el 19 de abril de 2011, coincidiendo con la apertura de la línea 1, entre las estaciones de Mago de Oz y Gran Vía.

Su historia comienza cuando el grupo municipal de Chunta Aragonesista en el Ayuntamiento de Zaragoza en 1994 propuso un cambio en el Plan General de Ordenación Urbana con el fin de que la ciudad previera una reserva de suelo público para la incorporación de esta nueva infraestructura.

En los años 2000, el Ayuntamiento de Zaragoza encargó la elaboración de un Plan de Movilidad Sostenible de la ciudad, que incluía un Plan Intermodal de Transportes del Área de Zaragoza, cuyo objetivo era resolver los problemas de movilidad de la ciudad y su entorno, que empezaba a congestionarse.

En 2005, el Ayuntamiento firmó un acuerdo con el Gobierno Central y Autonómico para la implantación del tranvía y una red de cercanías para la ciudad. Se pensaron varias soluciones, como la instalación de un sistema de metro subterráneo, que estuvo a punto de hacerse realidad, cuando se descubrieron ruinas romanas y hubo varios problemas técnicos al empezar la construcción.

El borrador del Plan Intermodal de Transportes se presentó en septiembre de 2006 y sus principales novedades eran el desarrollo de una línea de cercanías y otra de tranvía o metro ligero. El tranvía previsto en el plan consistía en una línea para 2010 y su ampliación en 2015.

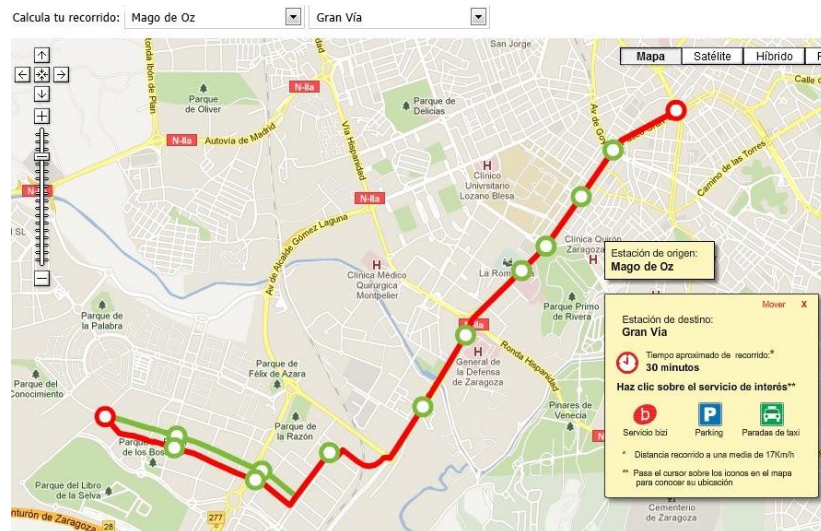


Figura 27. Mapa de la línea del tranvía en 2010

De forma paralela, en 2005 se encargó el estudio de viabilidad y anteproyecto de la línea de tranvía norte-sur a la unión temporal de empresas formada por Urbantran e Iberinsa, que sembró las bases del posterior desarrollo del tranvía. El estudio de viabilidad fue aprobado en 2006, mientras que en 2007 se aprobó el anteproyecto. El proyecto de la primera fase del tranvía se presentó por primera vez en enero de 2008, y fue aprobado en noviembre de ese mismo año. La financiación se aprobó un año más tarde. Además, se convocó un concurso para la construcción de la primera línea, que se adjudicó a la empresa CAF, y en ese mismo año comenzaron las obras.

En 2010 comenzaron las pruebas sin pasajeros. Un año más tarde, comenzó la marcha en blanco, es decir, pruebas en vacío simulando un día normal; más tarde en ese mismo año, comenzaron las pruebas con viajeros, que accedían mediante billetes sin coste, y finalmente, el 19 de abril de 2011, se inauguró oficialmente [32].

En 2011, la línea iba de Mago de Oz (Valdespartera) hasta Gran Vía (centro de la ciudad).

En octubre de 2012, la línea llegaba a Plaza de España, el 20 de diciembre de ese mismo año se extendía hasta Plaza del Pilar-Murallas y, en marzo de 2013, la línea llegaba hasta Avenida de la Academia (Parque Goya), completando los 12,8 kilómetros de vías actuales [33].



Figura 28. Construcción del tranvía a lo largo del puente de Santiago

En diez años (2011-2021), el tranvía ha transportado a 226,5 millones de viajeros [32].

2.1.1.2 Características técnicas

- **Longitud red:** 12,8 km
- **Estaciones:** 32
- **Paradas:** 50 (25 en cada dirección)
- **Distancia media entre paradas:** 500 metros
- **Ancho de vía:** 1435 mm
- **Electrificación:** Catenaria superior y baterías (Casco Histórico)
- **Intercambiadores:** 3 (Actur, Fernando el Católico-Goya, Emperador Carlos V)
- **Aparcamientos intermodales:** 2
- **Nº de líneas:** 1
- **Nº de tranvías:** 21
- **Nº de vagones:** 5
- **Frecuencia:** 5-20'
- **Flota:** CAF Urbos 3
- **Velocidad máxima:** 70 km/h
- **Velocidad media:** 21 km/h
- **Longitud total de la composición:** 32 metros (5 vagones)
- **Ancho de la composición:** 2,65 metros
- **Altura de la composición:** 3,25 metros
- **Altura de acceso:** 32 cm
- **Peso de la composición:** 39,9 toneladas

Su frecuencia varía dependiendo del momento de la jornada. Así, en plena hora punta, los convoyes circulan cada 5 minutos, pero a primera hora lo hacen cada 20 minutos. El tiempo que tardan en cruzar la ciudad es de 35-40 minutos. Además, en el centro de la ciudad, circulan sin catenaria gracias a acumuladores de energía de frenado [33].

2.1.1.3 Vehículos

Los vehículos utilizados en el tranvía de Zaragoza son conocidos como Urbos 3, de la empresa CAF.



Figura 29. Logo de la empresa CAF

CAF Urbos es la marca comercial de una gama de tren ligero diseñada y producida por el fabricante ferroviario vasco CAF para su uso en transporte público urbano. Su diseño es apto para ser utilizado en sistemas de metro ligero y tranvía.

En la actualidad cuenta con tres generaciones (Urbos I, Urbos II y Urbos III), siendo esta última la utilizada en el tranvía de Zaragoza.



Figura 30. Urbos III circulando por Zaragoza

Esta última generación presenta la novedad de incorporar de serie el sistema ACR (Acumulador de Carga Rápida), que permite circular sin necesidad de catenaria o hilos suspendidos.

El sistema ACR carga en cada parada en unos ultracondensadores la energía necesaria para llegar hasta la próxima parada.

Esta energía la obtiene de la energía resultante del frenado de los vehículos, lo que además, unido a sus materiales ligeros y con equipos de alta eficiencia, permiten un elevado ahorro energético.

Esta forma de alimentación la emplea principalmente en la zona centro de la ciudad (entre las paradas de Gran Vía y La Chimenea), donde no hay catenaria, por lo que se utiliza esta energía almacenada en los ultracondensadores; para el resto del trayecto, sí que se emplea la catenaria.

Además, se han introducido otras mejoras en los tranvías, como por ejemplo un rediseño tanto en el exterior de estos como en el interior, haciéndolos más ergonómicos y accesibles [34].

El Urbos 3 presenta un diseño modular, que puede componerse de cinco, siete o nueve módulos, con longitudes de 32, 42 o 54 metros. Además, tiene disponibles dos anchos de caja (2400 y 2650 milímetros).

El empleado en el tranvía de Zaragoza es el modelo de cinco módulos, con una longitud de 32 metros y una anchura de 2650 milímetros.

2.1.2 Estudio de mercado de lockers

Un ejemplo es Amazon con su Amazon Locker.

Amazon Locker es un servicio de taquilla privada que ofrece Amazon a todos sus clientes, sean o no de Amazon Prime.

Estos lockers, que son básicamente unas taquillas de color amarillo llamadas Amazon Locker, están repartidos por diversos lugares como gasolineras, supermercados, o tiendas en miles de localidades españolas.

Estas taquillas no tienen candados, sino que se abren y cierran con un terminal introduciendo una clave, o directamente desde el móvil.

Se dispone de un plazo de tres días para ir a buscarlo cuando tú quieras.

Muchas de ellas solo están abiertas en horario comercial, pero las que están instaladas en gasolineras o estaciones están abiertas las 24 horas del día.



Figura 31. Amazon Locker

Una característica interesante de este servicio es que se puede usar como un método de devolución automática. Cuando el paquete llega a la taquilla asignada, tienes un plazo de 3 días laborales para recogerlo. Si no lo recoges, el repartidor lo devuelve a Amazon y te hacen un reembolso.

Otra característica a destacar es que puedes usar Amazon Locker para devolver un producto, aunque te haya llegado por envío normal.

Hay que tener en cuenta el tamaño del paquete, ya que las taquillas tienen un espacio limitado. El paquete debe medir un máximo de 420 x 350 x 320 mm, con un peso de 4,5 kilos. En caso de ser más grande, no se podrá usar Amazon Locker.

Para recoger un paquete, cuando el repartidor lo deposite en la taquilla que has elegido, recibirás un código de recogida de 6 cifras de un solo uso y un código de barras, los cuales te servirán para abrir tu taquilla. Puedes teclear el código de 6 cifras manualmente o bien mostrar el código de barras en el escáner.

Una condición para poder usar este servicio es que el pedido lo venda la propia Amazon, si lo envía un vendedor de tercero ajeno a Amazon, no podrá usar Amazon Locker. [35].

Otra empresa que ofrece lockers como servicio de recogida de paquetes es UPS.

Para ello cuentan con los denominados Access Point®, que son ubicaciones que ofrecen estos servicios de entrega, donde se encuentran taquillas digitales donde las personas pueden dejar o recoger paquetes.

Las características principales son similares a las de Amazon Locker, por lo que no se van a volver a explicar, el único dato a destacar es que los paquetes enviados desde una taquilla deben de pesar menos de 20 kilos y tener menos de 80 centímetros de largo.

Actualmente, este servicio solamente opera en Estados Unidos [36].



Figura 32. Access Point de la empresa UPS

Volviendo a España, una empresa que cuenta con cada vez más lockers, aunque la mayoría de ellos en Madrid y Barcelona, es la empresa china AliExpress. En este caso ocurre lo mismo que con Amazon, solamente permite entregas en sus lockers si el producto ha sido comprado desde su página web.



Figura 33. Locker de AliExpress

El último ejemplo es Correos, el cual cuenta con sus denominados Citypaq.

Estas taquillas están disponibles en varios tamaños, pero independientemente del tamaño de estas, los paquetes no deben superar los 30 kilos.

Las taquillas grandes admiten paquetes que tengan como máximo estas dimensiones: 740 mm de alto, 420 mm de ancho y 600 mm de profundidad.

Las taquillas pequeñas admiten paquetes que tengan como máximo estas dimensiones: 600 mm de alto, 490 mm de ancho y 400 mm de profundidad [37].



Figura 34. Citypaq de Correos

2.1.3 Locker del concepto

En este apartado se incluye información adicional del locker que se está desarrollando en este trabajo, que por falta de espacio no se ha incluido en la memoria.

Respecto al hardware que incorpora este locker se cuenta con una pantalla táctil, donde el usuario podrá teclear el código de desbloqueo de su casillero, un lector de código, por si el usuario decide mostrar el código de barras o código QR para no tener que tocar la pantalla táctil, indicadores LED y luces de cortesía, sensores de ocupación, apertura electrónica, y cerradura electrónica.

En cuanto al software, algunas de sus funciones son: cambio de rol de usuario, realización de entregas y recogidas, idiomas intercambiables desde pantalla táctil, sistemas de seguridad, uso de códigos alfanuméricos, scanner 2D, entre otros.

Cabe destacar que también se suministra un acceso web para, entre otras cosas, conocer información y estado a tiempo real del locker o ver el listado del estado de todas las entregas y recogidas activas en tiempo real.

Atendiendo a su fabricación, estos lockers tienen sus cuerpos y puertas realizados en chapas de acero laminado en frío de 1 milímetro. Su ensamblado se ha realizado con remaches de acero inoxidable o aluminio tipo “pop” adquiriendo una gran resistencia y solidez. Respecto al acabado, el cuerpo y las puertas se recubren con pintura epoxi poliéster secada al horno a 190º, previo desengrase con jabón y aclarado con agua osmotizada.

2.1.4 Vagón del concepto

Al igual que en el apartado anterior, en este apartado se incluye información adicional del vagón que se está desarrollando en este trabajo, que por falta de espacio no se ha incluido en la memoria.

Respecto a su estética, este vagón debe mantener una estética similar a la del tranvía para que no resulte intrusivo, por lo que para su diseño se ha tenido en cuenta la estética del tranvía. Sin embargo, su apariencia no es exactamente igual a la de este debido a que así la gente, aunque lo relacione con el tranvía, no lo confundirá con un vagón en el que te puedas meter como persona.

Para diseñarlo, aparte de tener en cuenta la estética del tranvía, también se han tenido en cuenta sus dimensiones, ya que, si por ejemplo lo hiciésemos con una anchura menor, quedaría hueco entre el vagón y el andén de las paradas y no podría sacarse el locker.

No obstante, la largura se ha reducido bastante en comparación a un vagón estándar, quedándose en aproximadamente la mitad de este, puesto que, sino el resultado era un vagón demasiado grande para ser únicamente un medio de transportar el locker, aparte de que no se quería alargar en exceso el conjunto total del tranvía.

Al igual que el tranvía, este vagón está fabricado en aluminio, buscando tener un peso lo más reducido posible para aligerar la carga y la fuerza necesaria para mover al conjunto y para que tenga una apariencia superficial equivalente.

Los colores elegidos son los mismos que presenta el tranvía, gris, rojo y negro, pero con algunas diferencias, como por ejemplo las dos tonalidades de grises empleadas en este vagón, un gris más oscuro para representar la parte delantera, posterior e inferior, y otro gris más claro que remarca los redondeos que recorren todas las aristas laterales del vagón, dándole una estética similar pero ligeramente más futurista. Además, el rojo ya no se utiliza como elemento decorativo para formar los dibujos que forma en el cuerpo del tranvía, sino que ahora forma parte de toda la cara lateral, tanto izquierda como derecha.

Este vagón cuenta con faros delanteros y traseros que están formados por un conjunto de tres círculos, para que, al verlos encendidos de noche, la forma de dichas luces sea reconocible como la misma a la del tranvía, ya que los faros de este son muy parecidos y han servido de inspiración.

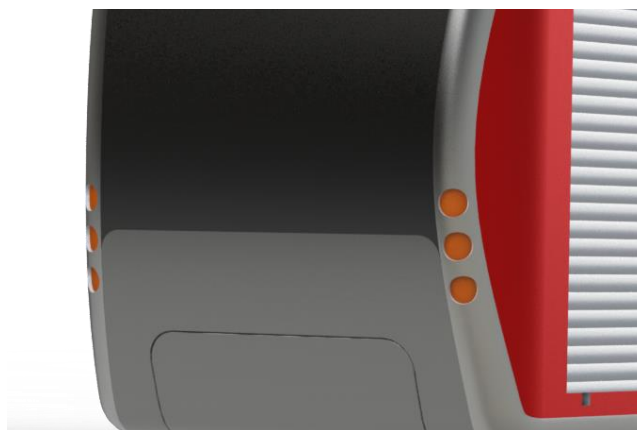


Figura 35. Faros del vagón

El locker puede salir de este vagón tanto por su lado derecho como izquierdo.

Mientras el vagón esté circulando, el espacio por el que saldrá el locker estará cerrado para mantener cubierto y protegido el interior del vagón.

Para ello se han usado puertas enrollables de tipo persiana que se abren y cierran automáticamente.



Figura 36. Ejemplo de puerta enrollable de persiana

El motivo de la elección de este tipo de puertas es para que cuando se abran para que entre/salga el locker, estas puertas no sobresalgan del vagón y puedan resultar obstáculos para peatones, o que incluso puedan ser dañadas por estar sobresaliendo con respecto al vagón. De esta forma, cada vez que se abren, se enrollan por su parte superior quedando ocultas para que no haya opción alguna de que alguien pueda chocar con ellas o dañarlas.

2.1.5 Salida/entrada del locker

La secuencia paso a paso de este sistema es la siguiente:

1. Llega el tranvía con el vagón enganchado a una parada adaptada
2. El conductor del tranvía abre de forma automática la puerta del vagón que da al lado del andén

3. El locker del interior del vagón sale hacía el lado del andén gracias al giro de los piñones del vagón mientras suena un aviso sonoro de que el locker está saliendo
4. Simultáneamente, se activan los piñones del andén para que cuando reciban el locker, puedan continuar tirando de él hasta que esté completamente posicionado en su punto correspondiente
5. El locker permanecerá en esa parada hasta que ese mismo tranvía vuelva a pasar por esa parada (unos 70-80 minutos)
6. Cuando el tranvía vuelva a esa parada, se repetirá el mismo proceso pero a la inversa, el conductor abrirá automáticamente las puertas y los piñones del andén y del tranvía se pondrán en movimiento pero en dirección contraria para meter el locker dentro del vagón (mientras suena el aviso sonoro) y que este sea transportado hasta la siguiente parada adaptada

2.2 Delivery Assistant

2.2.1 Estudio de mercado de robots móviles

Se va a estudiar de forma general algunos robots similares con funciones semejantes al del presente proyecto, el de repartir a domicilio.

- **Starship Robot:** Este es un robot con forma de vehículo de 56 cm de altura, con la capacidad de realizar entregas a domicilio en distancias de 6 km aproximadamente, con una carga máxima de 9 kg, guiado automáticamente vía GPS o a control remoto en caso de fallar la señal [38].
El proceso mediante el cual se dan estas entregas, que pueden ser tanto comida a domicilio como de paquetería de compras online y que carecen de intervención humana, implica que el usuario emplee la App que ha habilitado la compañía, seleccione las compras y espere a que el robot le notifique a través del terminal, que se encuentra en la puerta de su domicilio, con un código que le permitirá abrir el compartimento de la paquetería que lleva instalado el robot [39].



Figura 37. Starship Robot

- **Kiwi Robot:** Este robot comenzó en 2017 como un robot de la empresa Kiwi que llevaba comida a los alumnos de la Universidad de California. Se tratan de unos robots AGV relativamente pequeños, los cuales tienen una velocidad punta inferior a los 2 km/h. Estos dispositivos se guían por GPS y disponen de sensores y cámaras con los que mapea el entorno de las ciudades y evita los obstáculos [40]. Para realizar un pedido se realiza de la misma forma que en el ejemplo anterior. Sus cuatro ruedas son de un diámetro pequeño y bastante anchas, con llantas que simulan las de un vehículo todoterreno. En su parte delantera presenta una pequeña pantalla que muestra dos ojos que interaccionan, para hacer la experiencia del usuario más enriquecedora.



Figura 38. Kiwi Robot

- **SameDay Bot:** Se trata de un robot creado por la empresa FedEx.
Este robot ha sido creado para llevar paquetes y correspondencia entre las oficinas de la compañía.
Este robot se usa para la entrega en zonas pequeñas y bajo un radio de máximo 10 km, por ello este robot se encarga de las entregas urgentes del mismo día, de ahí su nombre “SameDay”.
Es eléctrico y cuenta con una batería recargable que tiene autonomía para todo un día de trabajo.
Se mueve a una velocidad de 16 km/h y es autónomo gracias a la incorporación de un sensor LiDAR, cámaras y sensores de proximidad, lo que le ayuda a desplazarse evitando peatones u obstáculos. Además, gracias a su sistema de ruedas, puede subir y bajar escalones sin mucha dificultad [41].



Figura 39. SameDay Bot

- **Amazon Scout:** El Scout es un vehículo robot eléctrico con seis ruedas desarrollado por Amazon, del tamaño de una nevera portátil, destinado al reparto de pequeños envíos. Se mueve, al igual que el resto de ejemplos comentados, por las aceras como si fuera un peatón más y es capaz de sortear los obstáculos que pueda encontrar, ceder el paso a los viandantes, esquivar animales domésticos e incluso improvisar cambios de ruta ante algún problema inesperado. Su radio de acción dependerá de la legislación vigente en cada lugar, pues también está preparado para circular por la calzada si es necesario [42].

Presenta un aspecto orgánico con un color azul característico de su servicio “Prime”. Sus seis ruedas son bastante delgadas, lo que limita la probabilidad de resultar dañadas por las condiciones adversas del suelo. En su parte delantera se encuentran los sensores que utiliza para circular por las aceras.



Figura 40. Amazon Scout

- **Serve:** Es un robot de reparto de la empresa Postmates. Tiene una forma similar a la cesta de un carrito de la compra, y las ruedas son delgadas y de gran diámetro, en contraposición a otros modelos rivales que están dotadas de una chasis más bajo y ruedas de menor diámetro, pero mayor grosor. Está decorado con colores llamativos y un par de dibujos en forma de ojos que le aportan un toque simpático, para que los clientes se encuentren más cómodos interaccionando con él. Tiene una autonomía de 50 km y permite una carga de 23 kg de peso. Para poder circular correctamente por la acera incorpora sensores LiDAR Velodyne y el procesador para vehículos autónomos Xavier de Nvidia [43]. Es capaz de tomar decisiones de trayectoria y actuación en tiempo real.



Figura 41. Serve

Para finalizar con este estudio de mercado vamos a comentar el caso de Gitamini.

En 2021, la empresa Piaggio Fast Forward presentó un robot llamado Gitamini, un dispositivo de carga que sigue a su dueño a todos lados, cuya idea es más similar a la del concepto de este trabajo.

Este robot cuenta con un volumen de carga que le permite transportar hasta 20 kg de peso y alcanza una velocidad máxima de 35 km/h, lo que le permitiría incluso seguir el ritmo de una persona montada en bici. Tiene el tamaño de un perro mediano y pesa 12 kg [44].

Estos robots constan de dos grandes ruedas, un tronco central y un sistema de verificación que usa para identificar y moverse detrás de su propietario. Para ello usa un sofisticado sistema de cámaras y sensores, incluido un radar, para navegar y poder seguir sin problemas al usuario. Para que este modo de seguimiento sea activado, la persona debe situarse delante del robot y tocar un botón de emparejamiento [45].

La tecnología que emplea este robot le permite ver, comprender y reaccionar a su entorno de las siguientes maneras [46]:

- **Tecnología de detección de profundidad:** una comprensión tridimensional de personas, obstáculos, velocidades y trayectorias para que pueda seguirlo dinámicamente (reflejando su velocidad y adaptando su distancia en consecuencia)
- **Tecnología de detección de color:** habilidad para diferenciar entre personas y objetos durante el día y la noche.
- **Redes neuronales:** capacidad para procesar información visual y espacial en tiempo real para reacciones rápidas y aprendizaje continuo.

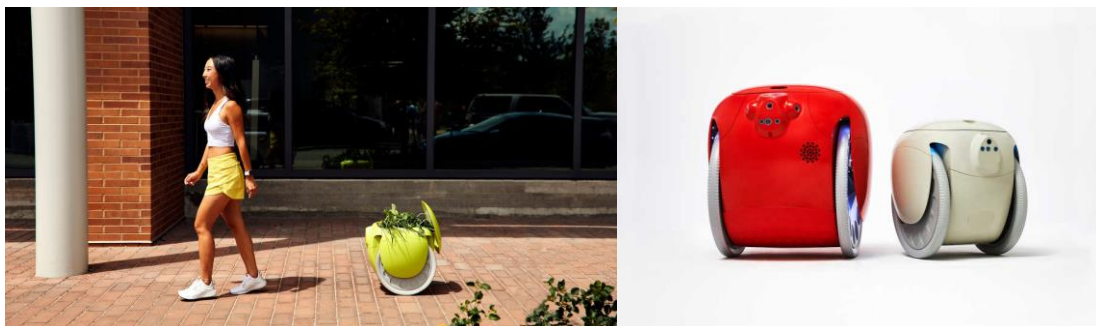


Figura 42. Gitamini

2.2.2 Sensores

Como se ha reflejado en el documento de memoria, para este proyecto se va a utilizar la tecnología Bluetooth y un sensor de ultrasonidos. No obstante, antes de elegir estos dos dispositivos, se estudiaron otras opciones, las cuales vamos a explicar brevemente a continuación, justificando porque finalmente no nos hemos decantado por ellas.

Por un lado, tenemos una tecnología que se pensó que podría emplearse para que el robot detectase al repartidor, la cual sería un sensor PIR o Pasivo Infrarrojo.

Estos sensores sólo reaccionan ante determinadas fuentes de energía tales como el calor del cuerpo humano o animales. Básicamente reciben la variación de las radiaciones infrarrojas del medio ambiente que le rodea o, en otras palabras, captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio de alrededor [47].

Su componente principal son los sensores piroeléctricos, que se tratan de un componente electrónico diseñado para detectar cambios en la radiación infrarroja recibida.



Figura 43. Sensor PIR

El punto negativo de esta tecnología es que, al ir por la calle, el repartidor no estaría solo, por lo que lo más probable es que el robot recibiese radiación infrarroja de todas las personas con las que se cruzase, produciendo así una interferencia de datos que podría hacerle perder el seguimiento del repartidor.

Además, este tipo de sensor no es muy recomendable para ser usado en exteriores, ya que, al detectar radiaciones infrarrojas, la luz del sol puede hacerle obtener lecturas erróneas.

Por otro lado, para la función de detección de obstáculos tampoco sería eficaz puesto que sólo podría percibir objetos que desprenden calor.

Otra opción que se pensó fue lo que se conoce como RFID o Identificación por Radiofrecuencia (en inglés Radio Frequency Identification), que es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID.

El propósito fundamental de esta tecnología es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio.

Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia (en lugar, por ejemplo, de infrarrojos) es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor [48].

Para implementar un sistema RFID es necesario analizar las características de cada componente. Los cuatro elementos básicos de un sistema RFID son [49]:

- **Etiqueta**, también llamada tarjeta, tag o transpondedor: es un dispositivo pequeño, similar a una pegatina, que contiene un microchip donde se almacena la información del objeto, animal o persona que lo lleva incorporado o adherido, normalmente un código identificativo. También posee una antena que le permite recibir y responder por radiofrecuencia a las peticiones que le llegan desde el lector RFID.
- **Lector**: dispositivo electrónico encargado de generar la señal de radiofrecuencia, que se transmite por el aire a través de las antenas, para activar las etiquetas que se encuentran dentro de su rango de lectura. Además, es capaz de recibir las respuestas de los tags para así obtener la información contenida en el chip.
- **Antenas**: estas se hallan tanto en los tags como en los lectores y su función es transmitir las señales de radiofrecuencia entre los dispositivos.
- El **sistema** que se ocupa de gestionar la información, generalmente un ordenador.

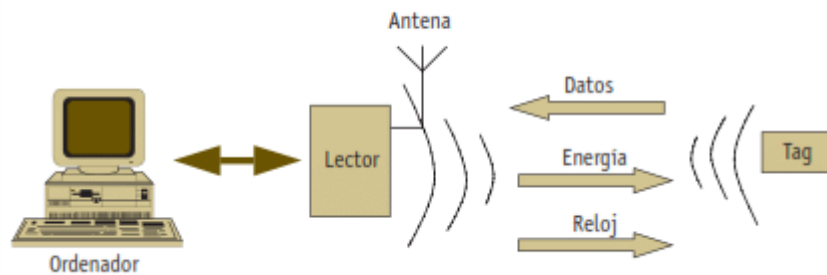


Figura 44. Esquema de funcionamiento de un sistema de RFID

El funcionamiento básico de un sistema RFID es el siguiente [49]:

1. El lector RFID emite una señal modulada por medio de su antena para que las etiquetas que se encuentren dentro de su rango de lectura se activen y le envíen la información contenida en su memoria.
2. Los tags reciben la señal y la demodulan. Para ello necesitan un chip que se alimenta, en el caso de etiquetas pasivas, con la energía que viaja en una onda continua de radiofrecuencia que es transmitida por el lector.
3. Las etiquetas, utilizando la energía almacenada, envían el código que las identifica hacia el lector.
4. El lector convierte las ondas de radio en información digital para poder pasarla al sistema al cual esté conectado el lector, generalmente un ordenador.
5. El ordenador gestiona, almacena e interpreta los datos recibidos.

Pese a las ventajas que presenta esta tecnología, como por ejemplo su precio tan económico, su peso liviano, su larga vida útil y su facilidad de uso [50], solamente nos serviría para identificar al repartidor. Sin embargo, una función que durante el desarrollo de este concepto se ha querido implementar es que el repartidor tenga la opción de poder controlar de forma manual al robot en las situaciones que considere necesario, por lo que esta tecnología no es la adecuada.

2.2.3 Chasis

2.2.3.1 Motor

En relación al sistema de actuadores, estos son unos dispositivos capaces de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en energía mecánica. En robótica, los actuadores son los encargados de generar el movimiento de los diferentes mecanismos o elementos que conforman el robot [51].

Para este concepto se va a hacer uso de actuadores eléctricos. Cabe mencionar que existen diversos tipos de motores de este tipo, entre los cuales destacan los siguientes: de corriente continua o directa (CD), de corriente alterna (CA), paso a paso, servo motor, etc.; siendo el motor de CD el de mayor uso.

Como hemos comentado en la memoria, nosotros vamos a utilizar motores de corriente continua sin escobillas debido a que presentan una serie de ventajas sobre sus contrapartes con escobillas:

- Al no contar con escobillas, no se requiere el reemplazo de estas ni mantenimiento por residuos originados de las mismas
- No presentan chispas que las escobillas generan, de esta forma se pueden considerar más seguros en ambientes con vapores o líquidos inflamables
- Los motores sin escobillas alcanzan velocidades de hasta 50000 rpm comparadas con las 5000 rpm máximas de los motores con escobillas
- Tienen una mayor eficiencia, así como una mayor vida útil
- Hacen menos ruido que su contraparte

2.2.3.2 Ventajas del uso de ruedas

Los robots móviles pueden presentar distintos modos de locomoción. Entre los más habituales están con ruedas, con orugas y por patas, no obstante, los más empleados son los primeros debido a una serie de ventajas que presentan sobre las otras dos opciones.

- Más eficiencia en energía, debido a que generalmente se desplazan en superficies lisas y firmes
- Requieren menor número de partes y menos complejas, haciendo más sencilla su construcción y reparación
- El control de las ruedas es menos complejo
- Ocasionan menor desgaste en la superficie donde se mueven en comparación con las bandas de las orugas
- Los problemas de balance no presentan gran dificultad, ya que el robot siempre está en contacto con una superficie
- La carga que pueden transportar es mayor, relativamente (tanto los robots basados en orugas como en patas se pueden considerar más pesados para una misma carga útil)

La principal desventaja de las ruedas es su empleo en terreno irregular, en el que se comportan bastante mal. Normalmente un vehículo de ruedas podrá sobrepasar un obstáculo que tenga una altura no superior al radio de sus ruedas, entonces una solución es utilizar ruedas mayores que los posibles obstáculos a superar. Este robot está destinado a usarse únicamente en un ámbito urbano, es decir, por las calles de la ciudad, por lo que no deberá circular por terreno irregular. No obstante, se va a buscar un chasis con suspensión para evitar posibles vibraciones durante el transporte de mercancía que pudiese afectar a esta.

2.2.3.3 Configuración cinemática

Los distintos tipos de configuración cinemática son los siguientes:

- **Ackerman:** Es la configuración que se usa en los coches. En esta configuración las dos ruedas delanteras son las encargadas de la dirección mientras que las ruedas traseras se mantienen fijas y son las que se encargan de la motricidad.
- **Triciclo clásico:** Dispone de tres ruedas, una delantera, encargada tanto de la motricidad como de la dirección, y dos ruedas traseras que se mantienen fijas.

- **Tracción diferencial:** Incluye dos ruedas motrices fijas con motores independientes que giran a distintas velocidades para poder girar.
- **Skid steer:** Tiene tantos motores como ruedas de manera que son independientes. Ambos motores están enlazados para mantener la estabilidad. Esta construcción permite girar sin desplazarse, es decir, dándole velocidad a la rueda derecha podemos girar hacia la izquierda a través de 360 grados, girando sobre su centro.
- **Tracción síncrona:** Todas las ruedas actúan de forma síncrona propulsadas por un mismo motor.
- **Tracción omnidireccional:** Dispone de ruedas omnidireccionales, lo cual supone una gran libertad de movilidad que puede adoptar en sus movimientos.

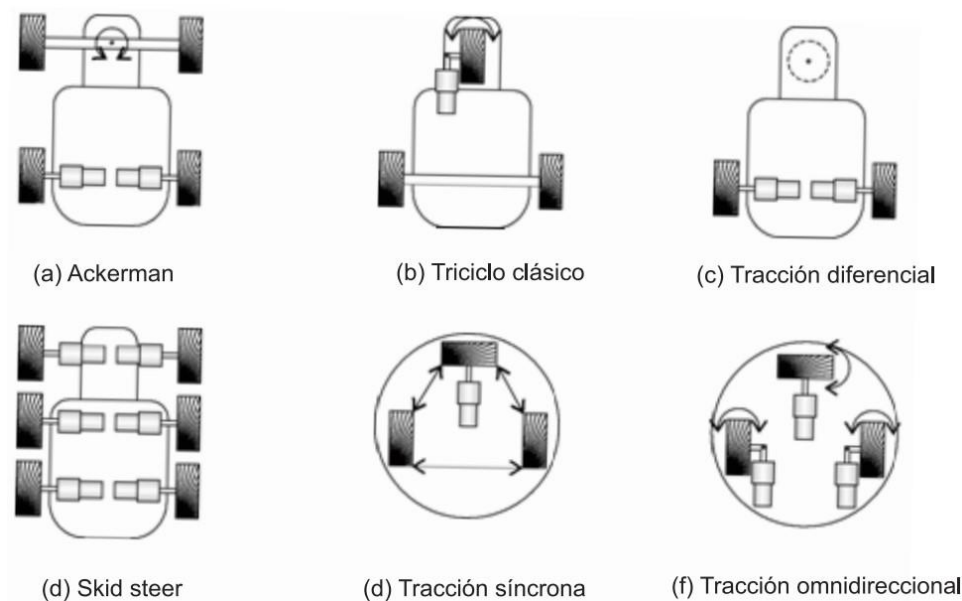


Figura 45. Tipos de configuraciones cinemáticas

2.2.3.4 Material de las ruedas

Respecto al material de las ruedas para la aplicación que estamos buscando nos encontramos con distintas alternativas, aunque nosotros vamos a estudiar los dos materiales más comunes para ello, el poliuretano y la goma.

Por un lado, tenemos ruedas de poliuretano. El poliuretano (PU) es una forma intermedia de plástico y caucho y es ideal cuando las áreas de uso son muy diferentes, por ejemplo, en aplicaciones logísticas en centros urbanos donde se pueden mezclar aplicaciones interiores y exteriores. Al igual que el caucho o el caucho termoplástico (TPR), el poliuretano (PU) no deja rayas y es bastante absorbente del sonido. Gracias al neumático de poliuretano, no rayan ni dañan el suelo y absorben bien las vibraciones.

La capacidad de carga máxima de las ruedas de poliuretano es de hasta 4000 kg por rueda.

Las ruedas de poliuretano suelen tener menor resistencia a la rodadura que las de caucho. Esto se debe principalmente a la naturaleza sintética del poliuretano, que proporciona un material más homogéneo en comparación con el caucho [52].

Por otro lado, tenemos ruedas de goma.

Debido a su suavidad, las ruedas hechas de goma son bastante flexibles. Esta elasticidad absorbe muy bien los golpes y, por lo tanto, es muy absorbente del sonido. Esto hace que estos materiales sean ideales para su uso en gimnasios, hospitales, comercios u otros lugares donde los suelos son más frágiles y sensibles a la suciedad. Las ruedas de caucho natural proporcionan un mejor agarre, una mejor tracción y una conducción más suave en terrenos difíciles en comparación con las ruedas de poliuretano, además de ofrecer una mejor amortiguación [52].

Aunque ambos materiales tienen un buen nivel de resistencia a la abrasión y pueden tener una vida útil de muchos años, el poliuretano generalmente tiene un nivel mucho más alto de resistencia al desgaste y a la abrasión, lo que le proporciona una vida útil mayor [52].

2.2.3.5 Comparación de empresas de paquetería

Para determinar el peso que ha de soportar el chasis, se ha estudiado los paquetes más grandes que distintas empresas de paquetería entregan, como por ejemplo Correos, Zeleris, GLS y Seur.

En el caso de Correos y según su página web, su paquete más grande mide: Largo + Alto + Ancho = 210 cm, sin que ningún lado supere los 120 cm, y el peso máximo es de 30 kilos [53].

Por otro lado, Zeleris aclara que su paquete más grande tiene que ser 225 cm sumando el largo, alto y ancho del paquete, y que el peso máximo a transportar es de 20 kilos por paquete [54].

La empresa GLS especifica que el peso máximo permitido, independientemente del tamaño del paquete, son 30 kilos, pero que las medidas máximas del paquete no pueden superar los 150 cm [55].

Por último, con Seur ocurre parecido a los casos anteriores, el paquete más grande que entregan tiene que medir como máximo 300 cm sumando el largo, ancho y alto, pero sin que ninguno de los 3 exceda los 175 cm, y el peso máximo es de 31,5 kilos por paquete [56].

2.2.4 Contenedor

2.2.4.1 Puerta del contenedor

La puerta va unida al contenedor con unas pequeñas bisagras. Para la fijación de estas bisagras, el contenedor tiene dos pequeños salientes en su parte interior para que estas puedan atornillarse.

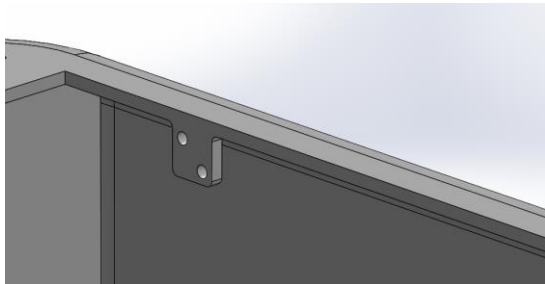


Figura 46. Saliente del contenedor

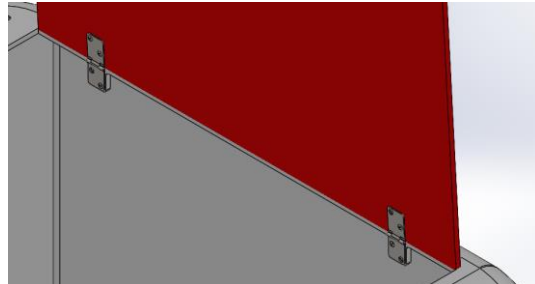


Figura 47. Bisagras

Para abrirla, esta dispone de dos marcas en uno de sus lados para que el repartidor las pueda agarrar y abrir con comodidad la puerta.

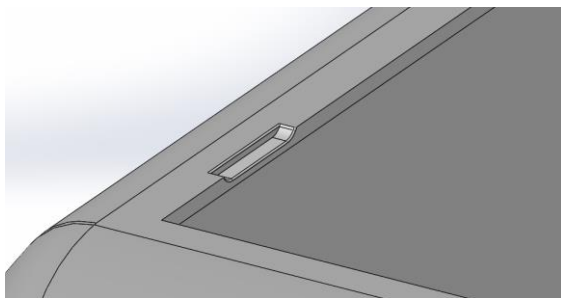


Figura 48. Marca en el contenedor

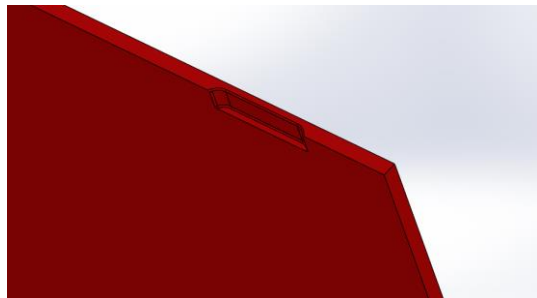


Figura 49. Marca en la puerta

Para bloquear la puerta y asegurar el interior del contenido, el contenedor tiene una cerradura de leva, como las empleadas en los buzones, para impedir que la puerta pueda abrirla cualquiera que no sea el repartidor.

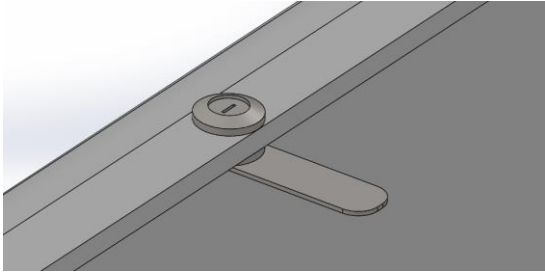


Figura 50. Detalle de la cerradura

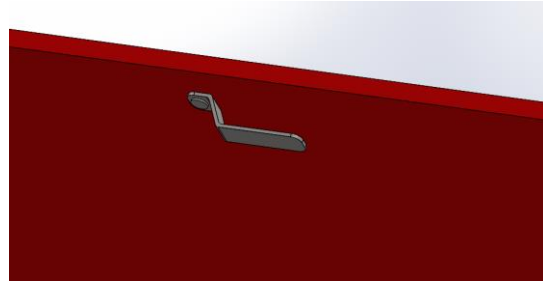


Figura 51. Detalle del tope

2.2.4.2 Mango extensible del contenedor

Como ya se ha comentado en la memoria, este robot dispone de un mango extensible para poder transportar el robot de forma manual en casos de emergencia.

En la situación más desfavorable, cuando el contenedor estuviese completamente cargado, el peso total del robot contando toda su estructura, así como la carga extra sería de poco más de 100 kilos (esto solo ocurrirá cuando el contenedor esté completamente lleno).

Teniendo en cuenta que para empujar el robot el movimiento sería similar al de empujar una carga con una transpaleta manual, y que para poner en movimiento una carga de 500 kilos con una transpaleta manual sobre una superficie horizontal se necesita de media un esfuerzo de 23,5 kilos [57], con nuestro robot el esfuerzo a realizar sería bastante inferior.

La ley de prevención de riesgos laborales determina que los pesos máximos para la manipulación manual de cargas es de 15 kilos para jóvenes, mayores, mujeres, etc., y de 25 kilos para trabajadores que no sean de los grupos anteriores [57], por lo que, con el peso de nuestro robot cargado, permanecemos dentro de este rango de seguridad.

Por otro lado, debido a la altura del robot, no es necesario hacer el mango demasiado extensible ya que desplegado en su totalidad (unos pocos centímetros) estará a una altura similar a la del mango de los carritos de la compra.

El funcionamiento de este es similar a las asas extensibles de las maletas, las cuales cuentan con un botón en su parte superior central que al pulsarlo permite subir y/o bajar el asa. (insertar render del botón del mango del modelado)

A la hora de usar este mango se deberá empujar de él, no tirar de él usándolo como si el robot fuese una mochila.

Esto es debido a que es mucho más seguro empujar el robot, llevándolo en todo momento delante para ver por donde lo estás llevando y ver su estado, al contrario que si estuvieses tirando de él, llevándolo por detrás.

Además, si estás tirando de él y frenas bruscamente, la inercia del robot te empujaría y se te llevaría por delante, cosa que no ocurre si lo empujas tú.

Una última desventaja de tirar del robot sería que, aparte de ser más incómodo y lesivo para la articulación del hombro, sería más difícil mantener las cuatro ruedas del chasis pegadas al suelo, ya que seguramente se levantarían las dos delanteras, recayendo todo el peso sobre las dos traseras.

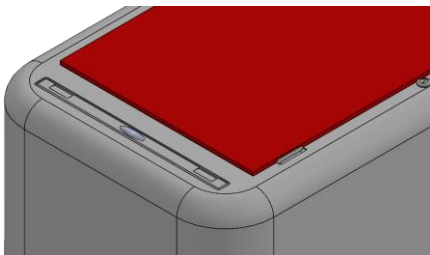


Figura 52. Mango sin extraer

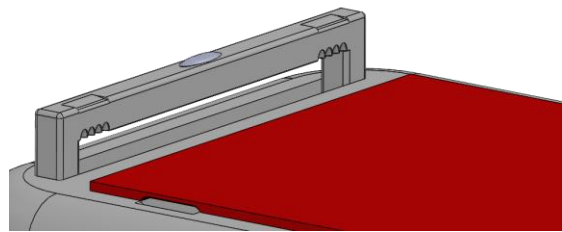


Figura 53. Mango extraído

2.2.4.3 Material del contenedor

En términos de sostenibilidad, el plástico constituye hoy un problema medioambiental y la única posibilidad para una fabricación sostenible pasa por dos vías: el uso de materiales biodegradables para reducir al máximo los residuos plásticos y la utilización de plásticos reciclados con aquellos residuos ya generados.

Los materiales reciclados se obtienen a partir de materiales que fueron utilizados anteriormente, cumplieron su vida útil y después de ello es posible reciclarlos para darles una nueva vida o función.

Estos materiales deben cumplir una serie de condiciones, pues no todos son reciclables, es por ello por lo que se ha elegido el HDPE debido a que puede ser reciclado.

El proceso de reciclado de plásticos ahorra el 89% de la energía que se utiliza para fabricar materia prima virgen [58].

Además, se trata de un material inerte, no tóxico.

Sin embargo, el problema del plástico es que no es biodegradable, puede tardar décadas o incluso cientos de años en desaparecer del medio ambiente. Además, el proceso para producirlo es complejo y genera una huella ambiental significativa.

No obstante, si este es debidamente reciclado para darle un nuevo uso, estos dos problemas no tienen por qué afectar de forma significativa al medio ambiente.

En cuanto a las características del HDPE podemos destacar las siguientes [59]:

- Muy bajo coste
- Excelente resistencia química
- Muy fácil de producir
- Buena resistencia a las bajas temperaturas
- Excelentes propiedades de aislamiento eléctrico
- Absorción de agua muy baja
- Alta resistencia a la tracción
- Muy buena resistencia al impacto
- Tenaz
- Muy ligero
- No es atacado por los ácidos
- Resistencia a la radiación ultravioleta

Este material presenta multitud de usos, como por ejemplo botellas y envases de uso doméstico y de productos químicos, cajas, bidones, tambores, contenedores industriales a granel, contenedores de basura, cajas de hielo, tanques de combustible, entre otros [59].

El proceso para su reutilización es el siguiente:

Una vez el HDPE ha finalizado su vida útil se envía a una planta de selección, donde se separan los distintos productos por su tipología, en este caso en concreto, un separador óptico detecta su longitud de onda y los selecciona para hacer un flujo puro de este material. Después se transporta en grandes balas hasta un reciclador de HDPE en una planta de reciclado, en donde se eliminan las impurezas. Mediante un

separador óptico se realiza un cribado por color y posteriormente se tritura y se eliminan de nuevo pequeñas impurezas que hayan podido quedar mediante un lavado. Seguidamente se realiza un proceso de limpieza y secado, para finalmente pasar por un proceso de extrusión donde se obtiene la granza, es decir, la futura materia prima para la elaboración de nuevos productos a partir de plástico reciclado que sustituye al plástico virgen [60].

2.2.4.4 Procesos de fabricación

Como ya se ha comentado en la memoria, el proceso escogido para la fabricación del contenedor es moldeo por rotación.

El moldeo por rotación requiere un utillaje menos caro que el de otras técnicas de moldeo, ya que el proceso usa la fuerza centrífuga en lugar de presión para llenar el molde, lo que supone una ventaja económica.

Los moldes pueden fabricarse a partir de piezas, mediante el mecanizado CNC, fundirse o moldearse a partir de resina epoxi o aluminio con un coste inferior y de forma mucho más rápida que con el utillaje para otros procesos de moldeo, especialmente en el caso de las piezas grandes.

El rotomoldeo crea piezas con un grosor de pared casi uniforme, es decir, lo que buscamos para este concepto. Una vez que el utillaje y el proceso están preparados, el coste por pieza es muy bajo respecto al tamaño de la pieza. También es posible añadir al molde piezas prefabricadas, como roscas de metal, tuberías internas y otras estructuras [61].

Estos factores hacen que el moldeo por rotación sea ideal para la producción en tiradas cortas, o como alternativa al moldeo por soplado para volúmenes bajos de producción.

Los productos típicos del rotomoldeo incluyen depósitos, boyas, grandes contenedores, juguetes, cascos para la cabeza y cascos de canoas.

El rotomoldeo tiene algunas limitaciones de diseño y los productos acabados tienen tolerancias menos restringidas. Dado que todo el molde debe calentarse y enfriarse, el proceso también tiene tiempos de

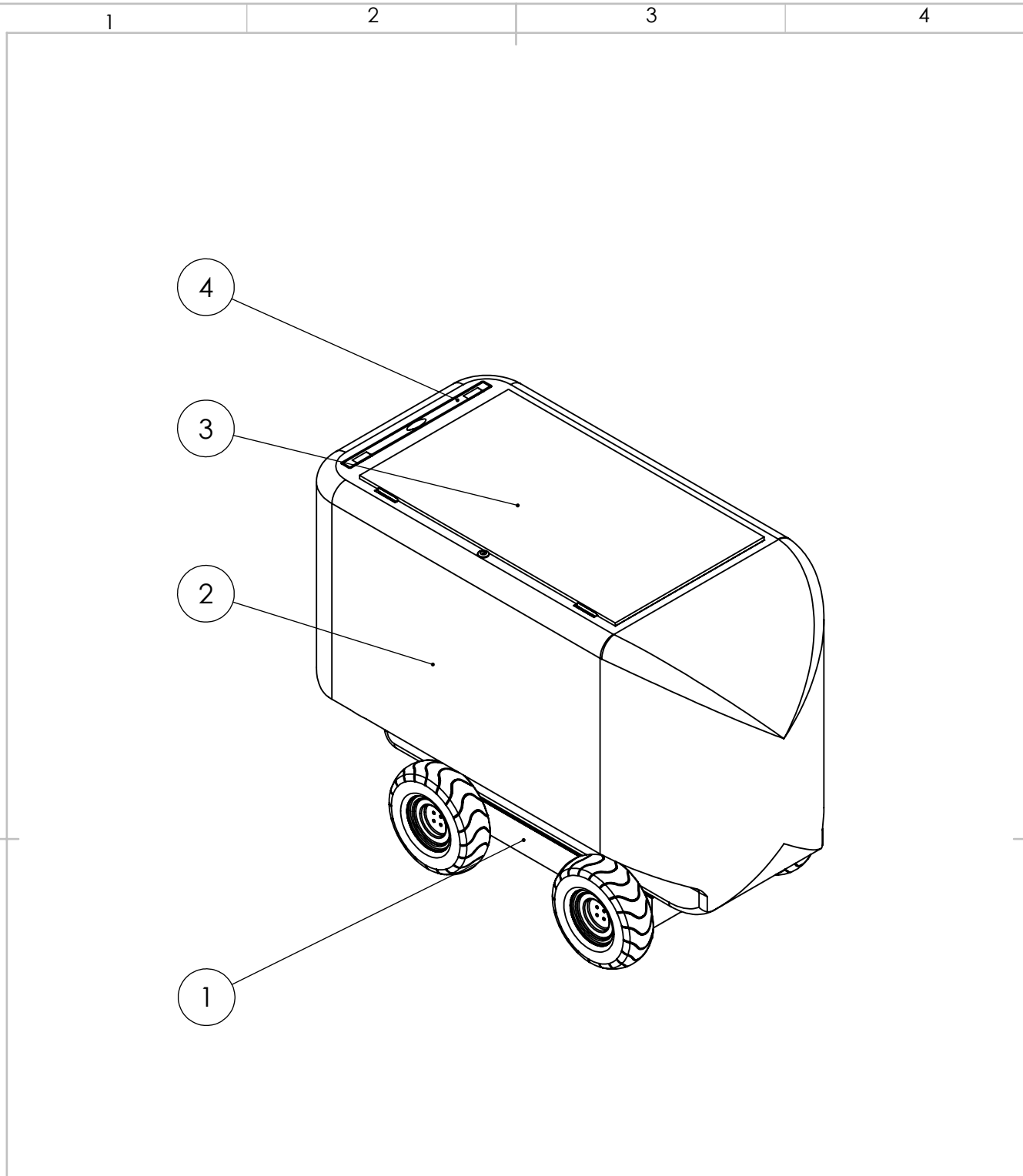
ciclo largos y es bastante laborioso, lo que limita su eficiencia en aplicaciones de alto volumen [61].

Debido a que es muy difícil y poco duradero aplicar pintura sobre el HDPE, se ha optado por fabricar el contenedor en dos colores distintos, rojo y gris. De esta manera, cuando se corten las puertas, se intercambiarán, para así tener dos modelos de contenedor, uno gris con la puerta roja y otro rojo con la puerta gris.

Los pasos para fabricar el contenedor del robot son los siguientes:

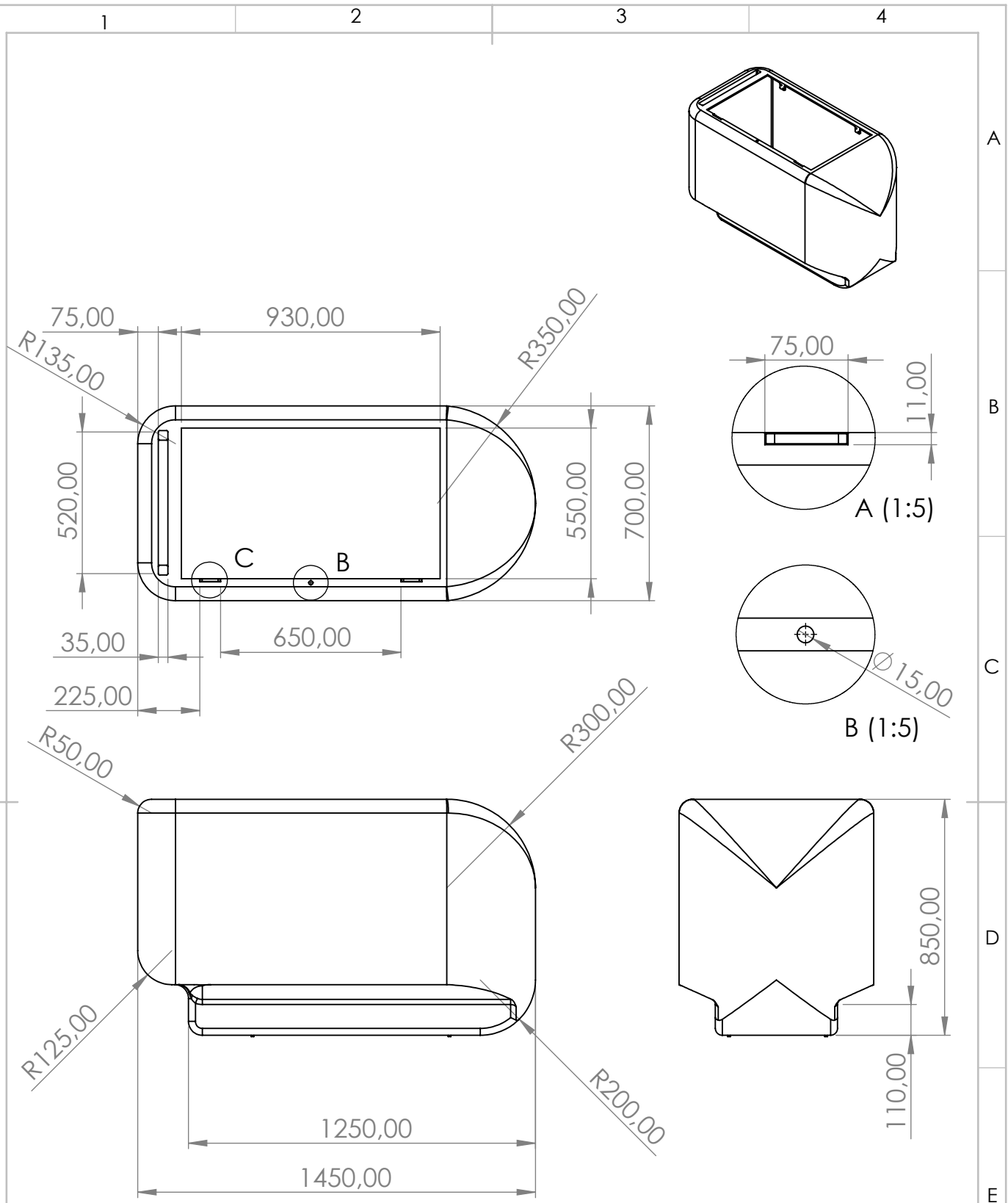
1. Se carga el plástico en polvo en la cavidad del molde y se cierra la cavidad para su calentamiento.
2. El molde se calienta hasta que el polvo de plástico se funde y se adhiere a las paredes. Mientras tanto, el molde gira en torno a dos ejes perpendiculares para obtener un recubrimiento uniforme de plástico.
3. El molde se enfría lentamente sin que se detenga su movimiento para asegurar que la cáscara de la pieza no se combe ni se desmorone antes de solidificarse por completo.
4. La pieza se separa del molde y se recorta la rebaba que hay.
5. Se corta la puerta de la parte superior del contenedor, se intercambia con un contenedor de otro color y se le ponen unas bisagras para que pueda abrirse y cerrarse.
6. Se atornilla la cerradura en el contenedor para poder bloquear la puerta.
7. Se realizan unos pequeños rebajes tanto en el contenedor como en la puerta para hacer los agarres que faciliten abrir a esta última.
8. Se taladra el contenedor en su parte superior trasera para colocar el mango.

3 PLANOS



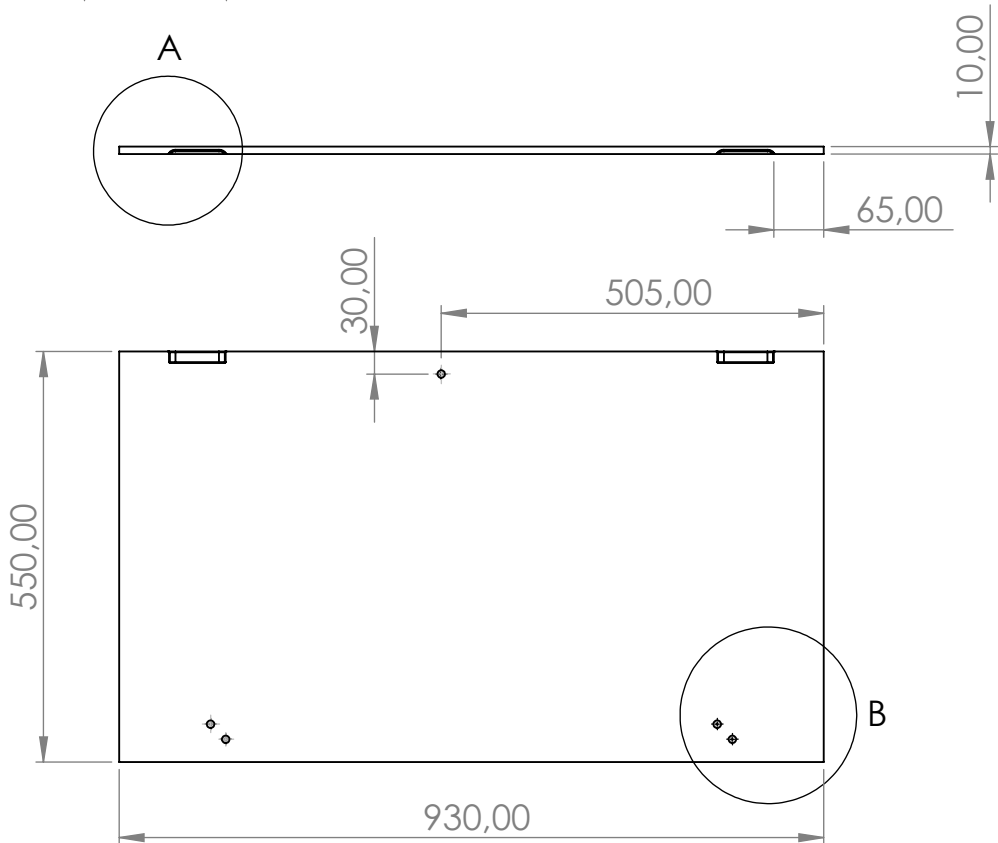
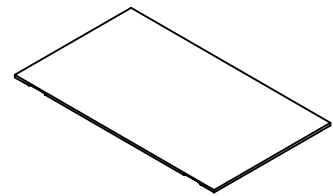
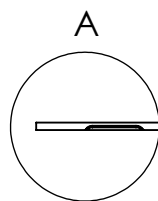
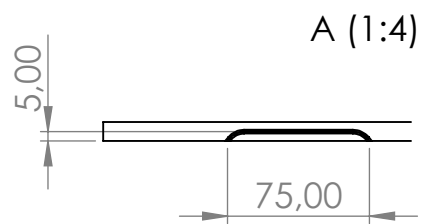
4	Agarre de emergencia	Pieza a fabricar	1.03
3	Puerta del contenedor	Pieza a fabricar	1.02
2	Contenedor	Pieza a fabricar	1.01
1	Chasis	Elemento comercial	
Designación	Nombre	Características	Nº Plano

	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	01/07/2022	Sergio Navarro Rama		
Comprobado				
Escala	Título	Concepto de vehículo para estrategia sostenible de logística última milla en entornos urbanos		NIA Alumno 756759
1:15	Proyecto			Centro EINA Unizar
				Nº plano 1.00

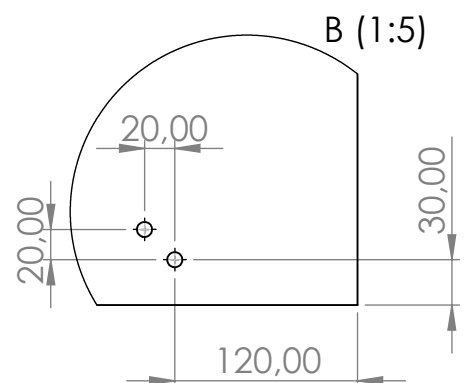


Notas:
 Redondeos no indicados = 50 mm
 Espesor = 10 mm
 Material = HDPE

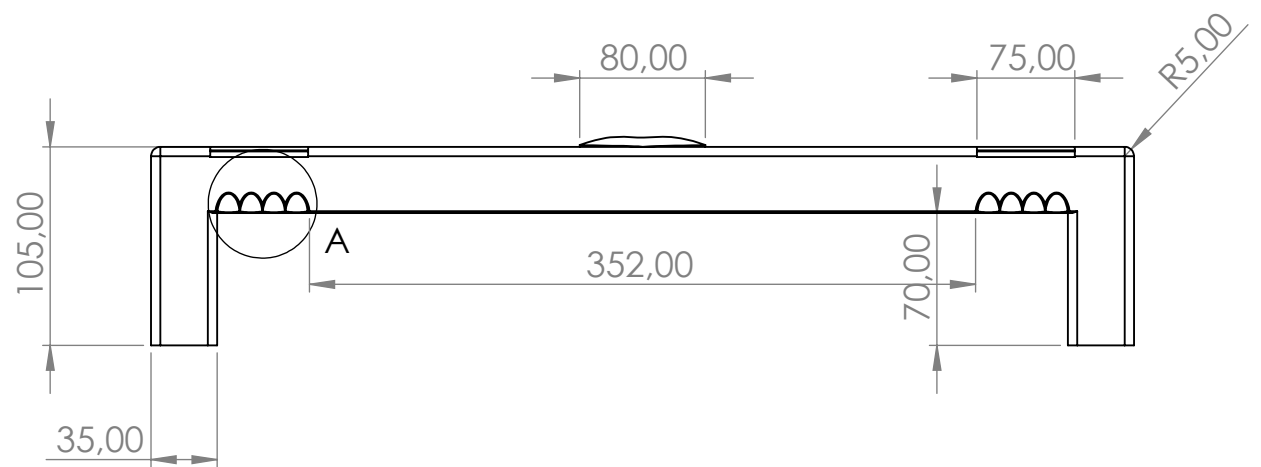
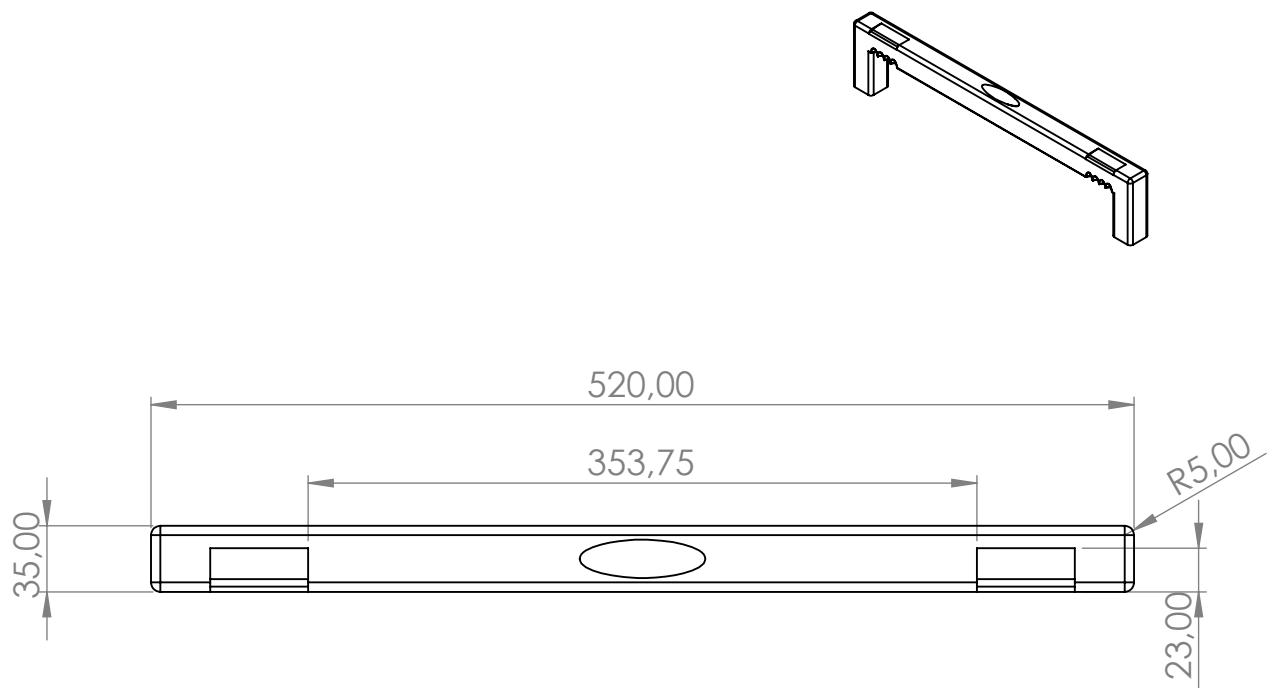
	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	01/07/2022	Sergio Navarro Rama		
Comprobado				
Escala	Título	Contenedor		NIA Alumno 756759
1:20	Proyecto	Concepto de vehículo para estrategia sostenible de logística última milla en entornos urbanos		Centro EINA Unizar
				Nº plano 1.01



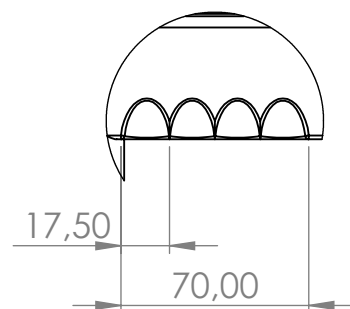
Notas:
Radios no indicados = 10 mm
Agujeros ciegos para taladro = Ø10 mm
Material = HDPE



	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	01/07/2022	Sergio Navarro Rama		
Comprobado				
Escala	Título	Puerta del contenedor		NIA Alumno 756759
1:10	Proyecto	Concepto de vehículo para estrategia sostenible de logística última milla en entornos urbanos		Centro EINA Unizar
				Nº plano 1.02

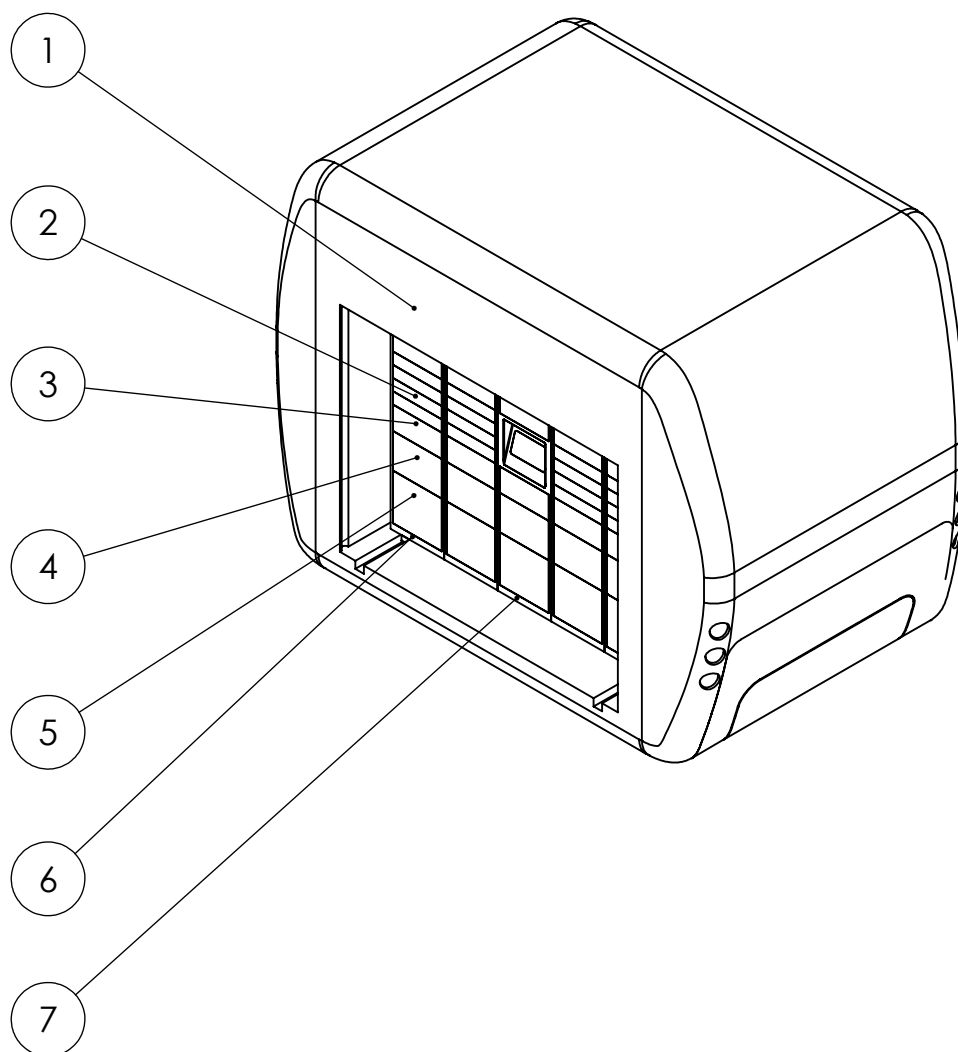


A (1:2)



Notas:
Redondeos no indicados = 5 mm
Espesor = 1 mm
Material = aluminio

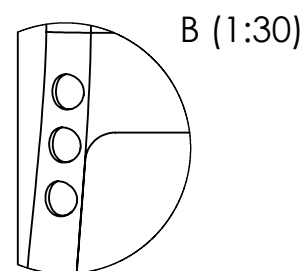
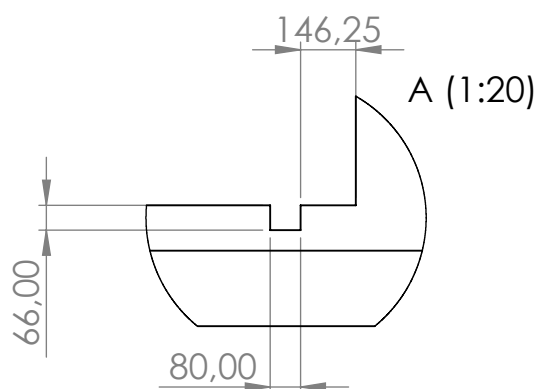
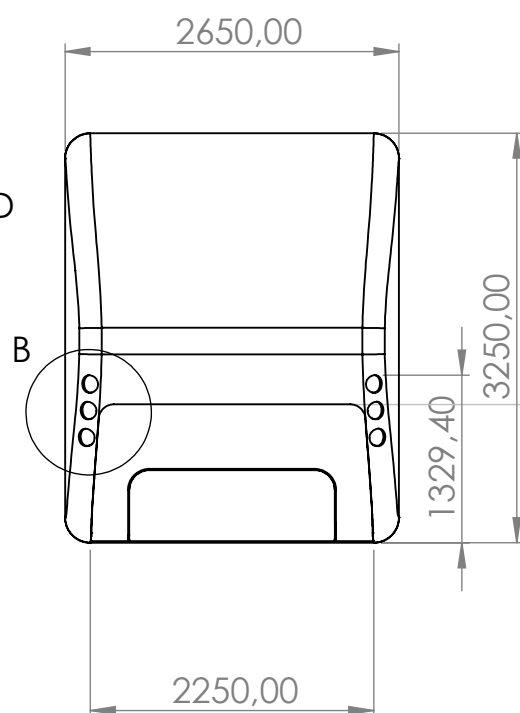
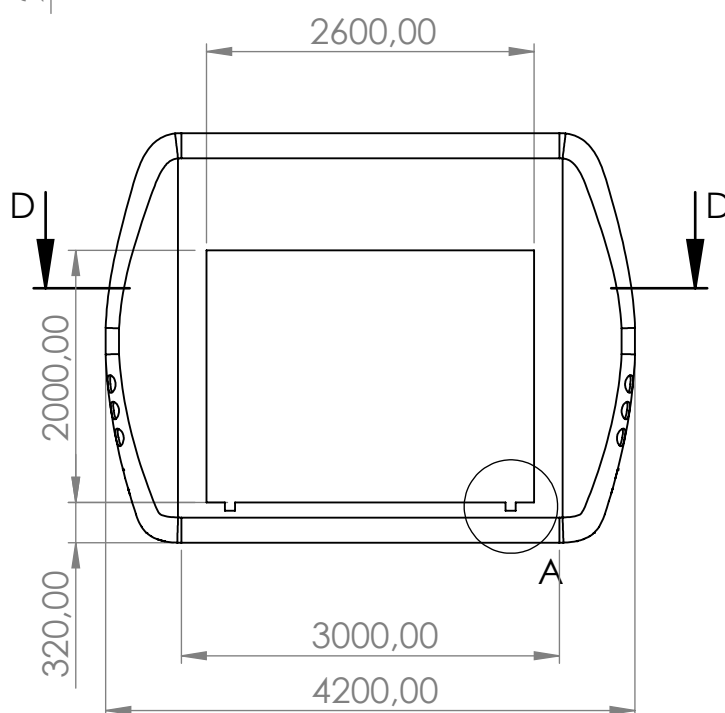
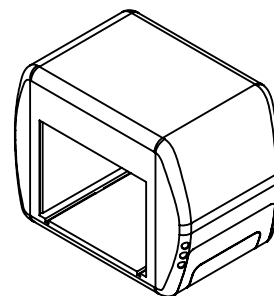
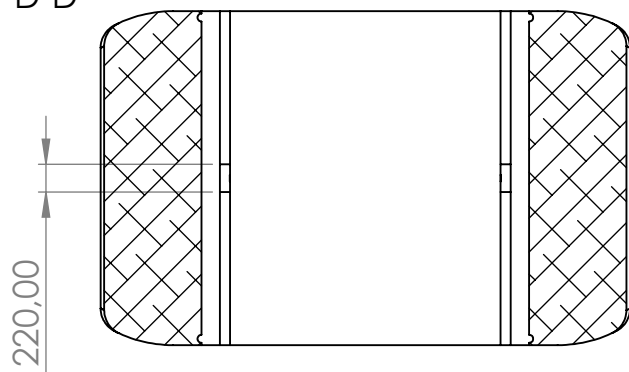
	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	01/07/2022	Sergio Navarro Rama		
Comprobado				
Escala	Título	Agarre de emergencia		NIA Alumno 756759
1:4	Proyecto	Concepto de vehículo para estrategia sostenible de logística última milla en entornos urbanos		Centro EINA Unizar
				Nº plano 1.03



7	Columna con pantalla	Pieza a fabricar	2.04
6	Columna normal	Pieza a fabricar	2.03
5	Puerta 4	Pieza a fabricar	2.02
4	Puerta 3	Pieza a fabricar	2.02
3	Puerta 2	Pieza a fabricar	2.02
2	Puerta 1	Pieza a fabricar	2.02
1	Vagón	Pieza a fabricar	2.01

Designación		Nombre	Características		Nº Plano
	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
Dibujado	01/07/2022	Sergio Navarro Rama			
Comprobado					
Escala 1:50	Título	Locker móvil		NIA Alumno	756759
	Proyecto	Concepto de vehículo para estrategia sostenible de logística última milla en entornos urbanos		Centro	EINA Unizar
				Nº plano	2.00

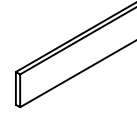
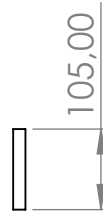
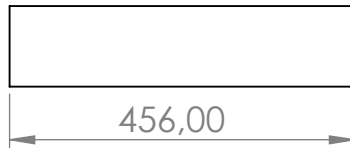
D-D



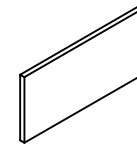
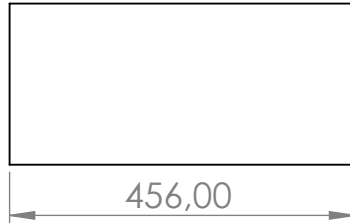
Notas:
Redondeos no indicados = 200 mm
Material = Aluminio

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	01/07/2022	Sergio Navarro Rama		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i> 1:60	<i>Título</i> Vagón			<i>NIA Alumno</i> 756759
	<i>Proyecto</i> Concepto de vehículo para estrategia sostenible de logística última milla en entornos urbanos			<i>Centro</i> EINA Unizar
				<i>Nº plano</i> 2.01

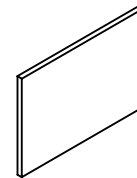
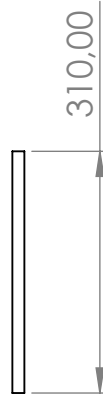
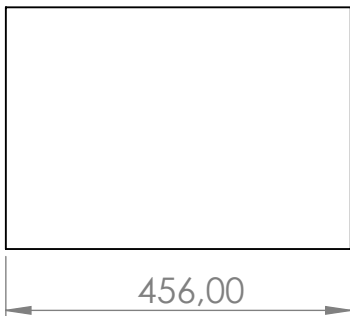
Puerta 1



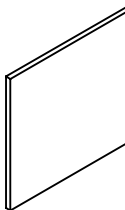
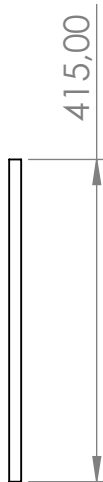
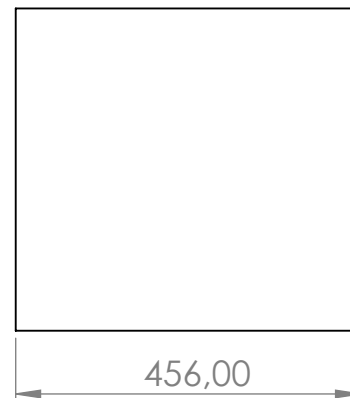
Puerta 2



Puerta 3



Puerta 4



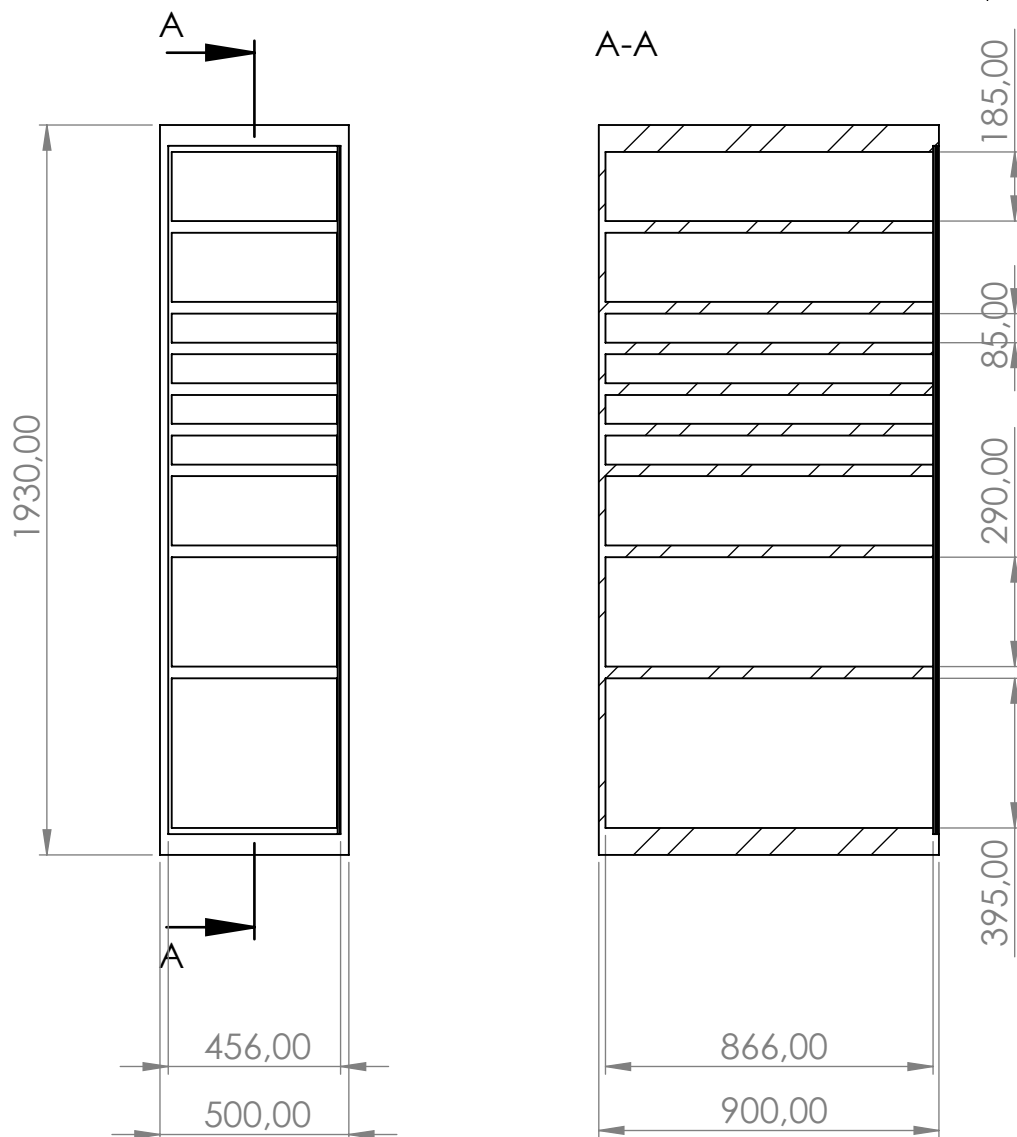
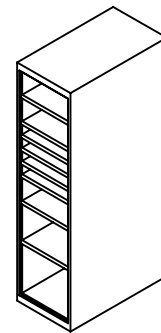
Notas:

Material = Acero laminado en frío AISI 1020

Espesor = 1 mm

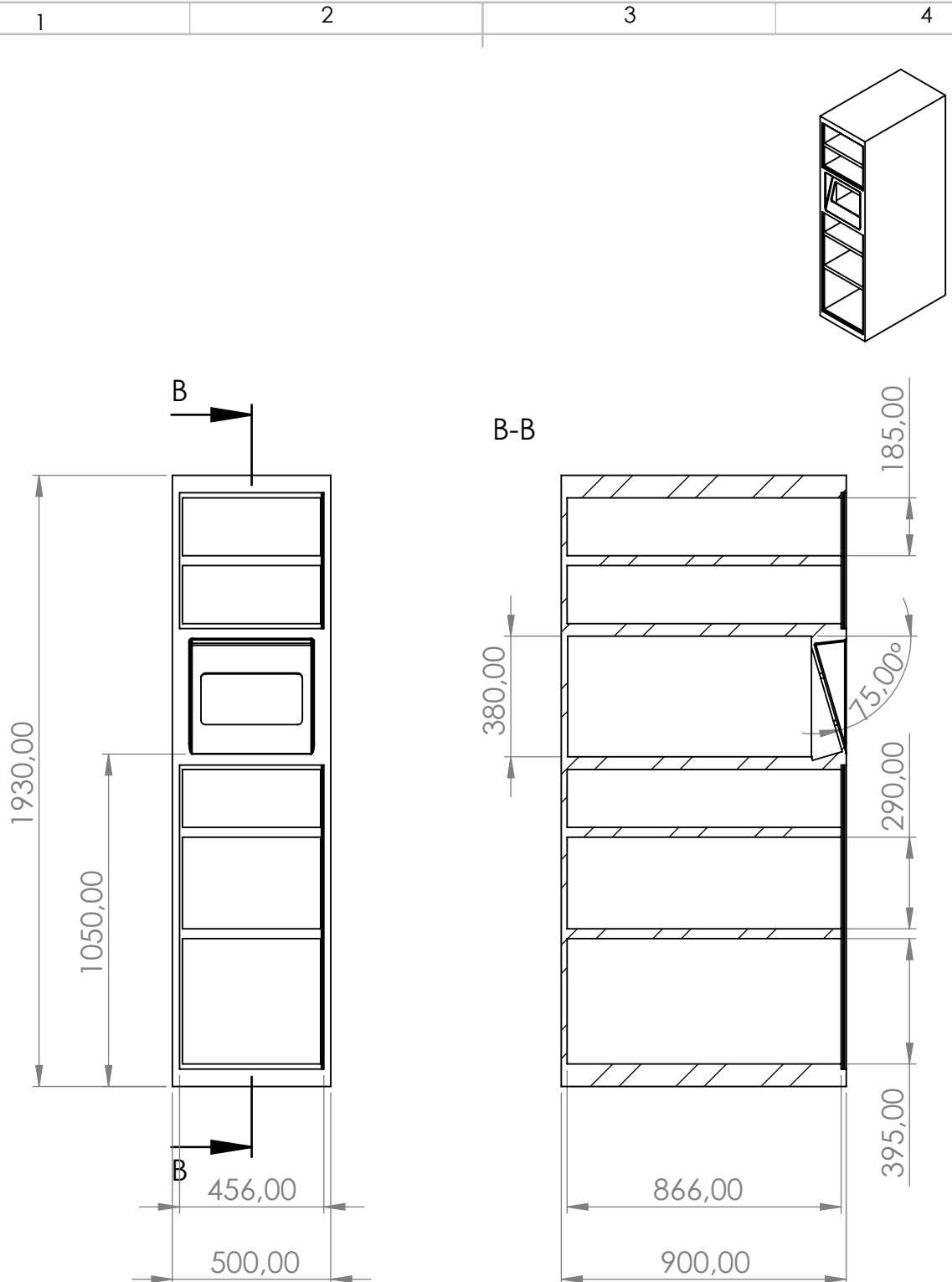
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
<i>Dibujado</i>	01/07/2022	Sergio Navarro Rama			
<i>Comprobado</i>					
<i>Escala</i> 1:10	<i>Título</i>	Puertas del locker		<i>NIA Alumno</i>	756759
	<i>Proyecto</i>	Concepto de vehículo para estrategia sostenible de logística última milla en entornos urbanos		<i>Centro</i>	EINA Unizar
				<i>Nº plano</i>	2.02

1 2 3 4



Notas:
Material = Acero laminado en frío AISI 1020
Espesor = 1 mm

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	01/07/2022	Sergio Navarro Rama		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i> 1:20	<i>Título</i>	Columna normal		<i>NIA Alumno</i> 756759
	<i>Proyecto</i>	Concepto de vehículo para estrategia sostenible de logística última milla en entornos urbanos		<i>Centro</i> EINA Unizar
				<i>Nº plano</i> 2.03



Notas:
Material = Acero laminado en frío AISI 1020
Espesor = 1 mm

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
<i>Dibujado</i>	01/07/2022	Sergio Navarro Rama		
<i>Comprobado</i>				
<i>Escala</i> 1:20	<i>Título</i> Columna con pantalla			<i>NIA Alumno</i> 756759
	<i>Proyecto</i> Concepto de vehículo para estrategia sostenible de logística última milla en entornos urbanos			<i>Centro</i> EINA Unizar
				<i>Nº plano</i> 2.04

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CajaMadrid (2010). Movilidad Urbana Sostenible: Un reto energético y ambiental
<https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0536159.pdf>
- [2] Ecomotriz (2022). La movilidad urbana, tipos, problemas y sostenibilidad
<https://www.ecomotriz.com/movilidad-urbana-1/>
- [3] EcologistasEnAcción (2007). Problemas de la movilidad y su repercusión urbana e individual
<https://www.ecologistasenaccion.org/9845/problemas-de-la-movilidad-y-su-repercusion-urbana-e-individual/>
- [4] SferaProyectoAmbiental (2012). Impactos ambientales de carreteras, el efecto barrera
<https://sferaproyectoambiental.org/2012/02/16/impactos-ambientales-de-carreteras-el-efecto-barrera/>
- [5] Wikipedia (2021). Horeca
<https://es.wikipedia.org/wiki/Horeca>
- [6] Deloitte (2020). Logística de Última Milla. Retos y soluciones en España
- [7] Eserp (2021). ¿Qué es el e-commerce o comercio electrónico?
<https://es.eserp.com/articulos/e-commerce-o-comercio-electronico/#::~:~:text=El%20e%2Dcommerce%2C%20o%20comercio,pagos%20de%20manera%20completamente%20electr%C3%B3nica.>
- [8] Fernández, M. (2021). Logística e-commerce: Posibilidades y ventajas
<https://www.sendcloud.es/logistica-ecommerce-posibilidades-y-ventajas/>
- [9] Vargas, R. (2021). La segunda mano ya no es solo para los bolsillos necesitados
<https://www.larazon.es/economia/20210809/x5ed3oknjnfopcr4543qbqt3km.html>

- [10] ThredUP (2021). Resale Report
<https://www.thredup.com/resale/#resale-industry>
- [11] Cardona, L. (2020). El auge del ecommerce de segunda mano en cifras
<https://www.cyberclick.es/numerical-blog/el-auge-del-ecommerce-de-segunda-mano-en-cifras>
- [12] Muñuzuri, J., Grosso, R., Escudero, A., Cortés, P. (2017). Distribución de mercancías y desarrollo urbano sostenible
- [13] EsMovilidad (2020). La distribución de paquetes y mercancías en las ciudades (DUM)
<https://esmovilidad.mitma.es/noticias/la-distribucion-de-paquetes-y-mercancias-en-las-ciudades-dum#:~:text=Seg%C3%BAn%20estimaciones%20de%20AECOC%20>
- [14] Inprou (2018). La logística urbana con vistas hacia el futuro
<https://www.inprou.com/2018/03/30/la-logistica-urbana/>
- [15] Palacios, K. (2021). Logística 4.0: la última milla despeg
<https://www.america-retail.com/colombia/logistica-4-0-la-ultima-milla-despega/>
- [16] Ineco (2020). Movilidad Urbana y Metropolitana: Un gran reto de las ciudades del siglo XXI
https://observatoriotransporte.mitma.es/recursos_otle/monografico_otle_2019_movilidad_urbana_y_metropolitana_1.pdf
- [17] Transeop (2022). El almacén logístico
<https://www.transeop.com/blog/El-almacen-logistico/171/>
- [18] Deloitte (2021). ¿Qué es la Industria 4.0?
<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html>
- [19] Asidek (2020). INDUSTRIA 4.0 - FUNDAMENTOS Y PUNTOS CLAVE
https://www.youtube.com/watch?v=-CS7S1nnZMk&ab_channel=Asidek-CTSolutionsGroup

- [20] Mecalux (2019). Logística 4.0: un futuro muy presente
<https://www.mecalux.es/blog/logistica-4-0-futuro-presente>
- [21] Huartos Carranza, E. (2019). Logística 4.0: Importancia en el proceso logístico de distribución de última milla
- [22] Lucero, J.A. (2019). ¿Qué tipos de ciudades hay en el mundo?
https://www.youtube.com/watch?v=uacZLmgVrU&list=LL&index=1&ab_channel=LacunadeHalicarnaso
- [23] Pérez Ventura, J. (2017). El espacio urbano: un análisis general
<https://elordenurbano.com/analisis-espacio-urbano/>
- [24] Contreras, M. (2016). Amazon patenta almacenes voladores con ejércitos de drones que reparten paquetes
<https://clipset.com/amazon-almacenes-flotantes-drones/>
- [25] Betters, E. (2022). ¿Qué son las claves de Amazon y cómo funcionan?
<https://www.pocket-lint.com/es-es/hogar-inteligente/noticias/amazon/142667-que-son-amazon-key-y-en-la-entrega-de-automoviles-y-como-funcionan>
- [26] Galeano, S. (2018). ¿Dejarías la llave de tu coche a Amazon? Así funcionan las nuevas entregas In-car Delivery para clientes Prime
<https://marketing4ecommerce.net/amazon-in-car-delivery/>
- [27] ElConfidencialDigital (2021). GAM sustituye sus furgonetas de última milla por vehículos cero emisiones de Inquieto
<https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/comunicados/gam-sustituye-furgonetas-ultima-milla-vehiculos-cero-emisiones-inquieto/20210525171218245106.html>
- [28] Callejo, A. (2020). Rinspeed Metrosnap: el futuro de la movilidad urbana es eléctrico, autónomo y modular
<https://forococheselectricos.com/2020/01/rinspeed-metrosnap-el-futuro-de-la-movilidad-urbana-es-electrico-autonomo-y-modular.html>
- [29] Martín, J. (2020). El Nuro R2 es un coche eléctrico de reparto autónomo que mezcla Glovo con un Amazon Locker, y está a punto de llegar

<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/nuro-r2-coche-electrico-reparto-autonomo-que-mezcla-glovo-amazon-locker-esta-a-punto-llegar#:~:text=La%20iniciativa%20de%20la%20firma,comida%20a%20domicilio%2C%20por%20ejemplo>

[30] Scoobic (2022). Ciudades limpias de humos, ruidos y atascos
<https://scoobic.com/>

[31] ElReferente (2019). Kiwi Last Mile, la solución a los camiones medio vacíos
<https://elreferente.es/innovadores/kiwi-last-mile-la-solucion-a-los-camiones-medio-vacios/>

[32] Wikipedia (2022). Tranvía de Zaragoza
https://es.wikipedia.org/wiki/Tranv%C3%ADa_de_Zaragoza

[33] SoyDeZaragoza (2022). Tranvía de Zaragoza: información, horarios, paradas y precio
<https://www.soydezaragoza.es/tranvia-de-zaragoza/>

[34] Wikipedia (2022). Urbos
<https://es.wikipedia.org/wiki/Urbos>

[35] Pascual, J. (2021). Amazon Locker: cómo funciona, limitaciones, precio y cómo localizar tu punto de recogida más cercano
<https://computerhoy.com/reportajes/industria/amazon-locker-como-funciona-limitaciones-precio-824697>

[36] Heinig, I. (2022). UPS Access Point® 101: What You Need to know
<https://www.easyship.com/blog/ups-access-point>

[37] Packlink (2021). Citypaq correos: Qué es y cómo funciona
<https://www.packlink.es/blog/citypaq-correos-que-es-y-como-funciona/>

[38] Unigis (2020). Delivery Robots: el futuro de la Última Milla
<https://www.unigis.com/delivery-robots-el-futuro-de-la-ultima-milla/>

[39] CdeComunicación (2018). Starship da un paso más: sus robots ya son repartidores autónomos y entregan a domicilio en Reino Unido

<https://logistica.cdecomunicacion.es/noticias/sectoriales/29230/star-ship-da-un-paso-mas-sus-robots-ya-son-repartidores-autonomos-y-entregan-a-domicilio-en-reino-unido>

[40] Revista de Robots (2021). El robot Kiwibot te lleva la comida a casa

<https://revistaderobots.com/robots-y-robotica/el-robot-kiwibot-te-lleva-la-comida-a-casa/#:~:text=Kiwibot%20es%20un%20robot%20que,al%20noreste%20de%20San%20Francisco>

[41] Álvarez, R. (2019). FedEx nos presenta a su nuevo mensajero: un robot autónomo, eléctrico y que trabaja turnos completos sin descansos

<https://www.xataka.com/robotica-e-ia/fedex-nos-presenta-a-su-nuevo-mensajero-robot-autonomo-electrico-que-trabaja-turnos-completos-descansos>

[42] Soto, J. (2021). Robot Scout, así llegarán algún día a tu casa los paquetes de Amazon

<https://motor.elpais.com/coches-electricos/asi-llegaran-algun-dia-a-tu-casa-los-paquetes-de-amazon/>

[43] Del Barco, L. (2018). Este curioso robot te llevará la comida a domicilio en un futuro no tan lejano

<https://hipertextual.com/2018/12/curioso-robot-te-lleva-comida-domicilio-futuro-no-tan-lejano>

[44] Carvajal, C. (2021). Gitamini, el nuevo robot de Piaggio que te sigue y te lleva la compra

<https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/gitamini-nuevo-robot-piaggio-te-sigue-te-lleva-compra-935977#:~:text=Home-.Gitamini%2C%20el%20nuevo%20robot%20de%20Piaggio%20que%20te,y%20te%20lleva%20la%20compra&text=El%20mundo%20de%20la%20rob%C3%B3tica,como%20la%20ropa%20del%20gimnasio>

[45] Sasso, F. (2021). Gitamini, el robot de carga que te sigue a todos lados

<https://es.digitaltrends.com/tendencias/gitamini-robot-carga-peso-usuario/>

- [46] Piaggio Fast Forward (2021). Built with pedestrian etiquette
<https://mygita.com/how-it-works>
- [47] TecnoSeguro (2022). ¿Qué es un detector de movimiento pasivo o PIR y cómo funcionan los sensores de movimiento?
<https://www.tecnoseguro.com/faqs/alarma/que-es-un-detector-de-movimiento-pasivo-o-pir>
- [48] Wikipedia (2022). RFID
<https://es.wikipedia.org/wiki/RFID>
- [49] Yébenes, M. (2011). Ampliación de los Sistemas RFID en el Robot Maggie
https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13710/PFC_Marta_Yebenes_Calvino.pdf
- [50] Altium (2021). Ventajas y desventajas de las tecnologías de RFID activas y pasivas
<https://resources.altium.com/es/p/advantages-and-disadvantages-active-and-passive-rfid-technologies>
- [51] Solorobotica (2011). Actuadores en robótica
<http://solorobotica.blogspot.com/2011/08/actuadores-en-robotica.html>
- [52] Rotom (2021). 9 consejos para elegir las ruedas logísticas apropiadas
<https://rotom.es/articles/post/9-consejos-para-elegir-las-ruedas-logisticas-apropiadas>
- [53] Correos (2021). Dimensiones y pesos de los envíos
<https://www.correos.es/es/es/atencion-al-cliente/enviar/dimensiones-y-pesos>
- [54] Zeleris (2021). Condiciones generales de servicio de transporte de particulares
https://www.zeleris.com/Media/Docs/Contrato_y_Condiciones_Particulares.pdf?ts=20210909
- [55] GLS (2021). Realiza tus envíos particulares con GLS
<https://www.gls-spain.es/es/enviar-paquetes/envios-particulares/>

[56] Seur (2017). Condiciones Generales para Envíos Internacionales
<https://www.seur.com/es/empresas/servicios-disponibles/transporte-internacional/condiciones-generales-para-envios-internacionales/>

[57] Tallerscitoler (2020). ¿Es apropiado el uso de transpaletas manuales para sus operaciones?
<http://www.tallerscitoler.com/assets/files/es%20apropiado%20el%20uso%20de%20trans%20manuales.pdf>

[58] MasSostenibles (2022). Los Plásticos en una economía sostenible
<http://www.massostenibles.com/divulgacion/los-plasticos-en-una-economia-sostenible>

[59] Jubedi, S.L. (2019). HDPE (Polietileno Alta Densidad)
<https://jubedi.com/comercializacion-de-plasticos/hdpe-polietileno-alta-densidad/#:~:text=Se%20designa%20como%20HDPE%20>

[60] Ecoembes (2021). ¿Qué es y cómo podemos reciclar el HDPE Polietileno?
<https://ecoembesdudasreciclaje.es/que-es-y-como-podemos-reciclar-el-hdpe-polietileno/>

[61] Formlabs (2022). Guía de procesos de fabricación para plásticos
<https://formlabs.com/es/blog/guia-procesos-fabricacion-plasticos/>

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Barcelona, la ciudad con más atascos de España en 2020
- Figura 2. Madrid sufre de alta contaminación
- Figura 3. Neumático con homologación europea
- Figura 4. Automóviles estacionados ocupando espacio urbano
- Figura 5. Paso de fauna
- Figura 6. Vista desde una pasarela peatonal
- Figura 7. HORECA
- Figura 8. Evolución de la facturación e-commerce en España (miles de millones de €)
- Figura 9. Logística e-commerce
- Figura 10. Previsión del aumento del mercado de segunda mano
- Figura 11. Porcentaje de personas abiertas a comprar productos de segunda mano
- Figura 12. Almacén logístico
- Figura 13. Locker en aeropuerto
- Figura 14. Zona de carga y descarga
- Figura 15. Ejemplo de chatbot
- Figura 16. Mapa de Manhattan (Nueva York)
- Figura 17. Ejemplo de ciudad con barrios de autoconstrucción
- Figura 18. Dron de Amazon
- Figura 19. Servicio Amazon Key
- Figura 20. Servicio In-Car Delivery
- Figura 21. Packstation de la empresa DHL
- Figura 22. Vehículos de la empresa GAM
- Figura 23. Rinspeed Metrosnap
- Figura 24. Toyota e-Palette
- Figura 25. Nuro R2
- Figura 26. Vehículo de Scoobic
- Figura 27. Mapa de la línea del tranvía en 2010
- Figura 28. Construcción del tranvía a lo largo del puente de Santiago
- Figura 29. Logo de la empresa CAF
- Figura 30. Urbos III circulando por Zaragoza
- Figura 31. Amazon Locker
- Figura 32. Access Point de la empresa UPS
- Figura 33. Locker de AliExpress
- Figura 34. Citypaq de Correos
- Figura 35. Faros del vagón
- Figura 36. Ejemplo de puerta enrollable de persiana

Figura 37. Starship Robot

Figura 38. Kiwi Robot

Figura 39. SameDay Bot

Figura 40. Amazon Scout

Figura 41. Serve

Figura 42. Gitamini

Figura 43. Sensor PIR

Figura 44. Esquema de funcionamiento de un sistema de RFID

Figura 45. Tipos de configuraciones cinemáticas

Figura 46. Saliente del contenedor

Figura 47. Bisagras

Figura 48. Marca en el contenedor

Figura 49. Marca en la puerta

Figura 50. Detalle de la cerradura

Figura 51. Detalle del tope

Figura 52. Mango sin extraer

Figura 53. Mango extraído