

03-002

SMART BIKE WHEEL: FEASIBILITY STUDY.

Cremades Oliver, Lázaro V. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ UPC

In 2011, MIT patented a bicycle wheel capable of housing various elements so that a conventional bicycle can be transformed into an electric one without the need for complex installations or wiring, simply by changing the rear wheel. This wheel, besides an electric motor, is equipped with GPS and different sensors that allow the cyclist to know the quality of the air, the distance he/she is riding, etc. It also has a wireless connection through which it can be synchronized with a smartphone by means of a mobile application, turning a conventional bicycle into a smart bike. In this way, it allows the user to choose an energy setting, review the history of routes, air pollution and create a profile for social interactions. This work studies the technical, economic and environmental feasibility of the project to manufacture such smart bicycle wheels. It also presents what would be the business concept of such project applied to the Spanish market. Finally, the environmental impact of a smart bike in comparison with other urban vehicles has also been analyzed.

Keywords: Wheel; smart bike; feasibility.

RUEDA DE BICICLETA INTELIGENTE: ESTUDIO DE VIABILIDAD.

En 2011 el MIT patentó una rueda de bicicleta capaz de albergar diversos elementos de manera que permiten transformar una bicicleta convencional en una eléctrica sin necesidad de instalaciones complejas ni cableado, con sólo cambiar la rueda trasera. La rueda en cuestión además del motor eléctrico, está equipada con GPS y diferentes sensores que permiten al ciclista tener conocimiento de la calidad del aire, la distancia recorrida, etc. Dispone también de conexión inalámbrica mediante la cual se puede sincronizar con un smartphone mediante una aplicación móvil, convirtiendo una bicicleta convencional en una "bicicleta inteligente". De este modo permite al usuario elegir una configuración de la energía, revisar el historial de recorridos, la contaminación del aire y crear un perfil para interacciones sociales. En este trabajo se estudia la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto de fabricación de tales ruedas de bicicleta inteligente. Asimismo, se presenta cuál sería el concepto de negocio de dicho proyecto aplicado al mercado español. Finalmente, también se ha analizado el impacto ambiental de una bicicleta inteligente en comparación con el de otros vehículos urbanos.

Palabras claves: Rueda; bicicleta inteligente; viabilidad.

Correspondencia: Lázaro V. Cremades (lazarocremades@upc.edu)

Agradecimientos: El autor agradece a Gerard Campillos, por la buena labor que llevó a cabo en su proyecto final de carrera, y que ha servido de base de partida para la realización de este trabajo.



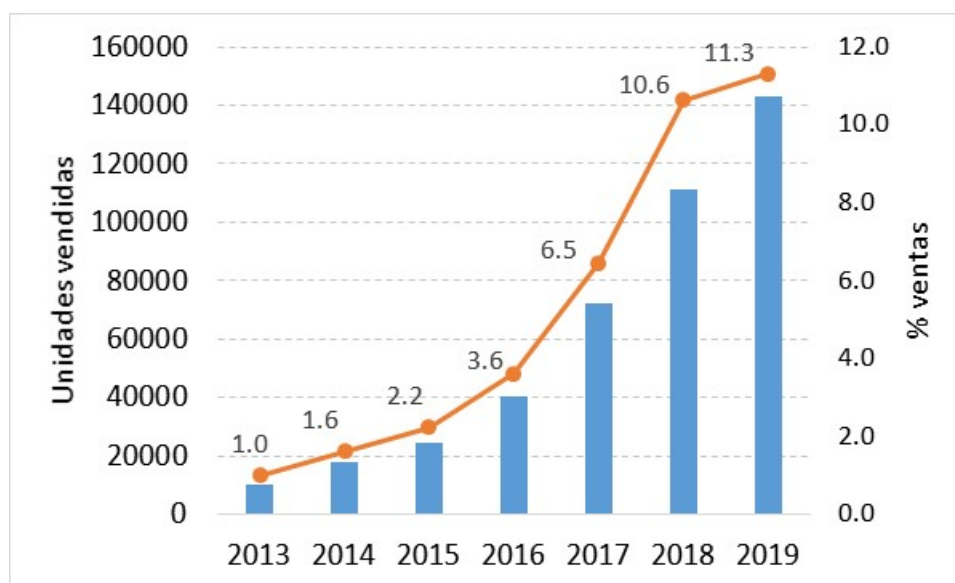
©2021 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

En los últimos años, el uso de la bicicleta en España ha experimentado un crecimiento sostenido tanto para fines recreativos como para los desplazamientos urbanos. Las políticas municipales han contribuido al crecimiento de su uso a nivel urbano con la instalación de carriles bici y los sistemas públicos de alquiler y aparcamiento de bicis. Según un estudio de la OCU (2014), uno de cada tres habitantes de las grandes ciudades en España usa la bicicleta como medio de transporte, al menos, una vez a la semana.

Al mismo tiempo ha crecido también la demanda de bicicletas eléctricas sobre todo en el entorno urbano, como puede verse en la Figura 1, tanto en lo que se refiere al número de unidades vendidas en España como a su porcentaje respecto al total de bicicletas.

Figura 1: Ventas de bicicletas eléctricas en España y porcentaje respecto al total de bicicletas vendidas (elaboración propia a partir de datos de AMBE (2021))



Dentro del marco europeo, según la Directiva 2002/24/CE, legalmente tienen la consideración de bicicletas eléctricas aquellas bicicletas que: a) sólo proporcionen asistencia mientras se pedalea; b) la velocidad máxima alcanzable por el motor sea de 25 km/h, y c) su potencia máxima sea de 250 W. En España, esas limitaciones vienen establecidas en la norma UNE-EN 15194:2009.

Aparte de poder comprar una bicicleta eléctrica completa, existe también en el mercado la opción de convertir una bicicleta convencional en eléctrica mediante kits compuestos de un motor, baterías, un sistema de control y el cableado para conectar los componentes. La instalación de estos kits conlleva, en general, cambiar el plato, la rueda trasera (o delantera), implantar un controlador en el manillar y ensamblar las baterías en el cuadro de la bicicleta. Los precios de estos kits oscilan entre 150 y 500 €, sin incluir el precio de la batería ni el coste del montaje. En comparación, los precios de las bicicletas eléctricas suelen estar por encima de 600 €.

Existen diferentes kits de conversión. El más popular consiste en una conversión de transmisión media que emula al sistema de las bicicletas eléctricas de gama alta. La batería y el motor se integran en el marco, con el motor habitualmente unido al soporte inferior. Así, la distribución del peso se mantiene baja, por lo que la conducción no se altera demasiado,

pero por su ubicación el motor está expuesto a golpes (Rodríguez de Luis, 2020). Menos frecuente es el kit de conversión por fricción, que implica fijar un motor y un rodillo en la rueda trasera, valiéndose de la fricción para empujar la bicicleta hacia adelante. No es la mejor solución por cuestiones tanto de distribución de peso como de eficiencia. Pero, el kit de conversión más común consiste en reemplazar una rueda por una rueda motorizada que se conecta mediante cableado a la batería montada aparte y a los demás elementos del kit (Figura 2).

Figura 2: Típico kit de conversión de una bicicleta convencional a eléctrica (Theebikemotor, 2021).



Todos esos kits de conversión requieren un trabajo de montaje nada despreciable. Para simplificar la conversión, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (M.I.T.), tras un proyecto de cuatro años, se desarrolló una rueda capaz de albergar todos los elementos de conversión, incluida la batería, de tal manera que se puede transformar la bicicleta convencional en una eléctrica sustituyendo simplemente la rueda. Se trata del proyecto denominado “Copenhagen Wheel”, que se presentó en 2009 con el apoyo de la alcaldía de Copenhagen (MIT, 2009; EcolInventos, 2017).

Dicha rueda está equipada también de GPS y diferentes sensores que hacen que pueda calificarse como “rueda de bicicleta inteligente” (Figura 3), ya que, además de integrar todo el sistema eléctrico, tiene la capacidad para comunicarse vía bluetooth con el teléfono móvil del usuario para, por ejemplo, saber la distancia recorrida, las calorías quemadas, la temperatura del aire, bloquear la rueda a distancia o controlar la potencia del motor.

Este sistema fue patentado en junio de 2011 (MIT, 2011) y la patente la compró la empresa Superpedestrian Inc. Salió al mercado en 2013 y en 2017 mejoraron el diseño inicial en una nueva versión (EcolInventos, 2017). Se vende a un precio mínimo de 949 \$ (unos 780 €).

Figura 3: Bicicleta equipada con la “rueda de Copenhagen” (EcolInventos, 2017).



En este trabajo se estudia la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto de fabricación de tales ruedas de bicicleta inteligente. Asimismo, se presenta cuál sería el concepto de negocio de dicho proyecto aplicado al mercado español. Finalmente, también se ha analizado el impacto ambiental de una bicicleta inteligente en comparación con el de otros vehículos urbanos. El estudio está basado en el trabajo desarrollado por Campillos (2015), aunque con un enfoque diferente y más actualizado en lo referente a la estimación de la viabilidad económica.

2. La rueda de bicicleta inteligente

Esta rueda puede instalarse fácilmente tanto en bicicletas de una sola velocidad como en bicicletas de varias velocidades. No requiere de ningún cableado pues todos los elementos están integrados en la misma. Se recomienda instalarla en la rueda trasera para tener un mayor equilibrio en los giros (EcolInventos, 2017). En la Tabla 1 puede verse una lista de algunas especificaciones técnicas y la Figura 4 representa un desglose de sus componentes.

Dispone de un sistema de detección de par que mide el par de torsión que aplica el usuario al pedalear, registrándolo en todo momento en el microprocesador de modo que cuando supere un cierto valor establecido, se accione el motor suministrando el par requerido para ayudar al usuario. El sistema memoriza la magnitud de la fuerza que el usuario transmite mediante los pedales y es capaz de incrementarla hasta diez veces.

La rueda está programada para funcionar de distintos modos:

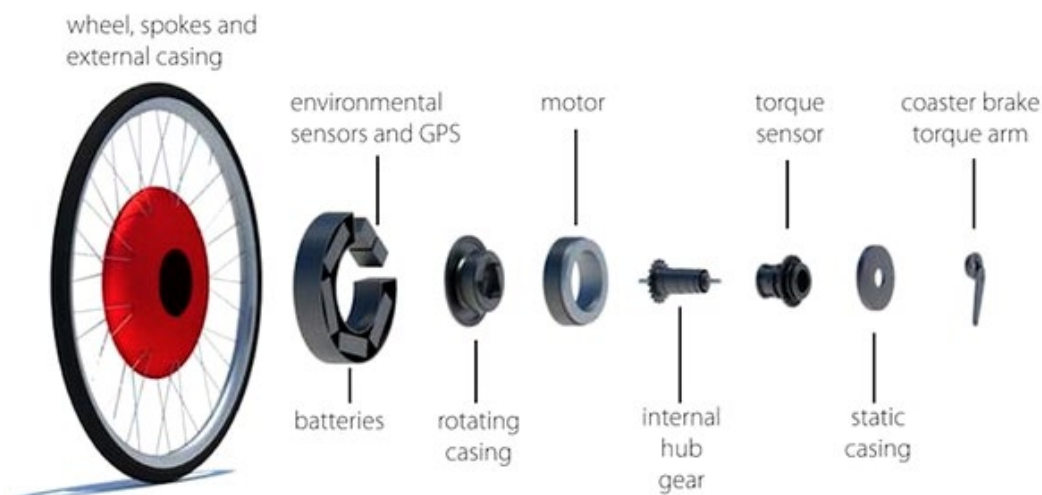
- Modo “off”: En este modo el motor de la rueda está desactivado y el ciclista puede hacer uso de la bicicleta como si fuera convencional.
- Modo apoyo pedal 1/2/3: El motor de la rueda se activa suministrando una magnitud de par determinada, en función de cómo sea el par aplicado por el ciclista.

- Modo ejercicio 1/2/3: El motor se configura como un generador de modo que aprovecha la energía de pedaleo para cargar las baterías.
- Modo cero emisiones: En este modo la rueda utiliza la energía que se obtiene durante el frenado o en las bajadas (por medio del frenado regenerativo) para reducir el esfuerzo del ciclista sin consumo extra de batería. Así, el motor aprovecha la energía almacenada en una bajada para suministrar par a la rueda en una subida.

Tabla 1: Especificaciones técnicas de la rueda de bicicleta inteligente

Nombre	Valor
Motor eléctrico rotativo de accionamiento directo	250 W
Velocidad máxima	25 km/h
Batería reemplazable de iones de litio	48 V – 279 Wh
Vida útil de la batería	1000 ciclos
Tiempo de carga completa de la batería	4 horas
Autonomía con cada carga	50 km
Peso	7,6 kg
Anchura de horquilla mínima necesaria:	
para una bicicleta de una sola velocidad	120 mm
para una bicicleta de varias velocidades	135 mm
Freno regenerativo	Sí
Comunicación inalámbrica con <i>smartphone</i> (iOs y Android)	vía Bluetooth
Sensores: GPS, temperatura ambiente, humedad relativa	

Figura 4: Componentes de la rueda de bicicleta inteligente (EcolInventos, 2017).



El motor es controlado por los pedales. El ciclista mediante éstos puede aplicar un par positivo o un par negativo (se entiende como par positivo aquel que es favorable al movimiento de avance y, por consiguiente, par negativo es aquel que se opone al movimiento). Si el par es positivo, el motor aportará más par o aprovechará el mismo para cargar baterías en función del modo en el que esté. Cuando el ciclista aporta un par negativo el sistema de control lo detecta y activa el freno regenerativo (el motor cambia a modo generador) aprovechando la energía cinética para cargar las baterías. La velocidad de respuesta del motor eléctrico es de 100 milisegundos desde que detecta la necesidad de asistencia al pedaleo.

Por último, dispone de un módulo de telecomunicaciones con un sistema de posicionamiento global que permite proporcionar datos de ubicación y tiempo. También está dotado de un

sistema de comunicación inalámbrico con tecnología bluetooth para poder ser controlado mediante una aplicación móvil para *smartphones*. Con ella, además de configurar el modo de funcionamiento, se pueden recopilar datos sobre rutas urbanas, conocer la temperatura ambiente y la humedad relativa. De este modo los ciclistas pueden registrar rutas y compartirlas con otros usuarios de la misma aplicación.

3. Viabilidad económica

Dado el aumento continuado del uso de la bicicleta en España, ya no sólo en el ámbito del deporte y ocio, sino también como medio de transporte urbano, vamos a estudiar la introducción de la rueda de bicicleta inteligente en este mercado emergente y su viabilidad económica. Asumiremos como concepto de negocio que dicha introducción es una extensión de la actividad dentro de una empresa ya existente de bicicletas eléctricas y que la empresa dispone de la cesión de los derechos de comercio y explotación de la patente en España. La misión será la de, por un lado, satisfacer la necesidad de los clientes de mejorar su movilidad en bicicleta con la ayuda de un dispositivo mucho más versátil y práctico que los que existen en la actualidad, y, por otro lado, contribuir al desarrollo de núcleos urbanos más sostenibles, fomentando el uso de la bicicleta y disminuyendo la dependencia del automóvil.

3.1. Entorno económico

Según datos de AMBE (2021), en la actualidad existe un total de 191 fabricantes nacionales de bicicletas y componentes. Se trata de un mercado maduro en el que en las últimas décadas ha habido una tendencia a la concentración. Paralelamente se ha producido un gran aumento de la importación de bicicletas ya sea porque las marcas extranjeras han copado gran parte de la cuota de mercado o porque los grandes fabricantes nacionales tienden cada vez más a producir y ensamblar fuera del país, con fábricas en Asia y en Portugal, manteniendo los departamentos de diseño y calidad en España.

Las ventas de bicicletas representan el 46% de las ventas del sector del ciclismo, seguidas de las de componentes con un 31%. En los últimos cinco años el sector ha aumentado el número de bicicletas vendidas, pese a que en 2018 hubo un descenso en las ventas, y en 2019 se recuperó considerablemente (Tabla 2).

Tabla 2: Ventas de bicicletas en España (AMBE, 2021).

Año	Unidades vendidas	Incremento (%)
2014	1.088.548	---
2015	1.103.839	+1,40
2016	1.115.034	+1,01
2017	1.116.232	+0,11
2018	1.047.492	-6,16
2019	1.261.283	+20,41

Como se ha visto en la Figura 1, en 2019 las bicicletas eléctricas vendidas representaron un 11,3% del total, con un crecimiento de +28,3% respecto a 2018. El precio medio de cada unidad vendida fue de 2.403€, o sea, un 11% superior al precio en 2018.

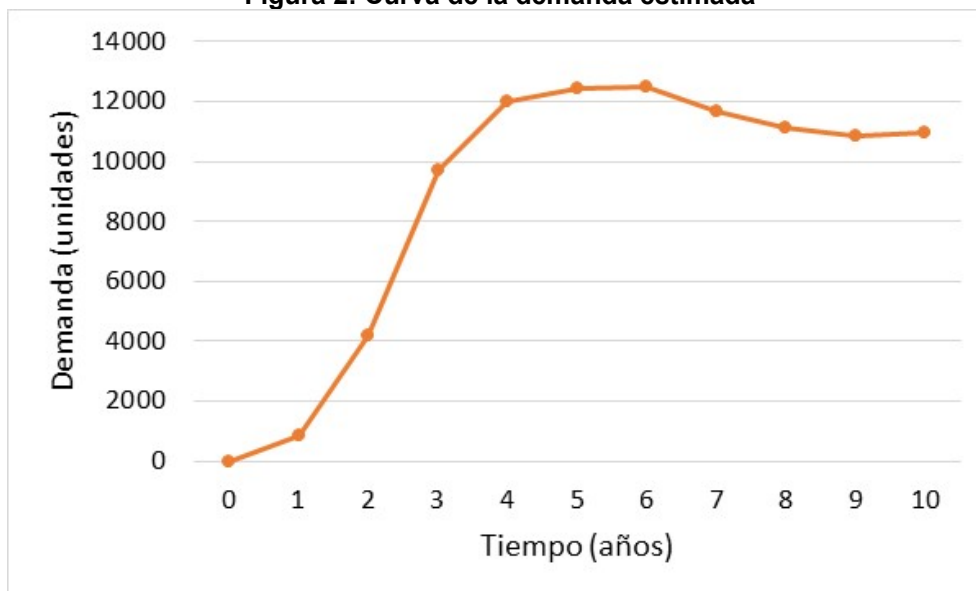
El estudio realizado por la OCU en 2014 antes citado, revelaba que el porcentaje de habitantes de las principales ciudades españolas que usan la bicicleta como medio de transporte al menos una vez por semana, está comprendido entre 17% en el caso de Bilbao y 47% en el caso de Valencia (OCU, 2014). Aplicando esos porcentajes al censo poblacional, podemos

estimar el número de usuarios potenciales que puede abarcar el mercado español. Según nuestras estimaciones, ese número sería de unos 3M habitantes como mínimo.

Para estimar la demanda que tendría la fabricación de la rueda de bicicleta inteligente en nuestro mercado, hemos asumido que seguiría la curva clásica del ciclo de vida de un producto con sus fases: lanzamiento, crecimiento, madurez, declive y retiro (Estrategia Magazine, 2020). Y para cuantificar la demanda, hemos establecido como hipótesis que la demanda acumulada a lo largo de un periodo de 10 años abarcaría un 3% del mercado, es decir, unos 90.000 usuarios.

La curva de demanda se ha ajustado a la función logística o curva en forma de S (Areppim, 2021), desde el inicio de la etapa de lanzamiento hasta su máximo de madurez, o sea, entre el año 0 y el año 5,5. Entre la etapa de madurez del producto hasta el año 10, se ha asumido que la demanda sigue una ecuación polinómica de grado 3, con una ligera caída de ventas a partir del año 6. La curva completa resultante se representa en la Figura 2.

Figura 2: Curva de la demanda estimada



3.2. Estimación del coste de fabricación

Hemos estimado el coste de un prototipo de rueda que integre los elementos antes mencionados, consultando precios de distintos fabricantes de componentes. La Tabla 3 presenta el desglose de dicho coste. El coste resultante es 607,80 €.

En una producción en serie, ese coste es previsible que se reduzca considerablemente, ya que es común conseguir descuentos de los proveedores para compras de grandes cantidades. Asumiremos, entonces, una reducción global del 20% del coste, esto es, que el coste de fabricación de la rueda sería aproximadamente **486 €**.

3.3. Estimación de la rentabilidad

Para el estudio de rentabilidad de la producción de la rueda en el mercado español, vamos a suponer que partimos de un precio de venta de la rueda de **700 €**, es decir, algo menor que su precio actual, para poder competir mejor frente a los precios de los kits de conversión y los de las bicicletas eléctricas completas más baratas.

El coste de producción anual variará según lo haga la demanda ya que depende de ella, y ésta vendrá dada por la curva de la Figura 2. Podemos estimar el montante de la inversión inicial requerida como capital circulante, que asumiremos igual a un cuatrimestre del coste de producción anual. Por lo tanto, se ha calculado la media del coste anual durante todo el periodo considerado (10 años) y se ha tomado un tercio de este valor como inversión en representación a un cuatrimestre del coste anual.

Aparte del coste de fabricación, otros costes anuales considerados han sido: *royalties* (5% de las ventas), amortizaciones (10% de la inversión), gastos generales, tales como costes administrativos, de distribución y marketing, y de I+D+i (15% del coste de producción) e impuestos (25% de los beneficios brutos).

Con estas premisas, se ha estimado la rentabilidad calculando el Valor Actualizado Neto (VAN) correspondiente para distintas tasas de actualización o tasas de interés mínimo aceptable, entre 5 y 30%, para un periodo de 10 años.

Tabla 3: Coste estimado de un prototipo de rueda de bicicleta inteligente

Componente	Nº de unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Neumático (Decathlon, 2021)	1	15,00	15,00
Carcasa ABS (Koci, 2020)	1	10,00	10,00
Llanta + motor (Ciclotek, 2021)	1	160,00	160,00
Módulo de control:			
Sensor de humedad/temperatura (Electan, 2021)	1	6,85	6,85
Sensor de calidad del aire (Electan, 2021)	1	17,50	17,50
Microcontrolador (TodoElectronica, 2021)	2	5,93	11,86
Módulo GSM/GPRS (TodoElectronica, 2021)	1	48,55	48,55
Baterías (AliExpress, 2021)	18	7,00	126,00
Bluetooth (TodoElectronica, 2021)	1	20,82	20,82
Driver (TodoElectronica, 2021)	1	27,43	27,43
Total coste material			444,01
Montaje (17% del coste total)			103,00
Costes auxiliares (10% del coste total)			60,79
TOTAL			607,80

En la Tabla 4 se muestra la estimación de los flujos anuales de caja para una tasa de actualización del 10%. En este caso, se obtendría un VAN de **1.622 k€** y la inversión inicial (2.046 k€) se recuperaría en el 6º año, tras la venta acumulada de unas 40.000 unidades.

Asimismo, se han repetido los cálculos para los casos en que la demanda aumente o se reduzca un 10% o un 20% respecto a los valores previstos en la curva de la Figura 2, manteniendo la forma de la curva y la misma inversión inicial. Los resultados del VAN obtenido en estos casos para las distintas tasas de actualización de los flujos de caja, se muestran en la Figura 3.

A partir de dichos cálculos, puede estimarse también la Tasa Interna de Retorno (TIR). Dado que equivale a la tasa de interés que hace que el VAN sea 0, coincide con el valor de dicha tasa que cruza el eje de abscisas en la Figura 3, para cada curva de VAN. Los valores de TIR resultantes aparecen en la Tabla 5.

Tabla 4: Estimación del VAN con una tasa de actualización del 10% para un periodo de 10 años, según la curva de demanda de la Fig. 2. Cantidades en k€

Año:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión inicial	2046	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coste de fabricación	0	415	2037	4717	5831	6038	6070	5674	5402	5279	5315
Gastos generales	0	115	421	928	1139	1178	1184	1109	1058	1035	1042
Amortizaciones	0	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
Royalties	0	30	147	340	420	435	437	409	389	380	383
Total Coste de producción	0	764	2810	6189	7595	7856	7896	7396	7054	6899	6944
Ingresos por ventas	0	598	2934	6793	8399	8697	8742	8172	7781	7604	7656
Beneficio bruto	0	-166	124	604	804	841	847	776	727	705	711
Impuestos	0	0	31	151	201	210	212	194	182	176	178
Beneficio neto	0	-166	93	453	603	631	635	582	545	529	534
Cash-flow	-2046	38	298	658	807	835	840	786	750	733	738
Cash-flow actualizado	-2046	35	246	494	552	519	474	404	350	311	285
VAN	-2046	-2012	-1766	-1271	-720	-201	273	676	1026	1337	1622

Figura 3: Variación del VAN en función de la tasa de actualización y del incremento/decremento de la demanda

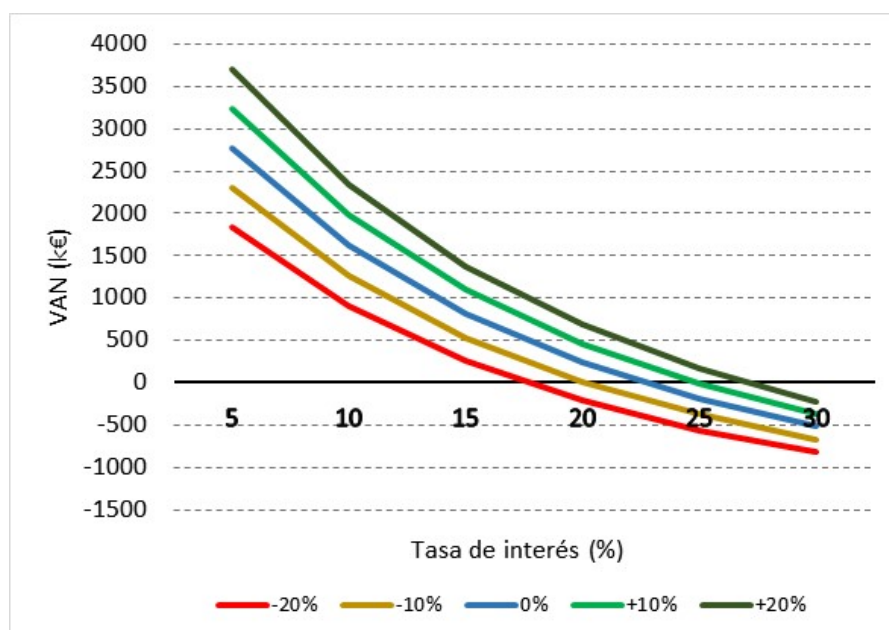


Tabla 5: Índice TIR en función del aumento o disminución de la demanda

Incremento/decremento de la demanda (%)	TIR (%)
0	22,6
+10	24,8
-10	20,1
+20	27,0
-20	17,6

Si consideramos que la tasa mínima de interés aceptable es 10%, entonces puede deducirse que el proyecto puede ser interesante, desde el punto de vista de la rentabilidad, con la curva

de demanda estimada, pues el TIR dobla esa tasa incluso con una reducción de la demanda del 10% y sigue siendo superior al 10% con una reducción de la demanda del 20%. Según nuestros cálculos, la rentabilidad mínima (TIR=10%) con el precio de venta de 700 € se alcanzaría con una reducción de la demanda de hasta -45%; o bien reduciendo el precio de venta hasta 658 € si se mantuviera la demanda prevista.

4. Viabilidad ambiental

Cuando se comparan los distintos modos de transporte a menudo se presenta a la bicicleta cómo una opción de cero emisiones. Esto es erróneo dado que, si bien es cierto que durante su uso una bicicleta como tal no emite gases de combustión, su proceso de fabricación sí que implica tales emisiones.

La Federación Europea de Ciclistas realizó una evaluación del ciclo de vida de distintos modos de transporte y los comparó respecto a sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como gramos de CO₂ equivalente por km recorrido (g CO₂e/km) (ECF, 2011).

En ese estudio se estima que una bicicleta urbana convencional pesa unos 19,9 kg y está constituida por 14,6 kg de aluminio, 3,7 kg de acero y 1,6 kg de goma, que durará unos 8 años y que cubrirá una distancia de 2.400 km/año. Utilizando estos datos, el estudio estima que la producción y mantenimiento de dicha bicicleta suponen aproximadamente 5 g de CO₂e/km. A todo esto cabe añadir que el uso de la bicicleta provoca un aumento del consumo de calorías por parte del usuario. Si se tiene en cuenta que en la UE la ingesta diaria de kilocalorías es de 3.466 y que dichos alimentos suponen un impacto de 1,83 toneladas de CO₂e por año y por persona, esto da una relación de 1,44 g de CO₂e por kilocaloría. Basándose en que un adulto de 70 kg quemaría 11 kilocalorías por km recorrido en bicicleta se obtiene que la emisión de CO₂e de un ciclista es de 16 g de CO₂e/km. Por lo tanto, el uso de una bicicleta emite un total de 21 g CO₂e/km recorrido.

Tabla 6: Emisiones de CO₂e por km recorrido y pasajero para distintos modos de transporte (elaboración propia a partir de datos de ECF, 2011).

Modo de transporte	Producción	Explotación	Total
Bicicleta convencional	5	16	21
Bicicleta eléctrica	7	15	22
Automóvil (turismo)	42	229	271
Autobús	6	95	101

En el caso de una bicicleta eléctrica, se requiere conocer, aparte del ciclo de vida del producto, la emisión vinculada a la producción de la electricidad requerida. Se estima que las emisiones de CO₂e de las bicicletas eléctricas son aproximadamente 16 g/km, de los cuales 7 g/km proceden de la producción y mantenimiento y 9 g/km corresponden a la producción de electricidad requerida (ECF, 2011). Para la ingesta de calorías, el estudio estima que un adulto que pese 70 kg quemaría 4,4 kilocalorías por km recorrido en bicicleta eléctrica, que equivaldría a un consumo aproximado de CO₂e de 6 g/km. Por lo tanto, podemos decir que

una bicicleta convencional convertida a eléctrica mediante la rueda de bicicleta inteligente supondría un total de emisiones de **22 g CO₂e/km recorrido**.

Esta ratio es entre 4,5 y 12 veces menor que la que presentan otros modos de transporte, como el coche o el autobús (ver Tabla 6).

5. Conclusiones

Debido a la creciente preocupación por la contaminación atmosférica y a las medidas de reducción de emisión de GEI, la bicicleta ha vuelto a resurgir en España como una alternativa de transporte urbano, limpio y sostenible. El aumento de las ventas de bicicletas, en general, y de las eléctricas, en particular, durante estos últimos años y de las políticas que fomentan su uso son prueba de ello.

Los datos recogidos sobre la facturación en el mercado de la bicicleta en España son positivos y tanto éstos como la tendencia alcista del uso de la bicicleta resultan favorables para la introducción y la fabricación de la rueda de bicicleta inteligente en el mercado español. La gran facilidad con la que esta rueda permite transformar una bicicleta convencional en una bicicleta eléctrica “inteligente”, por las funciones extra que ofrece, hacen que sea un producto muy atractivo y, además, su precio es competitivo frente a los actuales kits de conversión y a las bicicletas eléctricas montadas.

Los estudios de viabilidad tanto económica como ambiental permiten afirmar que el proyecto en cuestión resultaría viable y se podría llevar a cabo, incluso con una menor demanda que la estimada a priori o con una reducción del precio de venta si se mantiene la demanda prevista.

Se puede pensar en la bicicleta eléctrica inteligente como una opción de futuro para fomentar medios de transporte urbanos menos contaminantes y que contribuyan a la descongestión de la circulación en las ciudades.

6. Referencias

- AliExpress (2021). *Batería de polímero de iones de litio*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: <https://es.aliexpress.com/item/32778239975.html>
- AMBE, Asociación de Marcas y Bicicletas de España (2021). *Datos del mercado español*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: <http://asociacionambe.com/recursos-2/>
- Areppim AG (2021). *S-curve (logistic function) calculator*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: http://stats.areppim.com/calc/calc_scurve.php
- Campillos, G. (2015). *Estudio de viabilidad económica y ambiental de una smart bike*. TFG. ETSEIB, Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26521/memoria%20y%20anexos%20A,%20B%20y%20C.pdf>
- Ciclotek (2021). *Motor ebike Platinum 250 W*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: <https://ciclotek.com/es/motores-ebike/9256-motor-ebike-platinum-250-350-watt-trasero-28-rosca.html>
- Decathlon (2021). *Neumático BTWIN*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: https://www.decathlon.es/es/p/neumatico-btt-all-terrain-5-speed-varillas-rigidas-26-x-2-00/_R-p-109?mc=8299590&c=NEGRO
- ECF, European Cyclist's Federation (2011). *Cycle more often 2 cool down the planet!* Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: <https://www.ecf.com/system/files/Quantifying%20CO2%20savings%20of%20cycling.pdf>

- EcolInventos (2017). *Copenhagen Wheel. Bicicleta eléctrica en cuestión de segundos*. Recuperado el 14 de febrero de 2021 de: <https://ecoinventos.com/copenhagen-wheel/>
- Electan (2021). *Sensores*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: <https://www.electan.com/sensores-c-140.html>
- Estrategia Magazine (2020). *El ciclo de vida de los productos*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: <https://www.estrategiamagazine.com/administracion/el-ciclo-de-vida-de-los-productos-ciclo-de-exito-ciclo-de-fracaso-lanzamiento-crecimiento-desarrollo-madurez-declinacion-retiro/>
- Koci, J. (2020). *How to calculate 3D printing costs?* Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: https://blog.prusaprinters.org/how-to-calculate-printing-costs_38650/
- MIT, Massachusetts Institute of Technology (2009). *The Copenhagen Wheel*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: <http://senseable.mit.edu/copenhagenwheel/>
- MIT, Massachusetts Institute of Technology (2011). *Hybrid sensor-enabled electric wheel and associated systems, multi-hub wheel spoking systems, and methods of manufacturing and installing wheel spokes*. Patente US20110133542.
- OCU, Organización de Consumidores y Usuarios (2014). *Encuesta sobre la satisfacción de los ciclistas en las ciudades españolas*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: <http://www.ocu.org/organizacion/prensa/notas-de-prensa/2014/satisfaccion-ciclistas>
- Rodríguez de Luis, E. (2020). *Guía de compra para convertir tu bicicleta en una bici eléctrica: recomendaciones y modelos destacados*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: <https://www.xataka.com/seleccion/guia-compra-para-convertir-tu-bicicleta-bici-electrica-recomendaciones-modelos-destacados-1>
- Theebikemotor (2021). *36V1000W hub motor electric bike conversion kit sine-wave controller + tire + LCD*. Recuperado el 16 de mayo de 2021 de: <http://www.theebikemotor.com/productshow.asp?ArticleID=1626&title=36V1000W%20Hub%20Motor%20Electric%20Bike%20Conversion%20Kit%20Sine-Wave%20Controller%20+Tire%20+%20LCD&bigclassname=Products&smallclassname=E-Bike%20Kits%20with%20KT%20Controller>
- TodoElectronica (2021). *Tienda online de componentes electrónicos*. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de: <https://www.todoelectronica.com/>

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

