

Trabajo Final de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Diseño funcional y plan de negocio de un módulo de sonido para vehículos eléctricos

MEMORIA

Autores: Carolina Gil-Penna Alier
Blanca Marín Campo
Director: Joaquín Fernández
Convocatoria: Enero 2020



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resumen

El objetivo de este proyecto es realizar un diseño de un módulo de sonido para vehículos eléctricos: motos, bicicletas y patinetes. Este consta de un sensor conectado a un teléfono móvil y un altavoz, utilizando una conexión bluetooth se emite un sonido de alerta. El usuario puede a través de una APP, personalizar los tonos, cumpliendo en todo momento las condiciones de la normativa europea. Esta nueva legislación de la Unión Europea, referente a los coches eléctricos, obliga a emitir un sonido cuando la velocidad es inferior a los 20 km/h. En este proyecto se adoptan estas condiciones para bicicletas, motos y patinetes.

Se concluye con un estudio económico para calcular el coste del módulo. Este incluye todos los costes asociados a los componentes, desarrollo informático y fabricación, al igual que un cálculo de amortización de costes.

Visión general

Desde hace varias décadas el rápido avance de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) se ha visto reflejado en todos los aspectos de nuestra sociedad. Este desarrollo ha generado la creación de nuevas aplicaciones y elementos tecnológicos llamando la atención de nuevos usuarios, empresas e instituciones para hacer uso de ellos.

Dentro de este crecimiento, uno de los sectores más afectados por el avance de la tecnología es el sector automovilístico. No solo por el desarrollo a nivel hardware que ha permitido el diseño y uso de vehículos completamente autónomos, sino también por la expansión de los Smartphone y sus aplicaciones. Debido a la globalización, ciertas aplicaciones relacionadas con este sector han conseguido cambiar el uso de los automóviles, incentivando el uso compartido de los vehículos.

No obstante, la Unión Europea se ha pronunciado respecto a la ausencia acústica de estos vehículos. En Julio de 2019, la UE lanzó una ley por la cual los vehículos eléctricos deben emitir un sonido cuando circulen a una velocidad inferior a 20 km/h. No es necesario que se active este sonido cuando se supere este valor umbral de 20 km/h, ya que el que genera el propio vehículo cuando giran los neumáticos a velocidades más altas se considera suficiente para poder percibirlo.

Así pues, la idea de este dispositivo es lograr un equilibrio entre la obligación y la funcionalidad. Este mismo busca que el usuario pueda disfrutar del uso del vehículo teniendo en cuenta su entorno: ciudadanos y medio ambiente.

Índice

ÍNDICE	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	10
1. GLOSARIO	13
2. PREFACIO	16
2.1. Origen del proyecto.....	16
2.1.1. Introducción.....	16
2.1.2. Estudio de alternativas	17
2.1.3. Solución adoptada	18
2.1.4. Conclusión	20
2.2. Motivación.....	21
3. INTRODUCCIÓN	23
3.1. Punto de partida.....	23
3.2. Objetivos del proyecto	23
3.3. Alcance del proyecto.....	23
3.4. Limitaciones del proyecto	24
4. ESTADO DEL ARTE	25
4.1. Vehículos	25
4.1.1. Coches.....	25
4.1.2. Motos	27
4.1.3. Bicicletas.....	28
4.1.4. Patinetes	29
4.1.5. Monopatín eléctrico.....	30
4.1.6. Sillas de ruedas eléctricas.....	31
4.2. Conceptos generales	31
4.2.1. Clasificación de vehículos	31
4.2.2. Distancia de frenado	33
4.2.3. Nivel sonoro	35
4.3. Normativa.....	36
4.3.1. Normativa Europea	36
4.3.2. Normativa local	40
4.4. Estudio de accidentes.....	42
4.5. Componentes.....	47

4.5.1. Sensor.....	47
4.5.2. Controlador	56
4.5.3. Actuador.....	58
5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA _____	66
5.1. Valoración y selección de componentes.....	66
5.1.1. Sensor.....	66
5.1.2. Controlador	68
5.1.3. Altavoz	68
5.1.4. Solución	70
5.2. Valoración y selección de vehículos	70
5.2.1. Vehículos seleccionados.....	72
5.2.2. Vehículos no seleccionados.....	72
5.3. Soportes y ensamblaje de los componentes en el vehículo.....	73
6. DISEÑO FINAL _____	79
6.1. Características	79
6.1.1. Volúmenes	79
6.1.2. Prototipo.....	79
6.1.3. Materiales	81
6.2. Funcionamiento del módulo.....	82
6.2.1. Funcionamiento general.....	82
6.2.2. Instalación del módulo en el vehículo.....	85
6.3. Funcionamiento de la APP	85
6.3.1. Conexión con el teléfono móvil	85
6.3.2. Prestaciones de la APP	86
7. ESTUDIO ECONÓMICO _____	90
7.1. Costes de estructura	90
7.1.1. Módulo	90
7.1.2. Aplicación móvil	92
8. CONCLUSIONES _____	95
9. CONTINUIDAD DEL PROYECTO _____	96
10. AGRADECIMIENTOS _____	97
11. BIBLIOGRAFÍA _____	98
11.1. Referencias bibliográficas.....	98
11.2. Bibliografía complementaria	100
11.2.1. Vehículos eléctricos	100
11.2.2. Normativa y regulaciones.....	101

11.2.3. Componentes.....	101
11.2.4. Información de proveedores.....	102
11.2.5. Información adicional	103

Índice de tablas

Tabla 1: Peso y dimensiones de los componentes y carcasa	19
Tabla 2: Costes totales de producción del módulo	21
Tabla 3: Listado de coches eléctricos.....	27
Tabla 4: Listado de motos eléctricas	28
Tabla 5: Listado de bicicletas eléctricas	29
Tabla 6: Listado de patinetes eléctricos.....	30
Tabla 7: Características de un monopatín eléctrico ^[16]	30
Tabla 8: Características de una silla de ruedas eléctrica.....	31
Tabla 9: Resumen clasificación de vehículos de movilidad urbana ^[18]	32
Tabla 10: Tipos de vehículos ^[20]	33
Tabla 11: Distancias de frenado de una motocicleta en diferentes condiciones ^[24]	35
Tabla 12: Información sobre los niveles de requisitos de ruido ambiental ^[26]	36
Tabla 13: Requisitos mínimos de nivel de sonido en dB	39
Tabla 14: Limitaciones de circulación de los VMU en Barcelona ^[29]	42
Tabla 15: Clasificación y resumen de accidentes.....	46
Tabla 16: Clasificación de sensores y precios por proveedores.....	50
Tabla 17: Características sensor JRT M703A	52
Tabla 18: Características sensor FST – 50A.....	53
Tabla 19: Características Sistema FenSens Smart Wireless Parking	54
Tabla 20: Características sensor HC-SR04.....	55
Tabla 21: Módulo Bluetooth RS232 TTL ^[43]	56
Tabla 22: Clasificación de altavoces y precios por proveedores	60

Tabla 23: Características del altavoz EWA-A106	61
Tabla 24: Características del altavoz Zealot S1	62
Tabla 25: Características del altavoz MakeTheOne	63
Tabla 26: Características del altavoz Neuftech	64
Tabla 27: Selección sensor según parámetros establecidos.....	66
Tabla 28: Precios componentes sensor	67
Tabla 29: Selección altavoz.....	69
Tabla 30: Valoración de vehículos.....	71
Tabla 31: Opciones de componentes	74
Tabla 32: Características de los ensamblajes	74
Tabla 33: Dimensión y volumen de cada componente	79
Tabla 34: Propiedades metales.....	81
Tabla 35: Sistemas operativos disponibles para la instalación de la APP	86
Tabla 36: Sonidos APP	86
Tabla 37: Costes de componentes	91
Tabla 38: Costes de fabricación	91
Tabla 39: Costes de distribución	92
Tabla 40: Costes de desarrollo.....	92
Tabla 41: Costes de implementación AppStore	93
Tabla 42: Coste de mantenimiento AppStore.....	93
Tabla 43: Costes de implementación GooglePlay	93
Tabla 44: Costes del software según unidades	93
Tabla 45: Precios de venta al público	94

Tabla 46: Resultado de los objetivos..... 95

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Características básicas del módulo, compuesto por tres elementos	18
Ilustración 2: Diseño del módulo	19
Ilustración 3: Interfaz de configuración del sonido	20
Ilustración 4: Esquema de fases de reacción	34
Ilustración 5: Distancias de frenado ^[23]	34
Ilustración 6: Esquema normativas emisiones acústicas	40
Ilustración 7: Limitaciones de circulación de los VMU en Barcelona ^[28]	41
Ilustración 8: Estructura básica del transductor ^[38]	47
Ilustración 9: Sensor JRT M70 y módulo de distancia de conexión al sensor	53
Ilustración 10: Sensor FST- 50A	54
Ilustración 11: Sistema FenSens Smart Wireless Parking	55
Ilustración 12: Sensor HC-SR04	55
Ilustración 13: Bluetooth RS232 TTL	56
Ilustración 14: Esquema básico de control ^[44]	56
Ilustración 15: Esquema placa Arduino	57
Ilustración 16: Altavoz EWA-A106	62
Ilustración 17: Altavoz Zealot S1	63
Ilustración 18: Altavoz MakeTheOne	64
Ilustración 19: Altavoz Neuftech	65
Ilustración 20: Esquema de componentes	70
Ilustración 21: Servicios de movilidad compartida en Madrid en 2018 (fuente: OVEMS)	72
Ilustración 22: Ensamblaje trabajo base	75

Ilustración 23: Chaleco reflectante	76
Ilustración 24: Tipo de cascos según vehículos	76
Ilustración 25: Ejemplos de sujeciones en cascos	77
Ilustración 26: Colgante de móvil	77
Ilustración 27: Riñonera	78
Ilustración 28: 3D del Conjunto sonoro	80
Ilustración 29: Diagrama de bloques fase de detección mediante sensor	82
Ilustración 30: Diagrama de bloques funcionamiento mediante sensor	83
Ilustración 31: Diagrama de bloques fase de detección mediante ubicación	83
Ilustración 32: Diagrama de bloques funcionamiento mediante GPS	83
Ilustración 33: Diagrama de componentes	84
Ilustración 34: APP en pausa sin detección GPS ni sensor	87
Ilustración 35: APP activada con detección GPS y sensor	88
Ilustración 36: Configuración de los sonidos	88
Ilustración 37: Funcionamiento general APP	89

1. Glosario

Lista de acrónimos y abreviaciones

ATMEL: Advanced Technology for Memory and Logic (tecnología avanzada para la memoria y la lógica)

AUVMP: Asociación de Usuarios de Vehículos de Movilidad Personal

AVAS: Acoustic Vehicle Alerting Systems (sistemas de alerta acústica de vehículos)

DGT: Dirección General de Tráfico

EPA: Environmental Protection Agency (agencia de protección ambiental)

GPS: Global Positioning System (sistema de posicionamiento global)

IDE: Integrated Development Environment (desarrollo integrado/interactivo)

IEA: International Energy Association (asociación internacional de energía)

ISO: Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization)

IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido

N.D: No Disponible

N.E: No Especificado

PSEA: Pedestrian Safety Enhancement Act (ley de mejora de la seguridad de los peatones)

RACC: Reial Automòvil Club de Catalunya (pertenece a la categoría del transporte)

SAAV: Sistema de Aviso Acústico de Vehículos

VAN: Valor Actual Neto

VE: Vehículo Eléctrico

VMP: Vehículos de Movilidad Personal

VMU: Vehículos de Movilidad Urbana

Definiciones

Altavoz: Transductor electroacústico utilizado para la reproducción de un sonido.

Cambio de tono: Técnica de grabación de sonido en la que se sube o baja el tono original de un sonido.

Decibelio (dB): Escala logarítmica, definida como diez veces el logaritmo de la relación de una cantidad física a un valor de referencia estándar. Utilizado para expresar mediciones de presión sonora.

Hertz (Hz): Un ciclo por segundo. Es la unidad de medida asociada a la frecuencia.

IDE: Aplicación informática que proporciona servicios integrales para facilitarle al desarrollador o programador el desarrollo de software.

Impedancia: Medida de la oposición que presenta un circuito a una corriente cuando se aplica una tensión (voltaje).

Microcontrolador: Dispositivo de control que incorpora un microprocesador.

Miniaturización: Proceso de hacer algo muy pequeño usando tecnología moderna.

Módulo: Elemento con función propia concebido para poder ser agrupado de distintas maneras con otros elementos constituyendo una unidad mayor.

Organización para la cooperación económica y el desarrollo (OECD/OCDE): Organización económica intergubernamental con 35 países miembros, fundada en 1961 para simular el progreso económico y el comercio mundial.

Rango de medición: Corriente máxima (IPMAX) o voltaje (UPMAX) que el sensor puede medir con el efecto Hall. Se administra para condiciones operativas específicas.

Ruido: Sonido no deseado.

Sensor: Dispositivo de entrada (que forma parte de un sistema más grande) que proporciona entrada a un sistema de control principal, como por ejemplo un procesador o microcontrolador.

Sistema de generación de sonido externo: Sistema de audio con altavoces externos, que proporciona advertencias, sonidos, al entorno externo del vehículo, además del ruido generado por el propio vehículo. También llamado sistema de vehículo audible (AV-System o A VS).

Sonido: Sensación o impresión producida en el oído por un conjunto de vibraciones que se propagan por un medio elástico, como el aire.

Sonido de alerta: Sonido externo emitido por un vehículo silencioso cuyo objetivo es advertir sobre la presencia de otro vehículo en movimiento cerca.

Transductor: Dispositivo que tiene la misión de recibir energía de una naturaleza eléctrica, mecánica, acústica, etc., y suministrar otra energía de diferente naturaleza, pero de características dependientes de la que recibió. Aquellas partes de una cadena de medición que transforman una magnitud física en una señal eléctrica.

Vehículo eléctrico (EV): Vehículo propulsado por una batería.

Vehículo híbrido (HV): Vehículo propulsado por sistemas híbridos (electricidad o combustible).

Vehículo eléctrico híbrido (HEV): Tipo de vehículo eléctrico que no solo tiene incorporada una batería y un sistema de motor eléctrico, sino que también un motor de combustión interna (ICE).

Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV): Vehículo eléctrico híbrido cuya batería se puede recargar enchufándola a una fuente externa de energía eléctrica, así como por su motor y generador a bordo.

Vehículo de motor: Vehículo propulsado por un motor de combustión interna como único medio de propulsión.

2. Prefacio

2.1. Origen del proyecto

Hace un año se publicó en la página web upcommons el proyecto “*Sound Module Report*”, desarrollado por María Yañez, exalumna de la ETSEIB.

María desarrolló el proyecto “*Functional and formal component design for an electric motorbike “Sound Module”*”. Este trabajo es la base desde el cual parte el actual.

El resumen su memoria se estructura en tres partes:

1. Introducción del proyecto (conflicto a resolver, motivación y objetivos)
2. Descripciones técnicas y soluciones adaptadas
3. Conclusión del trabajo: punto de partida de este nuevo proyecto

2.1.1. Introducción

“El conflicto por resolver nace de la necesidad de una señal o sonido emitida por los vehículos eléctricos alertando de su presencia, pese a que su objetivo es disminuir la contaminación acústica, para reducir accidentes. Una posibilidad sería un pitido repentino capaz de alertar al conductor, provocando su reacción. En Estados Unidos entró en vigor el 1 de septiembre de 2019 una ley en la que todos los vehículos de cuatro ruedas, tanto híbridos como eléctricos, que pesen menos de 4,5 toneladas deberán emitir sonidos que adviertan de su presencia cuando se circula a una velocidad inferior a 30 km/h. Ha sido el primer organismo público en establecer una regulación relativa a los mínimos de emisiones sonoras necesarios para los vehículos eléctricos.

Los coches eléctricos e híbridos tienen un 10% más de posibilidades de atropellar a un peatón y se ha estimado que se podría reducir hasta un 50% la posibilidad de sufrir un accidente.

Aunque en el mercado de la automoción ya existen modelos de automóviles que emiten ciertos sonidos cuando circulan a baja velocidad, esta cuestión no está resuelta aun en las motocicletas eléctricas. Se trata de un medio de transporte eficaz y muy eficiente por la cantidad de espacio urbano que ocupan.

El objetivo del trabajo es diseñar un módulo de sonido para una moto eléctrica, con el fin de disminuir la cantidad de accidentes. Este problema no solo involucra al conductor, sino que también al peatón. Por un lado, el conductor no percibe ruidos durante la conducción y puede quedarse dormido fácilmente. Por otro lado, la creciente distracción debido al uso

de las tecnologías provoca que la sociedad sea cada vez más vulnerable a este tipo de accidentes. Esto también se debe a que los vehículos eléctricos o híbridos son más difíciles de percibir.

Se quiere encontrar y diseñar el módulo con la intención de incorporarlo a cualquier motocicleta eléctrica, aunque puedan aparecer algunas variantes en función de los distintos modelos. Todo esto según los criterios del mercado y siguiendo las pautas de un proyecto industrial. También adaptándolo a las condiciones y aptitudes existentes en nuestra sociedad.

Otro objetivo es mejorar los puntos débiles de este medio de transporte y contribuir al desarrollo y motivación de su evolución. Se busca algo que pueda ser útil para su desarrollo, sabiendo que en un futuro reciente se investigará a fondo y será posiblemente implementado.

La realización del proyecto ha estado motivada por numerosos factores. Uno de ellos son las nuevas tecnologías, ya que permiten crear nuevos avances en la sociedad a través de la innovación o mejora de los productos existentes. En los últimos años la innovación de las motos eléctricas ha evolucionado rápidamente.

El vehículo seleccionado en este proyecto son las motos eléctricas, en especial las de la flota de la aplicación eCooltra, un modelo de la marca GOVECS. Se trata de un invento de reciente aparición en el mercado con un crecimiento inminente. Una de las grandes ventajas de los medios de transporte eléctrico es al mismo tiempo una de sus mayores desventajas: la ausencia de ruido. “Varios estudios predicen un enorme aumento en las ventas de motocicletas eléctricas para el año 2025, y también pronostican un aumento de aproximadamente 1,5 millones de ventas de este transporte en la próxima media década”^[1]. El número de Startups de VEⁱ ha aumentado notablemente en los últimos años y con pronóstico de intensificarla en los próximos años”.

2.1.2. Estudio de alternativas

“El módulo consta de tres bloques, estructurados así:

ⁱ VE: Vehículos eléctricos

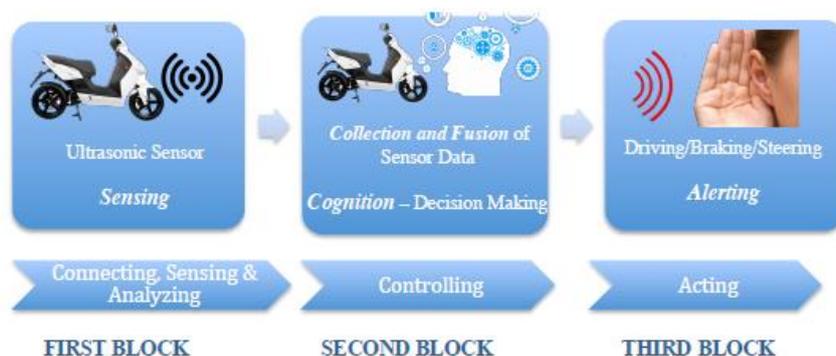


Ilustración 1: Características básicas del módulo, compuesto por tres elementos

Una primera posibilidad es la opción implementada en la mayoría de los coches eléctricos, emitir un sonido continuo hasta un límite de velocidad. Este límite, varía según las condiciones de circulación del vehículo. El sonido, que simula el de un coche de combustión, se emite siempre según los decibelios permitidos para la circulación en ciudad.

Un estudio de la Western Michigan University^[2] realizado en 2008 afirmó que los vehículos híbridos y convencionales son seguros cuando viajan a velocidades superiores a 30 km/h. Hasta estas velocidades, conocidas como velocidades cruzadas, factores como la resistencia al viento o el ruido de los neumáticos ya son útiles para alertar. Por lo tanto, no sería obligatorio emitir un sonido frente a estas situaciones.

Parece más apropiado implementar un sistema que no emita sonido constantemente. Se pretende reducir al máximo el ruido en la ciudad para crear menos contaminación acústica.

Se propone la alternativa de crear un botón sobre el cual el conductor pueda activar o desactivar la opción del sonido. Sin embargo, el PSEAⁱ ordena que la activación del sonido de la alerta no deba depender del conductor. Muchas personas se han mostrado escépticas ante la posibilidad de que el conductor pueda apagar el sonido, ya que permite a los conductores desactivar esta importante función de seguridad y con ello poner en peligro a los peatones”.

2.1.3. Solución adoptada

“El sistema de módulo de sonido es un kit portátil listo para su uso, que incorpora la interfaz

ⁱ PSEA: Pedestrian Safety Enhancement Act. (Ley de mejora de la seguridad de los peatones)

Enlace: <https://www.congress.Gov/111/plaws/publ373/PLAW-111publ373.pdf>

y las herramientas necesarias, teniendo una conciencia sostenible. Se trata de una simplificación de software de automoción. Se basa en un sensor, un microcontrolador y un altavoz, personalizados para un alto rendimiento y de bajo consumo energético. Para hacer un buen diseño es importante identificar los criterios principales y más importantes de cada uno de los componentes del proyecto.

Se eligen los siguientes componentes (para el módulo):

- Sensor: TF02 Lidarⁱ
- Microcontrolador: UNO - Arduinoⁱⁱ
- Altavoz: SBS12M1PCⁱⁱⁱ

Posteriormente, se lleva a cabo un diseño mediante el programa Solidworks, con el fin de poder ensamblar todos los componentes y adaptar el aparato a las motocicletas GOVECS. A continuación, se presenta un esquema del diseño final y una tabla resumen con las respectivas dimensiones.

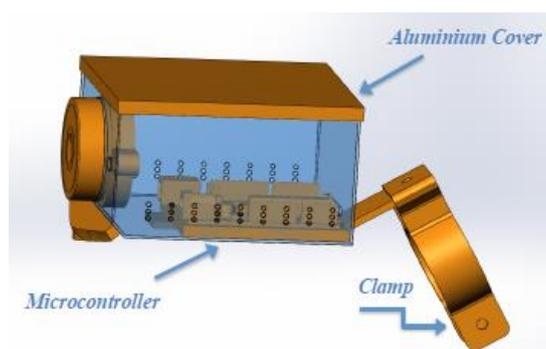


Ilustración 2: Diseño del módulo

Componente	Peso	Dimensiones
Sensor	52 g	6,2 x 4,6 x 2,6 cm
Microcontrolador	25 g	6,86 x 5,34 cm
Altavoz	32 g	Ø=4,45 cm Altura: 1,50 cm
Carcasa	5,4 kg*	Variable en volumen
Peso total	5,509 kg	-

Tabla 1: Peso y dimensiones de los componentes y carcasa

ⁱ Ver Anexo A

ⁱⁱ Ver Anexo B

ⁱⁱⁱ Ver Anexo C

**Se considera una placa de aluminio de tamaño 2000x1000 mm y espesor de 1 mm, con un peso de 5,40 kg. Es suficiente para construir la carcasa, pero pueden aparecer variaciones en el peso total.*

La implementación del sistema de sonido está relacionada con la selección de sonido de algunos dispositivos eléctricos, como teléfonos o tablets. Se puede elegir entre una variedad de sonidos. Estos sonidos pueden configurarse y ajustarse a través de una aplicación, conectando automáticamente cada vez que el conductor esté cerca de la motocicleta”.

“Las pantallas del teléfono móvil que mediante Bluetooth se conectaría al módulo para poder ajustar los sonidos son”:

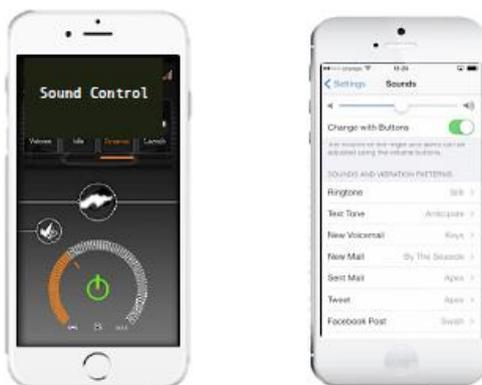


Ilustración 3: Interfaz de configuración del sonido

2.1.4. Conclusión

“Una vez finalizado el proyecto es importante ver si se ha logrado su objetivo: equipar las motocicletas eléctricas con AVAS para crear un sonido artificial. Para hacerlo posible, se ha encontrado una combinación de elementos adaptables a las motos disponibles en la flota de la empresa eCooltra.

La base del diseño del producto es descrita según:

- 1. Estudio de diferentes alternativas: diferentes criterios y variables en relación con cada componente*
- 2. Elección de la alternativa óptima*
- 3. Diseño del proyecto*

4. Ejemplo de aplicación a una motocicleta

En términos económicos, si el kit se introduce en una flota de 1.000 motos, tiene un precio de 291.094,50 €; disminuyendo el coste por unidad (291.094,5 €/unidad), ya que el precio de una unidad no debería ser el mismo que el de una producción en serie de esta.

Concepto	1 unidad	100 unidades	500 unidades	1000 unidades
Sensor + Microcontrolador + Altavoz	121,75 €	10.418,00 €	49.090,00 €	92.180,00 €
Resto del módulo	248,86 €	19.936,45 €	99.482,25 €	198.914,50 €
TOTAL	370,61 €	30.354,45 €	148.572,25 €	291.094,50 €

Tabla 2: Costes totales de producción del módulo

El resultado de este estudio puede ser el inicio de la comercialización de un producto. Además, este podría dar una idea a empresas de renombre para innovar en sus vehículos de dos ruedas, viendo más allá de los diseños básicos actuales y reduciendo el número de accidentes”.

2.2. Motivación

La motivación principal a la realización de este trabajo es poder diseñar un módulo de sonido para vehículos eléctricos, con el objetivo de convertirlo en un proyecto real a largo plazo.

Se parte de un proyecto anterior, en el cual se realiza un análisis de los componentes necesarios para idear este conjunto. El proyecto de base se centra en idear un módulo para un modelo específico de moto de una empresa de alquiler. En este nuevo, queremos expandirlo a otro tipo de vehículos, puesto que cada vez son más las personas que usan los vehículos eléctricos como método de transporte en las grandes ciudades. El resultado de la poca regulación y falta de alerta acústica han desencadenado muchos accidentes, en ocasiones mortales. Por estas razones, creemos que este proyecto roza el punto de necesidad en nuestra sociedad.

Este proyecto se puede entender como una previsión de futuro, puesto que la Unión Europea ya ha lanzado una normativa para los coches eléctricos y debido a las razones

anteriores se cree que no tardará en posicionarse respecto al resto de vehículos eléctricos.

Pretendemos hacer un proyecto que se acerque, en la medida de lo posible, a la realidad. Este concluirá con un estudio económico que permite hacerse la idea del coste de sacarlo adelante. Se estandariza para poderlo presentar y pueda proporcionar ayuda a la sociedad en general; optimizando el punto débil de este tipo de vehículo: la ausencia de ruido.

3. Introducción

3.1. Punto de partida

Se tiene en cuenta que se puede aplicar la solución propuesta previamente a otros tipos de vehículos, incluidos aquellos que no son eléctricos pero que no emiten sonido, como pueden ser las bicicletas, patines y patinetes, entre otros.

El sensor, el microcontrolador y el altavoz son tres opciones para considerar que responden al buen funcionamiento del módulo de sonido. Pueden aparecer otras alternativas que también podrían ser útiles. Este proyecto utiliza como punto de partida todos los componentes del módulo del proyecto anterior y amplía la tipología de los vehículos.

3.2. Objetivos del proyecto

El **objetivo principal** de este proyecto es definir un sistema de sonido portátil (o módulo de sonido) para vehículos eléctricos. Desarrollar un sistema acústico similar a AVAS (adaptado) mediante el cual el viandante sea consciente de la presencia de este tipo de vehículo en la vía urbana por la emisión de un ruido artificial.

La solución deberá cumplir los **objetivos secundarios** siguientes:

- Poder ser configurada desde un teléfono móvil
- Incluir los elementos de sujeción a la carrocería del vehículo
- Incluir funcionalidades de otros sistemas existentes en el mercado, como puede ser la ubicación por GPS^[1].
- Cumplir la normativa europea vigente en materia de seguridad vial, por tanto, se adaptará a las condiciones actuales y exigencias de la sociedad
- Optimizar los puntos débiles de este medio de transporte (relacionados con el sonido que emiten) y contribuir a su desarrollo y evolución
- Poder optimizarse posteriormente

3.3. Alcance del proyecto

Este trabajo ofrece una solución para el módulo de detección de presencia, emisión de

[1] GPS: Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System)

sonido y un diseño funcional para la aplicación móvil.

El resultado del proyecto pretende llegar a los siguientes tipos de usuarios:

- **Usuario ocasional:** Miembros de plataformas de “moto-sharing” o abonados a aplicaciones de alquiler de vehículos eléctricos: motos, patinetes o bicicletas. Estos usan estos vehículos de manera esporádica, no son propietarios. Son las empresas quienes deberán adquirir e instalar el módulo en su flota.
- **Usuario cotidiano:** Propietarios de vehículos eléctricos, quienes adquirirán e instalarán el módulo en sus propios vehículos.
- **Empresas:** Propietarios de los vehículos de alquiler repartidos por las ciudades. Podrán adquirir el módulo e instalarlo en sus vehículos, adaptando también su aplicación con la opción de sonido.

3.4. Limitaciones del proyecto

Las limitaciones del proyecto son:

- El diseño del sistema de sujeción del pack de sonido y presencia se limita a una cantidad reducida de vehículos y se ofrecen alternativas genéricas para los restantes.
- No se desarrolla el sistema informático de la APP, se ofrece únicamente interfaces de pantalla, un diseño de componentes y un diseño funcional.
- No se desarrolla el software del Arduino.
- No se desarrolla un prototipo físico, limitándose a un prototipo de diseño digital de la solución.
- El estudio de mercado se limita a la selección de componentes y de la aplicación para los vehículos seleccionados compatibles con el sistema de sujeción diseñado.
- No se realizará un *Business Plan* exhaustivo.
- Los niveles sonoros estarán regulados según la normativa. Por lo tanto, no se hablará de ninguna ISO^[1], ya que no se producirá más contaminación acústica de la permitida.

^[1] ISO: Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization)

4. Estado del arte

El módulo de sonido es un kit listo para su uso, que pretende incorporar la tecnología necesaria y herramientas, teniendo en cuenta el aspecto sostenible. Se trata de una simplificación de un software de automoción, basado en un sensor, un controlador (desde un teléfono móvil) y un altavoz, personalizados para un alto rendimiento y bajo consumo energético.

Es necesario:

- Concretar en qué tipo de vehículos el uso de este sistema puede ser útil.
- Analizar la normativa.
- Realizar un estudio de los accidentes provocados por vehículos eléctricos.
- Hacer un estudio detallado de las alternativas de los posibles componentes del módulo.

4.1. Vehículos

Un estudio reciente llevado a cabo por la consultora tecnológica *Accenture*, prevé que el número de vehículos eléctricos en España en 2025 sea de 200.000 y alcance los dos millones en 2.040^[3]. Con estos datos es previsible que la oferta de este tipo de vehículos aumente de manera considerable en los próximos años.

Los tipos de vehículos eléctricos pueden ser:

- Coches
- Motocicletas
- Bicicletas
- Patinetes
- Longboards
- Silla de ruedas

Con esta propuesta se pretende contribuir en:

- La limitación del constante aumento de la temperatura global.
- La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

4.1.1. Coches

A fecha diciembre de 2018, existían en el mundo 5,3 millones^[4] de vehículos eléctricos en

circulación, contando los eléctricos puros y los híbridos enchufables. No obstante, los coches eléctricos solo representan un 0,2% de la flota global de vehículos ligeros de pasajeros. Este bajo porcentaje se justifica con la concentración del 95% de las ventas en diez países: China, Estados Unidos, Japón, Canadá, Noruega, Gran Bretaña, Francia, Alemania, los Países Bajos y Suecia.

Un vehículo automóvil eléctrico se define como un medio de transporte de personas o mercancías, propulsado por uno o varios motores eléctricos utilizando la energía proveniente de baterías recargables ^[5]. El motor de estos vehículos usa un par motor instantáneo que proporciona una rápida aceleración.

Pese a la bajada de precio desde los inicios de la producción de este tipo de coches, los analistas apuntan a 2022 como el año de inflexión, donde los precios de estos vehículos se igualarán a los de un convencional ^[6]. Se prevé también, que los costes de componentes importantes como los motores, los inversores y la electrónica de potencia se reduzcan hasta un 30 por ciento en 2030 respecto a los actuales.

Existen varias opciones para impulsar las ventas de vehículos eléctricos:

- Una bajada de los precios
- Incentivar con más ayudas es esencial
- Inversiones en I+D
- Producción en masa

Cada vez son más las marcas que apuestan por desarrollar su modelo totalmente eléctrico. Los factores limitantes para tener en cuenta en la compra de un coche eléctrico elección son: precio medio y autonomía.

Marca	Modelo	Autonomía	Precio	Equipado con sistema AVAS
Renault	Twizy	100 km	7.525 €	NO
	Zoe	386 km	18.847 €	NO
Seat	Mii Electric	270 km	12.690 €	NO
Volkswagen	E-Golf	240 km	35.000 €	NO
	E-Up	260 km	20.290 €	NO
Nissan	Leaf	385 km	30.100 €	NO
BMW	I3	285 km	37.270 €	NO
Audi	E-Tron	400 km	82.400 €	NO
Skoda	Citigo-E iV	260 km	17.900 €	NO
Tesla	Model X	446 km	96.230 €	NO
	Model Y	480 km	56.000 €	NO
	Model 3	530 km	59.100 €	NO

	Model S	610 km	88.780 €	NO
Citroen	C-Zero	150 km	19.690 €	NO
Peugeot	iOn	160 km	21.852 €	NO
	e-2008	310 km	35.000 €	NO
	e-208	340 km	29.850 €	NO
Smart	ForTwo Electric Drive	120 km	23.300 €	NO
	ForFour Electric Drive	100 km	24.000 €	NO
Opel	Corsa-E	330 km	28.690 €	NO
Mini	Cooper SE	234 km	33.950 €	NO
Hyundai	Ioniq Eléctrico	294 km	34.375 €	NO
	Kona EV	455 km	35.050 €	NO
	NEXO Fuel Cell	800 km	72.250 €	NO
Kia	E-Niro	455 km	35.485 €	NO
	Soul EV	150 km	36.225 €	NO
Jaguar	I-Pace	480 km	77.300 €	SI
Mercedes-Benz	EQC	416 km	77.425 €	SI
Toyota	Mirai	483 km	80.300 €	NO
Porsche	Taycan	323 km	108.337 €	NO

Tabla 3: Listado de coches eléctricos

4.1.2. Motos

Las motos eléctricas son muy usadas en las ciudades. Especialmente Barcelona, que es la ciudad más motera de Europa ^[7]. Uno de cada tres vehículos es una moto. Es muy común encontrar motos eléctricas, usadas para las siguientes ocasiones, de entre otras:

- Servicios de mensajería
- Transporte de mercancías
- Transporte de personas
- Uso publicitario

La motocicleta más vendida en España durante el mes de junio 2019 ha sido el modelo Silence S02, de la marca española Silence. Según los datos de ANESDOR (Asociación Nacional de Empresas del Sector de Dos Ruedas), se vendieron 1.026 unidades de este modelo ^[8].

Los principales modelos de motos eléctricas disponibles en el mercado son los siguientes:

Marca	Modelo	Autonomía	Potencia	Precio
Torrot	Muvi	100 km	2,65 kW	4.637 €
	Velocipedo Cargo	120 km	8 kW	6.000 €
Silence	S01	125 km	4,5 kW	5.995 €
	S02	50 km	2 kW	5.057 €
	S02	125 km	6 kW	6.927 €
Askoll	ES1	50 km	1,5 kW	2.550 €
	ES2	80 km	2,7 kW	3.250 €
	ES3	96 km	3 kW	3.745 €
Zero	SR/F 14.4	259 km	14,4 kW	23.954 €
	DSR ZF 14.4	262 km	14,4 kW	22.357 €
	SR ZF 14.4	259 km	14,4 kW	18.292 €
	S 11KW ZF 14.4	262 km	14,4 kW	16.872 €
	S 11KW ZF 7.2	132 km	7,2 kW	13.307 €
	DS 11KW ZF 14.4	237 km	14,4 kW	16.872 €
	FX ZF 7.2	146 km	7,2 kW	13.307 €
Govecs	T 2.5 Cargo	100 km	3 kW	6.470 €
	S 1.5	40 km	3 kW	5.995 €
	S 2.5	100 km	6 kW	6.222 €
	S 3.6	120 km	6 kW	7.514 €
Vespa	Elettrica	100 km	4 kW	6.431 €
Ebroh	Spuma Li	55 km	3 kW	2.309 €
	Strada Max	120 km	5 kW	4.950 €
Harley Davidson	LiveWire	225 km	15,5 kW	33.700 €

Tabla 4: Listado de motos eléctricas

4.1.3. Bicicletas

Las bicicletas eléctricas han aumentado su presencia en las calles desde hace unos años. En España, se venden más de 300 unidades al día ^[9].

Estas bicicletas son similares a las convencionales, pero con ciertos añadidos. Llevan una batería encargada de almacenar la energía, suele ser de Plomo o de Litio, con una autonomía media de unos 30 km ^[10]. Según el modelo de la bicicleta pueden variar especificaciones técnicas:

- Autonomía
- Forma de carga
- Forma de bicicleta: convencional, plegable, de montaña, etc.
- Velocidad máxima

Últimamente, los servicios de alquiler han añadido a sus flotas este tipo de bicicletas fijando un coste adicional. Alguno de sus inconvenientes son su peso (debido a la batería) y su

elevado precio frente a las bicicletas convencionales.

En Barcelona, por ejemplo, existe el servicio de alquiler de bicicletas BICING. Este cuenta con 7.100 bicicletas de las cuales 1.000 son eléctricas y 519 estaciones de carga por toda la ciudad. Todas sus bicicletas provienen de la empresa canadiense PBSC ^[11].

El modelo más elegido por los ciclistas son las bicicletas plegables, por su practicidad y ligereza. En 2019, el modelo más vendido en España ha sido la MOMA E- Bike 20.2 Bicicleta Plegable eléctrica ^[12].

Una característica de las bicicletas eléctricas frente al resto de vehículos eléctricos es que siempre tendrán la opción de pedaleo convencional en caso de no agotar la batería.

Marca	Modelo	Autonomía	Plegable	Precio
Askoll	EB1	100 km	NO	1.150,00 €
Tarrot	Citysurfer	50 km	SI	1.337,36 €
	Dakota	50 km	NO	1.395,00 €
SmartGyro	Ebike	40 km	SI	369,00 €
Nilox	ebike X1	25 km	SI	454,28 €
Xiaomi	Qicycle Electric Folding Bike	45 km	SI	766,93 €
Moma	E-MTB	80 km	NO	999,98 €
Gitane	E-Verso Mixta	60 km	NO	1.099,00 €
Megamo	Executive	50 km	SI	1.199,00 €
BH	E-Motion EasyGo	50 km	SI	1.359,52 €
	Evo Street Pro	100 km	NO	2.099,00 €
Peugeot	Elc01	60 km	NO	1.399,00 €
Kymco	Q-Lite	90 km	SI	2.069,10 €
Brompton	Electric	50 km	SI	2.995,00 €
Gocycle	GS	45 km	No	2.799,00 €
VanMoof	Electrified X2/S2	120 km	NO	2.598,00 €
PBSC	E-Fit	70 km	NO	No disponible
	Boost	60 km	NO	

Tabla 5: Listado de bicicletas eléctricas

4.1.4. Patinetes

El patinete eléctrico es uno de los grandes vehículos eléctricos cada vez más usado en la ciudad. Es más pequeño que la bicicleta. Entra en el grupo de Vehículos de Movilidad Personal (VMP), sin ser considerado vehículo de motor. Puede tener dos o tres ruedas, dependiendo del modelo. Dispone de una plataforma para sustentar al conductor y almacenar la batería correspondiente.

Muchos usuarios lo eligen por su tamaño, precio y facilidad para sustituir el desplazamiento a pie. Todavía no está regulada completamente su normativa de uso. Suelen alcanzar una velocidad entre 20 y 30 km/h, por lo que resultan peligrosos en las vías urbanas, especialmente en las aceras. En ciudades como Barcelona se ha prohibido su uso por las vías peatonales. Al igual que las motocicletas, existen muchas plataformas de alquiler de patinetes (por desplazamientos cortos) en distintas ciudades.

Según la Asociación de Usuarios de Vehículos de Movilidad Personal (AUVMP), actualmente hay en España unos 20.000 de uso particular y 5.000 en alquiler ^[13].

El patinete eléctrico más vendido es el modelo Mi Scooter Eléctrico de la marca china Xiaomi ^[14]. Se muestra una tabla comparativa de diferentes patinetes eléctricos disponibles en el mercado.

Marca	Modelo	Autonomía	Potencia	Peso	Precio
Xiaomi	Mijia M365	30 km	300 W	12,5 kg	368,99 €
	QiCycle EUNI	20 km	250 W	13,2 kg	591,00 €
	Ninebot Plus	35 km	800 W	16,3 kg	570,00 €
Cecotec	Outsider E-volution	25 km	700 W	13,1 kg	299,00 €
Ecogyro	Gscooter S6	15 km	250 W	9,2 kg	169,00 €
M Megawheels	S1	12 km	250 W	8,5 kg	199,00 €
RCB	Scooter	30 km	350 W	11 kg	399,00 €

Tabla 6: Listado de patinetes eléctricos

4.1.5. Monopatín eléctrico

Este vehículo de transporte personal no es el gran protagonista de las ciudades, aunque también es adquirido por numerosos usuarios. Es menos común porque su uso está destinado a realizar bajadas por pendientes a muy rápida velocidad mientras se realizan maniobras y movimientos especiales. Una marca que agrada por su ratio calidad-precio es el de la marca NILOX. Este monopatín, o longboard, fue de lo mejor del mercado de patinetes en 2019 ^[15].

Debido tanto a los pocos modelos de monopatines en el mercado como a los escasos números de usuarios, se analiza únicamente el modelo más vendido.

Marca	Modelo	Autonomía	Peso	Precio
NILOX	30NXSKMO00003	20 km	6,5 kg	181,09 €

Tabla 7: Características de un monopatín eléctrico ^[16]

4.1.6. Sillas de ruedas eléctricas

Las sillas de ruedas eléctricas no son el vehículo eléctrico más utilizado, pero cada vez hay más. Este vehículo facilita la movilidad de personas mayores, personas con sobrepeso, con problemas de movilidad. Su bajo impacto sonoro genera el mismo peligro que el resto de los vehículos eléctricos, pero se ve mitigado por la baja velocidad máxima que puede alcanzar, que se encuentra por debajo de los 10 km/h.

Un ejemplo es el modelo Scooter Revo 2.0 de 4 ruedas. En general estas sillas suelen tener tres o cuatro ruedas dependiendo del modelo. Se analiza únicamente este modelo:

Marca	Modelo	Autonomía	Peso	Precio
Revo	Scooter Revo 2.0	22 km	11 kg	1,995 €

Tabla 8: Características de una silla de ruedas eléctrica

4.2. Conceptos generales

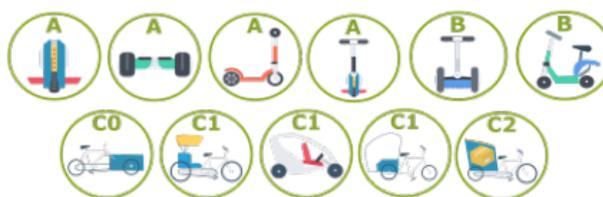
4.2.1. Clasificación de vehículos

Los Vehículos de Movilidad Urbana (VMU) están clasificados por la DGT en cinco tipos, según sus características técnicas y su tipología. Esta clasificación se distingue en tres grandes grupos: A, B y C0-C1-C2 ^[17].

- **CATEGORÍA A:** Patinetes pequeños, *hoverboards* y monociclos de hasta 25 kg de peso y que alcanzan hasta 25 km/h.
- **CATEGORÍA B:** Segways y patinetes grandes, de hasta 50 kg de peso y que alcanzan hasta 30 km/h.
- **CATEGORÍA C0:** Bicicletas con cesta grande, para uso personal, de hasta 300 kg y que alcancen hasta 45 km/h.
- **CATEGORÍA C1:** Vehículos “bicitaxis” para el transporte de hasta tres personas, incluyendo al conductor, de hasta 300 kg y que alcancen hasta 45 km/h.
- **CATEGORÍA C2:** Vehículos para el transporte de mercancías de hasta 300 kg y que alcancen hasta 45 km/h.

Además, los VMU, están sujetos a una serie de regulaciones que varían de forma nacional ^[1] e incluso local.

^[1] Ver ANEXO D



Vehículos de movilidad urbana

Características	A	B	C0	C1	C2
Velocidad máx.	20 km/h	30 km/h	45 km/h	45 km/h	45 km/h
Masa	≤ 25 kg	≤ 50 kg	≤ 300 kg	≤ 300 kg	≤ 300 kg
Capacidad máx. (pers.)	1	1	1	3	3
Ancho máx.	0,6 m	0,8 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m
Radio giro máx.	1 m	2 m	2 m	2 m	2 m
Peligrosidad superficie frontal	1	3	3	3	3
Altura máx.	2,1 m	2,1 m	2,1 m	2,1 m	2,1 m
Longitud máx.	1 m	1,9 m	1,9 m	1,9 m	1,9 m
Timbre	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Frenada	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
DUM	NO	NO	NO	NO	SÍ
Transporte viajeros mediante pago de un precio	NO	NO	NO	SÍ	NO

Tabla 9: Resumen clasificación de vehículos de movilidad urbana^[18]

También se clasifican el resto de los vehículos, a motor. Se van a definir los vehículos de categoría L, M y N^[19].

- **CATEGORÍA L:** En esta categoría se incluyen los ciclomotores y las motocicletas, así como los vehículos todo terreno (quads) y otros vehículos de poca cilindrada de tres o cuatro ruedas. Dentro de la categoría L, las motocicletas se dividen en dos grupos: con o sin sidecar. También existe una categoría para los ciclomotores de tres ruedas, cuyos motores son de menor cilindrada y alcanzan velocidades punta menos elevadas que los triciclos motorizados.
- **CATEGORÍA M:** Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
- **CATEGORÍA N:** Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.

Las categorías M y N cuentan con diferentes subtipos.

Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.		
M ₁		Vehículos de ocho plazas como máximo (excluida la del conductor) diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
M ₂		Vehículos con más de ocho plazas (excluida la del conductor) cuya masa máxima no supere las 5 toneladas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
M ₃		Vehículos con más de ocho plazas (excluida la del conductor) cuya masa máxima supere las 5 toneladas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
M	Especial 	Vehículo destinado a desempeñar una función que requiera disposiciones especiales de la carrocería o del equipo. Esta categoría incluirá los vehículos accesibles en silla de ruedas, autocaravana, blindado, grúa móvil y otros.
N Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.		
N ₁		Vehículos cuya masa máxima no supere las 3,5 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.
N ₂		Vehículos cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas e inferior a 12 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.
N ₃		Vehículos cuya masa máxima supere las 12 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.

Tabla 10: Tipos de vehículos ^[20]

4.2.2. Distancia de frenado

La distancia de frenado de un vehículo influye en la medición y cálculo del alcance que deben tener tanto el sensor como el altavoz. Para saber exactamente la distancia mínima a la que debe emitirse el sonido para evitar un accidente, es necesario hacer un estudio de la distancia necesaria para detener el vehículo. El factor más importante no es la distancia de frenado, sino la distancia de detención, formada por:

- Distancia de frenado:

Distancia que recorre un vehículo desde el punto en que los frenos se accionan hasta que este se detiene por completo. Depende, entre otros factores, de:

- La eficiencia del frenado
- Condición o tipo de neumático
- Carga
- Capacidad del conductor para frenar
- Tipo de vehículo

Se ve afectada, principalmente, por dos factores: velocidad original del vehículo y la resistencia, que es la cantidad de fricción entre los neumáticos y la superficie de la carretera. No obstante, puede variar con la velocidad y las condiciones de la carretera

(gravilla, baches, estado: seca / húmeda).

Según la normativa de circulación de España, la velocidad máxima permitida en ciudad es de unos 50 km/h ^[21]. Como existen muchos tipos de vehículos, todos con diferentes distancias de frenado, se calcula una media.

- Distancia de reacción:

Distancia que recorre el vehículo durante el tiempo de reacción.

Depende del tiempo de reacción (segundos) y la velocidad (metros por segundo).

$$\text{Distancia de frenado} = \text{tiempo reacción} \cdot \text{velocidad}$$

Ecuación 1 - Cálculo de la distancia de frenado

El tiempo de reacción es el tiempo que al conductor le lleva reaccionar ante un peligro, implica los siguientes pasos:

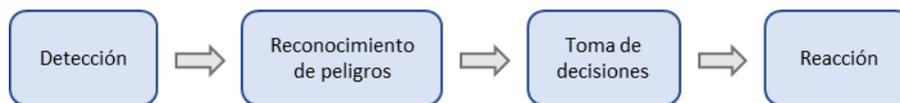


Ilustración 4: Esquema de fases de reacción

El criterio establecido es el de la DGT: Distancia de frenado total: 29m para una velocidad de 50 km/h ^[22] (máxima en las vías urbanas).

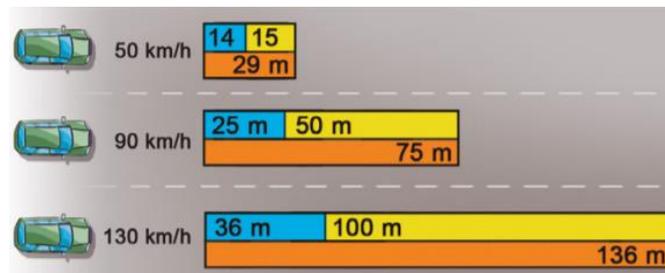


Ilustración 5: Distancias de frenado ^[23]

Se dispone de una tabla, del proyecto base, con un estudio de distancias y tiempos que estimados matemáticamente (llevado a cabo por LIIKENNETURVA, el Consejo finlandés de seguridad vial). Las distancias están redondeadas al metro más cercano.

Velocidad en zona urbana		Superficie del asfalto		
		Seca	Mojada	Óptima
40 km/h	Distancia de reacción	11 m	11 m	11 m
	Distancia de frenado	9 m	18 m	6 m
	Distancia total	10 m	29 m	17 m
50 km/h	Distancia de reacción	14 m	14 m	14 m
	Distancia de frenado	14 m	28 m	10 m
	Distancia total	28 m	41 m	24 m
60 km/h	Distancia de reacción	17 m	17 m	17 m
	Distancia de frenado	20 m	40 m	14 m
	Distancia total	37 m	56 m	31 m

Tabla 11: Distancias de frenado de una motocicleta en diferentes condiciones ^[24]

Si la velocidad máxima de circulación (depende del tipo de vehículo y condiciones de circulación) es de 50 km/h en vías urbanas, la distancia de frenado tiene valor medio de 31 m. Se recomienda un sensor con un alcance de, como mínimo, 30m.

4.2.3. Nivel sonoro

Se debe ajustar el nivel sonoro que emite el actuador, en este caso un altavoz, tanto a las legislaciones, como a las mediciones y límites auditivos de los humanos. Es crucial que el transeúnte sea capaz de percibir el ruido emitido sin interferencias.

El nivel de sonido se mide en decibelios (dB). Un pequeño aumento en decibelios representa un gran aumento de energía de sonido. Técnicamente, un aumento de 3 dB representa el doble en energía de sonido, y un aumento de 10 dB se representa mediante diez veces más.

El oído humano percibe 10 dB como el doble de ruido o sonoridad, y resulta difícil para él distinguir sonidos de menos de 3 dB. Por ejemplo, el nivel de sonido de una conversación normal es de alrededor de 60 dB ^[25].

La EPA ^[1] de E.E.U.U., determinó que el nivel de sonido máximo para proteger contra el daño auditivo es un sonido de media de 70 dB durante las 24 horas de un día.

Partiendo de información del proyecto anterior se detalla la información del nivel auditivo. Los niveles de sonido de la EPA para una sola audición humana son:

^[1] EPA: Environmental Protection Agency – Agencia de protección ambiental

Efecto	Nivel	Área
Pérdida auditiva	$L_{eq}^{[i]} < 70 \text{ dB}$	Todas las áreas
Interferencia por actividad en el exterior y molestia	$L_{dn}^{[ii]} < 55 \text{ dB}$	Exteriores en zonas residenciales y granjas y otras zonas exteriores donde las personas pasan una cantidad de tiempo muy variable y otros lugares en los que la tranquilidad es una base para el uso
	$L_{eq} < 55 \text{ dB}$	Zonas al aire libre donde las personas pasan cantidades limitadas de tiempo (ej: parques)
Interferencia por actividad en el interior y molestia	$L_{dn} < 45 \text{ dB}$	Zonas residenciales interiores
	$L_{eq} < 45 \text{ dB}$	Otras zonas interiores con actividades (por ejemplo: colegios)

Tabla 12: Información sobre los niveles de requisitos de ruido ambiental^[26]

La emisión de sonidos por parte de los vehículos también está regulada.

4.3. Normativa

4.3.1. Normativa Europea

La Unión Europea se ha pronunciado respecto a la ausencia acústica de estos vehículos: en Julio de 2019, la Unión Europea ha tramitado y aprobado una ley por la cual los vehículos eléctricos deberán emitir un sonido cuando estos circulen a una velocidad inferior a 20 km/h. No es necesario que se active cuando por ejemplo se superen los 20 km/h, ya que el propio ruido que genera el coche al rodar a esas velocidades más altas se considera suficiente para ser percibido.

Este cambio de regulación incentivado y ejecutado por la comisión europea es una modificación del Reglamento (UE) n.º 540/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el nivel sonoro de los vehículos de motor y de los sistemas silenciadores de recambio

^[i] L_{eq} representa la energía sonora promediada durante un período de 24 horas.

^[ii] L_{dn} representa el L_{eq} con una penalización de 10 dB por los sonidos que ocurren entre las 10 de la noche y las 7 de la mañana.

^[i]. El objetivo de esta modificación es revisar los niveles sonoros establecidos en las fichas características de los vehículos a fin de incorporar los requisitos pormenorizados aplicables a los sistemas de aviso acústico de los vehículos (SAAV ^[ii]). Una de las modificaciones más destacable es la prohibición de la función pausa de los SAAV.

Las enmiendas del Reglamento nº138 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) ^[iii], realizadas en Julio de 2019, obliga a incorporar un Sistema de Alerta de Vehículos Acústicos (AVAS, siglas en inglés) en los nuevos modelos eléctricos de cuatro ruedas, de las categorías M y N.

La UE establece como fechas límite de instalación, según las circunstancias:

- En el caso de los vehículos homologados antes del 1 de julio de 2019 tienen de plazo hasta el 1 de julio de 2021 para incorporarlo o actualizarlo si ya cuentan con uno.
- Los vehículos homologados posteriormente, deberán incluir el sistema obligatoriamente con el fin de que todos los coches eléctricos tengan este sistema en 2023.

Según la normativa, este sistema deberá estar activo de manera automática y continua desde el arranque hasta que el vehículo alcance una velocidad mayor a 20 km/h, además de cuando circule marcha atrás. Superados los 20 km/h no será necesario que se active, ya que el propio ruido que genera el coche cuando circula a esa velocidad es suficiente para percibirlo.

La normativa también se establece que el sonido deberá superar los 56 decibelios (el ruido de una conversación normal) y no exceder los 75 decibelios (nivel habitual de los motores térmicos). Por lo tanto, este es el rango reglamentado: $56 < x < 75$ (donde x es la variable: el ruido producido). El sonido será indicativo del comportamiento del vehículo: es decir, variará con la aceleración.

Este sonido de motor copiado se tiene que comportar de manera equivalente a cómo lo hace el de los coches de combustión, que varía según la velocidad. En la regulación se precisa que en los vehículos híbridos que combinan motor térmico y eléctrico, el AVAS se encontrará desactivado en el momento en que el motor térmico se encuentre en

^[i] Ver ANEXO E

^[ii] SAAV: Sistema de Aviso Acústico de Vehículos

^[iii] Ver ANEXO F

funcionamiento.

Los usuarios podrán seleccionar entre diferentes sonidos ofrecidos por los fabricantes, esto es posible que genere un efecto colateral: poder identificar un coche eléctrico o híbrido según el ruido que emita a través de su sistema AVAS.

En cambio, el ruido artificial emitido por los vehículos comercializados en Europa, Japón o China será distinto al de los vehículos americanos. En EE. UU. la normativa estipula ciertas diferencias respecto al volumen del sonido. En el país norteamericano el vehículo estacionado debe generar un sonido desde que engrana una marcha, aumentando progresivamente su volumen hasta los 30 km/h. Hasta la fecha, la opción de desactivación del sistema AVAS era un aspecto en común.

Recordar, que este proyecto se va a basar entorno a la legislación europea en cuanto a emisiones sonoras.

El nivel de ruido no debe exceder ciertos valores para proteger la salud pública y el bienestar. A pesar de que las regulaciones pueden variar entre países o leyes locales, de acuerdo con la directiva de la *Unión Europea UNECE R138*, la implementación de un sistema AVAS en un vehículo de cuatro ruedas no debería emitir un nivel de sonido total de más de 75 dB en la dirección de avance, presentado en el *párrafo 6.2.7 de la Reglamento No. 138* actualizado por última vez en noviembre de 2017.

Se establecen unos límites mínimos de sonido de los vehículos eléctricos de cuatro ruedas:

Frequency in Hz		Constant Speed Test paragraph 3.3.2. (10 km/h)	Constant Speed Test paragraph 3.3.2. (20 km/h)	Reversing Test paragraph 3.3.3.
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
Overall		50	56	47
1/3 rd Octave Bands	160	45	50	X
	200	44	49	
	250	43	48	
	315	44	49	
	400	45	50	
	500	45	50	
	630	46	51	
	800	46	51	
	1,000	46	51	
	1,250	46	51	
	1,600	44	49	
	2,000	42	47	
	2,500	39	44	
	3,150	36	41	
	4,000	34	39	
5,000	31	36		

Tabla 13: Requisitos mínimos de nivel de sonido en dB

En resumen, existen dos leyes al respecto de la emisión sonora de los vehículos de cuatro ruedas. Ambas legislaciones han sido modificadas recientemente abarcando diferentes aspectos de los vehículos eléctricos de cuatro ruedas:

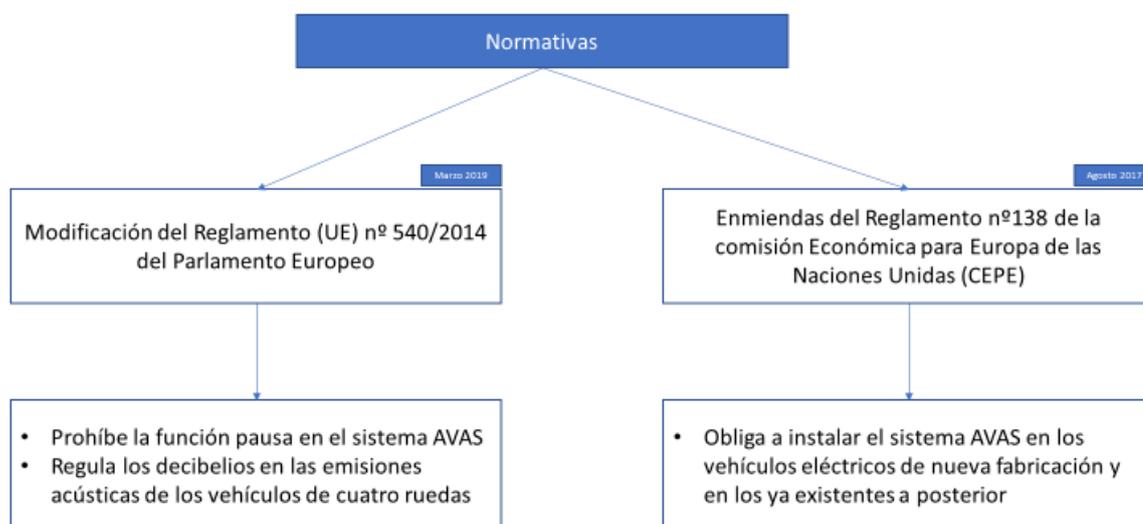


Ilustración 6: Esquema normativas emisiones acústicas

4.3.2. Normativa local

Todavía no hay ninguna regulación específica como en la normativa europea. Aun no hay normas locales de emisión de sonido por parte de los vehículos eléctricos, así que estos deben cumplir la europea.

Según un reciente estudio de la Fundación Línea Directa y publicado en la revista de la DGT ^[27]:

- El 72% de la población española considera que los VMP son un riesgo para la seguridad vial
- Cada vez son más los municipios que adoptan nuevas normas frente a estos vehículos
- Estas regulaciones pueden variar según la población

Las normativas de las categorías A y B, más comunes en toda España, son suficientes para la investigación de este proyecto:

- La edad mínima para circular con uno de estos vehículos por la vía pública es de 15 años (los menores pueden utilizarlos en espacios cerrados al tráfico y acompañados de sus padres o tutores), pero si los VMU transportan más personas además del conductor, este debe ser mayor de edad.

- Los conductores tienen prohibido el uso total o parcial de auriculares, así como circular con una tasa de alcohol superior a la legal o bajo los efectos de estupefacientes.
- El casco es obligatorio para los menores de 16 años usuarios de VMU de las categorías A y B, pero el Ayuntamiento recomienda su uso generalizado. El timbre, las luces y los elementos reflectantes son obligatorios para los VMU B y C.
- Los VMU no pueden circular por las aceras y espacios reservados a peatones, tampoco por el carril bus. En los parques públicos, sólo pueden circular por itinerarios en los que se permita la circulación de bicicletas.
- Los VMU -de cualquier categoría- sí pueden circular por calles en los que el límite máximo sea de 30 km/h -de un único carril o de un solo carril por sentido, el 85% de las del centro-, por ciclo calles, carriles bici protegidos, aceras bici y sendas ciclables.

En la ciudad de Barcelona se han establecido una serie de normas para regularizar estos vehículos. El ayuntamiento tiene como objetivo establecer estas normas de manera clara y concisa, con el fin de asegurar su cumplimiento. La infracción de estas normas está sancionada. El objetivo principal es aumentar la seguridad de los viandantes en las vías públicas.

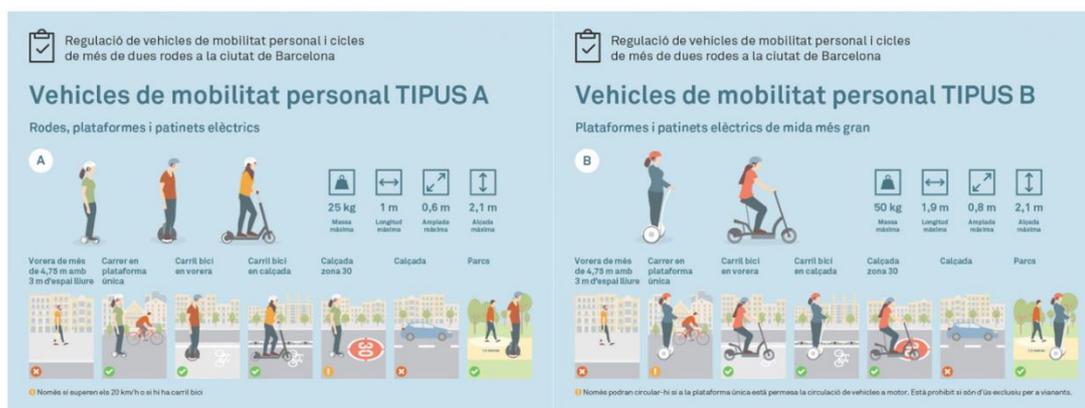


Ilustración 7: Limitaciones de circulación de los VMU en Barcelona [28]

El ayuntamiento de Barcelona también condiciona la circulación en los diferentes tipos de vía urbana o zona según la clasificación del vehículo de movilidad urbana.

	A	B	C1	C2
Acera	Rojo	Rojo	Rojo	Naranja
Parques	Verde	Verde	Rojo	Naranja
Calzada zona 30	Naranja	Verde	Verde	Verde
Calle con plataforma única	Verde	Naranja	Naranja	Verde
Calzada	Rojo	Rojo	Verde	Verde
Carril bici en la acera	Verde	Verde	Verde	Verde
Carril bici en la calzada	Verde	Verde	Verde	Verde

Tabla 14: Limitaciones de circulación de los VMU en Barcelona ^[29]

Leyenda de colores:

- **Rojo:** No permitido
- **Naranja:** Según especificación
- **Verde:** Permitido

4.4. Estudio de accidentes

Los vehículos eléctricos, en concreto bicicletas y patinetes, son cada vez más vulnerables a los accidentes de tráfico en las grandes ciudades.

Los altos porcentajes registrados en este tipo de siniestros señalan que es necesario estudiar las posibles causas, circunstancias, u otro tipo de información en base a los hechos. Para acotar el estudio, se estudia Barcelona, ciudad de referencia.

Un estudio de AXA ^[30] afirma que:

- Hay un gran riesgo para los usuarios más vulnerables de la vía (peatones y ciclistas) debido a la escasa rumorosidad en marcha de los vehículos eléctricos.
- Un coche eléctrico tiene hasta 35% más de posibilidades de atropellar a un viandante que uno con motor convencional.
- Un coche eléctrico tiene hasta 57% más de posibilidades de accidentarse con un ciclista que uno con motor convencional.

Los coches no son los más vulnerables, pero también están entre las causas. Estos, a diferencia de los vehículos de combustión, tienen una respuesta y entrega de potencia inmediata; por lo que también provoca que la transmisión de fuerza vaya directa a las ruedas, ocasionándose una aceleración mayor. Estos hechos (debidos a la inexperiencia de los conductores, poco habituados a esta nueva era de electrificación automovilística) ocasionan accidentes.

Un gráfico para visualizar el porcentaje de accidentes según el tipo de vehículo es:

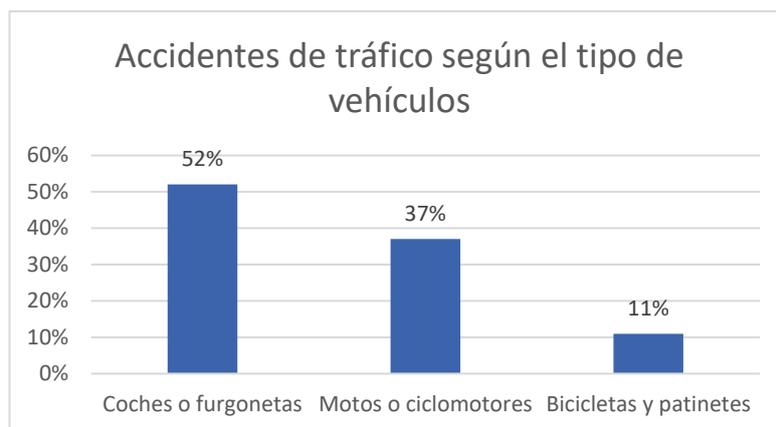


Gráfico 1: Histograma. Porcentaje de accidentes según el tipo de vehículo

El porcentaje más elevado lo tienen coches y motos. No se debe a la peligrosidad, sino a que hay más coches y motos circulando que no patinetes y bicicletas. Los vehículos de dos ruedas son quienes ocupan el indeseado podio de la accidentabilidad.

Según una noticia publicada en la Vanguardia ^[31], los vehículos de dos ruedas:

- Representan el 90% entre el grupo de conductores heridos de gravedad.
- Tienen una probabilidad de 12,5 veces más alta de sufrir un accidente que al volante de un turismo.
- En un accidente la posibilidad de sufrir heridas graves es 20 veces más alta que en un turismo.

Por ello, el estudio se focaliza en las bicicletas y patinetes eléctricos, “novedad causante de accidentes en las grandes ciudades”. La moto también es un vehículo de dos ruedas, pero ya se conoce la fuerte accidentalidad y gravedad de los siniestros que esta ocasiona.

Se ha registrado en Barcelona un notable incremento de los accidentes de tráfico de patinetes eléctricos. Estos resultan con heridos, aunque la gran mayoría de lesionados son leves. Un estudio ^[32] publicado en El Periódico afirma que se atiende al menos un accidente urbano de este tipo al día.

Hasta el momento se conocen dos accidentes graves con patinetes eléctricos. Ambos han resultado en muertes.

La primera noticia ^[33] fue publicada hace cuatro meses. Explica que en el patinete iban dos personas. Además, se conocen datos como estos:

- El vehículo circulaba a menos de 10 km/h por una avenida de Esplugues.

- El autor del siniestro afrontará un juicio por un delito leve de imprudencia, lo que evitará que ingrese en prisión en caso de condena.
- El conductor del patinete arrolló a la víctima justo cuando estaba distraído mirando el teléfono móvil. De ahí a que este sea acusado de imprudencia.

La segunda noticia fue publicada ^[34] hace solamente unos días. Explica el segundo suceso mortal de patinetes eléctricos en Barcelona. Se conocen estos datos:

- El vehículo circulaba por el barrio del Raval.
- Se trató de un atropello frontal.
- Solo conducía una persona el patinete y no se sabe todavía quién es el culpable, se juzgará cuando se conozca el veredicto.
- El patinete pertenecía a una empresa, este estaba alquilado por el conductor.

Estos dos siniestros han acelerado el debate sobre la necesidad de regular los VMP, necesidad cada vez más urgente. Estos vehículos ya son alternativas al coche y transporte público.

Del informe anual sobre la seguridad vial de la Fiscalía de Barcelona se conocen los siguientes datos:

- La Guardia Urbana denunció en el 2018 a un total de 1.868 usuarios de patinetes eléctricos por infracción de la ordenanza municipal.
- De 1.032 sucesos registrados:
 - 625 de ellos circulaban por donde no corresponde
 - 402 infringieron la seguridad vial
 - 5 superaron el límite de velocidad

Estos registros permiten realizar el gráfico:

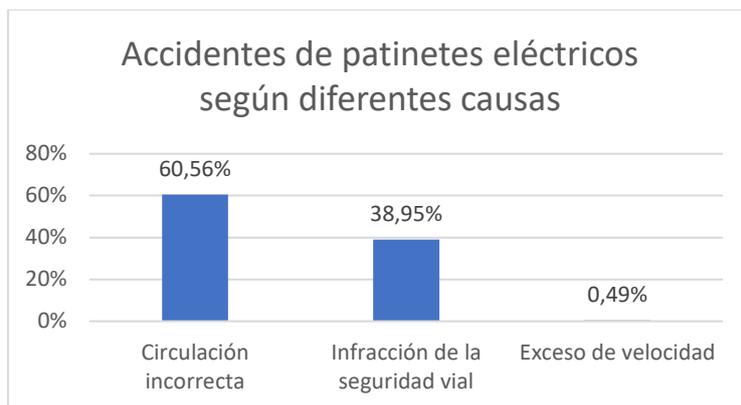


Gráfico 2: Histograma. Porcentaje de accidentes de patinetes eléctricos según el tipo de causa

Respecto a los accidentes de bicicletas, en la mayoría de los casos se refieren a bicicletas eléctricas. No porque sean más peligrosas que las convencionales, sino que son más adquiridas estas primeras. Y, a más uso, más probabilidad de accidentarse.

Aunque estos accidentes (como en los patinetes) no acostumbren a ser graves, crecen el doble que sus desplazamientos.

De una noticia ^[35] publicada en el periódico *20minutos*, se conoce:

- En Barcelona los accidentes de bicicleta han aumentado un 109,8% en los seis últimos años.
- Una de cada tres personas que usa la bici se siente vulnerable cuando circula por Barcelona.
- El 12% de las personas que van en bicicleta ha sufrido algún accidente alguna vez en su vida.
- El 45% ha estado a punto de tener uno este último año.

Otros estudios realizados por el RACC ^[36], que no analizan las causas en detalle, señalan que:

- Las distracciones pueden jugar un papel importante y la mayoría de estas son debidas al uso del teléfono móvil o los auriculares.
- En el 44% de los casos no hay más personas implicadas que el propio ciclista.
- En el 19% de los accidentes está implicado, además de este, un peatón.
- En el 14% está involucrado un coche.
- En el 8% está involucrado una moto.
- En el 7% está involucrado un taxi.

- Y en el 8% restante, otros.

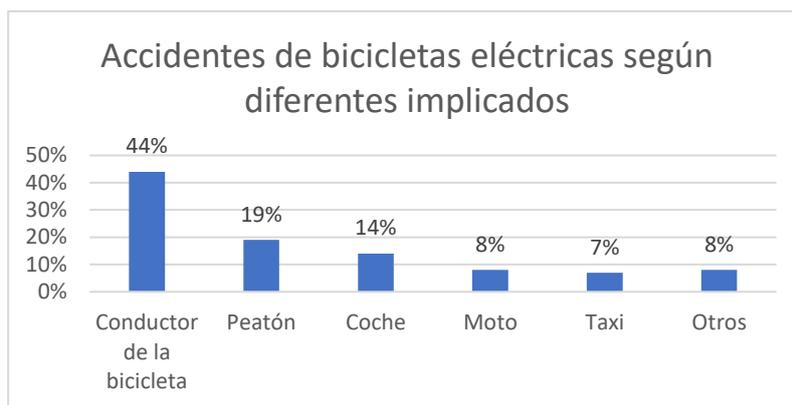


Gráfico 3: Histograma. Porcentaje de accidentes de bicicletas eléctricas según el tipo de implicado

Para reducir, en la medida en que sea posible, los siniestros, se aboga por la priorización y consolidación de los carriles bici existentes. No obstante, esto no garantiza una fuerte disminución de los siniestros. Lo más importante es regular la normativa de circulación de estos VMP.

Otra noticia ^[37] conocida publicada en los *20 minutos* afirma:

- El 12% de las personas que van en bicicleta ha sufrido un accidente alguna vez.
- Un 10% de ellos reconoce usar el móvil mientras circula.
- Otro 24% de ellos reconoce utilizar los auriculares.

Estas son las principales causas y circunstancias de accidentes:

Vehículo	Causas frecuentes	Circunstancias frecuentes	Posibles medidas de reducción
Patinete eléctrico	- Distracciones móvil y/o auriculares - Exceso de ocupación en el vehículo - Circulación indebida o incorrecta, por donde no toca	- Muchos heridos, pero graves pocos (pocas muertes registradas) - Choques frontales o atropellos	- Regulación de los vehículos (seguro, normativa, etc.)
Bicicleta eléctrica	- Distracciones móvil y/o auriculares - Circulación por donde no toca	- Heridos y graves - Propios ciclistas son los más implicados	- Normativa de circulación

Tabla 15: Clasificación y resumen de accidentes

4.5. Componentes

Para elaborar una propuesta es importante identificar los criterios principales y más importantes de cada uno de los componentes del proyecto. Existen diferentes criterios para cada parte de la división del bloque y deben ser establecidos claramente.

4.5.1. Sensor

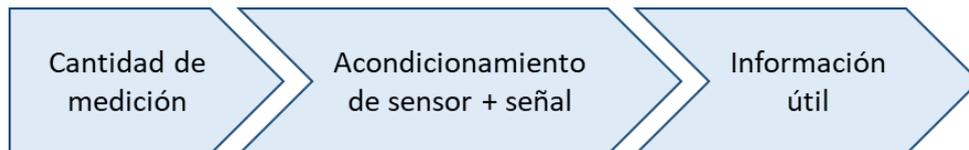


Ilustración 8: Estructura básica del transductor [38]

Cuando se detectan vehículos o personas que se aproximan, el primer paso en el proceso de reconocimiento es reunir la información disponible sobre el entorno. Dependiendo de la capacidad, experiencia y conocimientos de la persona la competencia para reaccionar ante cualquier obstáculo que se les presente puede variar.

Mediante el uso de un sistema de sensores, es posible localizar la ubicación de la señal, su pequeña dimensión y baja necesidad energética es rentable, y principalmente los datos podrán ser captados.

Para determinar el sensor adecuado, se deben considerar algunas especificaciones^[39]. Las tres características más importantes para tener en cuenta^[40] en la precisión de medición son:

- **Precisión:** Qué tan cerca está la lectura de la distancia real.
- **Resolución:** La lectura o cambio más pequeño en las lecturas que se puede reportar.
- **Fiabilidad:** La lectura más pequeña que se puede tomar repetida y confiable.

La información se proporciona a la salida, como señales digitales o analógicas, dependiendo del tipo de sensor.

- **Sensor de desplazamiento:** diseñado para llevar a cabo medidas de desplazamiento en una posición lineal y de manera automatizada. También llamado transductor de desplazamiento.
- **Sensor de proximidad:** diseñado para detectar objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor.

- Sensor de presencia: diseñado para responder a un movimiento físico. También llamado detector de movimiento.

Es necesario un sensor de proximidad para percibir al usuario. Se detecta la presencia mientras el vehículo va en marcha y en consecuencia se activa el sonido. De esta manera, el viandante también es alertado de la aparición del vehículo. Un sensor de movimiento también es otra opción, aunque afinarlo para que cumpla su función es más complicado. Por lo tanto, se opta por un sensor de proximidad.

Los sensores de proximidad se basan en diferentes tecnologías, proporcionando un sistema digital o analógico, en tensión o corriente proporcional a la distancia entre el sensor y el objeto de interés.

Se consideran tres tipos de sensores de distancia:

- Inductivo: basado en los cambios de impedancia debidos a la influencia de un objeto exterior medido por una señal de corriente continua o alterna.
- Óptica: codificadores, láser, IR, etc.
- Ultrasonido: miden el tiempo transcurrido entre la emisión de un impulso ultrasónico y el momento en el que se recibe el eco.

El sensor es el encargado de notificar al siguiente componente, un controlador, de la presencia de algún obstáculo.

Se toma como partida el sensor TF02 LIDAR. Las características ^[1] principales de este sensor son:

- Alta sensibilidad
- Capacidad de medición de hasta 22m
- Capacidad de medición a alta velocidad
- Apropiado para drones, robótica y otras aplicaciones exigentes

El objetivo principal es encontrar un sensor de distancia que pueda: emitir la información captada mediante Bluetooth al teléfono móvil.

Estableciendo un sistema de conexión de Bluetooth se optimiza el espacio y cableado del módulo y facilita la transmisión de la información y su manipulación.

[1] Más información en el ANEXO A

Para saber exactamente la distancia mínima a la que debe emitirse el sonido para evitar un accidente, es necesario conocer la distancia necesaria para detener el vehículo. Se destaca, que el factor más importante no es la distancia de frenado, sino la distancia de detención. Esta está formada por dos componentes:

- Distancia de frenado
- Distancia de reacción

Se presentan diferentes alternativas de proveedores que ofrecen sensores de características semejantes a los necesarios para este proyecto junto a sus precios.

Proveedor	Sensor - Precio
<p>AMAZON - ALI EXPRESS</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>31.5 €</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Precio no disponible</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>89.1 €</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>1.49 €</p> </div> </div>
<p>FICOSA</p>	<p>Imágenes no disponibles, fabricación de sensores a gusto del cliente</p>
<p>BAUMER</p>	

	Precios muy elevados, se paga por cada pieza que haya en el sensor
EUROHÜBNER	 <p>Precios no disponibles</p>

Tabla 16: Clasificación de sensores y precios por proveedores

FICOSA es uno de los fabricantes más importantes del mundo de estos dispositivos para vehículos. Pionero en su sector, se presentan como: “Ficosa es un proveedor global de primer nivel dedicado a la investigación, desarrollo, fabricación y comercialización de sistemas avanzados de visión, seguridad, conectividad y eficiencia para los sectores de automoción y movilidad, con vocación de contribuir a la sociedad a través de su compromiso con la innovación tecnológica, los valores humanos y la eficiencia energética” [41].

Es un proveedor global en el mundo de la automoción, y socio de todos los fabricantes de automóviles en el mundo. Su diversificada base de clientes incluye marcas como: Tesla, Ferrari, Audi, Mini, Seat, Volvo, Volkswagen, de entre los 43 en la lista [42].

La empresa Baumer, se dedica a fabricar:

- La tecnología de sensores
- Codificadores
- Instrumentos de medición
- Componentes para el procesamiento automatizado de imágenes

Baumer se caracteriza por su calidad, competencia y precisión en productos y soluciones sofisticadas que cumplen con los más altos estándares tecnológicos.

De entre todo el portafolio de Baumer, los sensores de proximidad o sensores fotoeléctricos interesan en este proyecto. Fabrican múltiples tipos de sensores, clasificándolos en función de estos parámetros:

- Alcance de detección: hace referencia a la distancia hasta la cual el sensor es capaz de detectar una presencia.
- Fuente de iluminación: hace referencia al tipo de luz que emite el sensor cuando cumple su función.
- Tamaño mínimo del objeto: se refiere al tamaño que debe tener, como mínimo, la presencia con tal de poder ser detectada.
- Objetos: se refiere al tipo de objetos que puede detectar el sensor.
- Tiempo de respuesta: corresponde al tiempo que transcurre entre la detección de un objeto y el cambio de estado del dispositivo de salida.
- Configuración: hace referencia a cómo el dispositivo está configurado y a su compatibilidad con otros dispositivos electrónicos.

Se puede plantear de cara a la solución final de este trabajo, la elección de alguno de estos que cumpla con las funcionalidades establecidas.

EuroHübner se dedica a la fabricación de sensores fotoeléctricos. Es una innovadora tecnológica en el sector de encoders^[1], combinaciones, tacodinamos, etc. También elabora dispositivos de detección y posicionamiento de objetos clasificados en seis grupos:

- Sensores miniatura
- Estándares con potencia extra
- Fotoeléctricos cilíndricos
- Barreras de luz sin reflector
- Fotoeléctricos para objetos transparentes
- Sensores de horquilla y ángulo

De la tabla presentada con todas las opciones, se escogen las cuatro primeras, pertenecientes a Amazon o Ali Express, para detallarlas. Esta elección se debe a la facilidad de adquisición y a la cantidad de información disponible sobre sus características.

Los criterios establecidos en la elección de estos sensores son:

- Rango de medición

^[1] Un encoder, también denominado generador de pulsos es un elemento electromecánico que transforma el movimiento (energía mecánica) en una señal eléctrica (energía eléctrica), que pueden ser pulsos, ondas, de entre otras. El fin de esta señal eléctrica es controlar el movimiento. Definición de <https://como-funciona.co/un-encoder/>

- Precisión
- Peso
- Tamaño
- Precio

Opción 1: JRT M703A

Características	Valores
Precisión	1 mm (0.04 pulgadas)
Unidad de medición	Metro/pulgadas/pies
Rango de medición	0,03 a 40 m
Tiempo de medición	0,1 (equivale a 3 segundos)
Dimensiones	4,5 x 2,5 x 1,2 cm (\pm 1 mm)
Peso	10 g
Tensión	3,3 V
Frecuencia	8 Hz
Precio	31,5 € / unidad
Temperatura de funcionamiento	0 a 40 °C
Temperatura de almacenamiento	-25 a 60 °C
Clase de láser	Clase ii ^[i]
Tipo de láser ^[ii]	635 nm

Tabla 17: Características sensor JRT M703A

La primera opción es el sensor de medición de distancia por bluetooth infrarrojo digital, o también denominado módulo de distancia láser de desarrollo secundario. Este puede ser utilizado en aplicaciones de transporte. Es un aparato de alta precisión que puede medir hasta 40 m. Dotado con un sistema bluetooth, puede establecer una conexión con el teléfono móvil.

^[i] Clase ii: Láseres que emiten radiación visible en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 y 700 nm, con una potencia con una potencia inferior o igual a 1mW. La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo palpebral. Esta reacción puede proporcionar la adecuada protección, aunque se usen instrumentos ópticos. Enlace: https://www.apinex.com/es/clasificacion_del_laser.html

^[ii] Punteros láser fueron los de helio-neón (He-Ne), láseres de gas y su radiación láser generado era de 634 nanómetros (nm), por lo general destinadas a producir un rayo láser con una potencia de salida que no supera 1 mili vatio (mW). Enlace: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Puntero_l%C3%A1ser

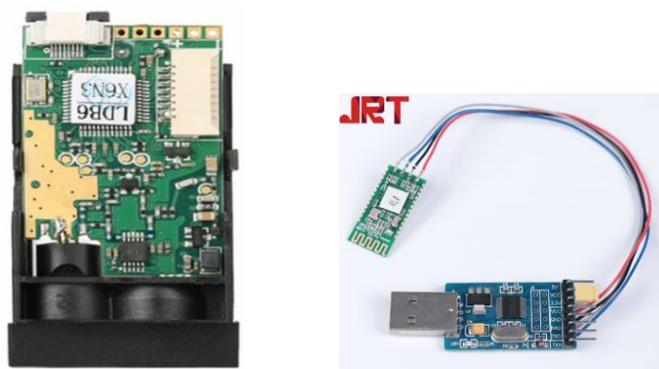


Ilustración 9: Sensor JRT M70 y módulo de distancia de conexión al sensor

Opción 2: FST-50 A

Características	Valores
Precisión	±1,5 mm
Unidad de medición	Metro/pulgadas/pies
Rango de medición	0,15 a 50 m
Tiempo de medición	20 a 100 ms
Dimensiones	6,5 x 5,5 x 2,5 cm
Peso	70 g
Tensión	5 V
Frecuencia	5 Hz
Precio	No disponible
Temperatura de funcionamiento	0 a 40 °C
Temperatura de almacenamiento	-25 a 70 °C
Clase de láser	Clase ii
Tipo de láser	635 nm

Tabla 18: Características sensor FST – 50A

Este sensor funciona gracias a un puntero láser. No hay mucha información disponible acerca de este modelo, por lo que se desconoce su precio y si está dotado con un sistema de bluetooth. Destaca por su rapidez de medición.



Ilustración 10: Sensor FST-50A

Opción 3: FenSens Smart Wireless Parking System

Características	Valores
Versión bluetooth	Bluetooth V4.1
Perfil de bluetooth	GATT
Rango de medición	Aprox. 3 m
Distancia de funcionamiento	10 m
Dimensiones	52 x 11 x 12 cm
Peso	680 g
Capacidad de la batería	3000 mAh
Duración batería	5 meses (5 usos diarios)
Tipo de batería	Tipo AA
Precio	89,1 € /unidad
APP	iOS 7.1; Android 5.0 o 4.4 mínimo

Tabla 19: Características Sistema FenSens Smart Wireless Parking

El sistema *FenSens Smart Wireless Parking System*, desarrollado en Estados Unidos, permite controlar la proximidad del vehículo en la maniobra de aparcamiento a través del teléfono móvil. Este sistema consta de una instalación en la parte posterior del vehículo, precisamente en la zona de la matrícula, de un sensor de proximidad el cual se conecta a una APP mediante bluetooth.

La desventaja de esta alternativa es la forma y tamaño del sensor. Se puede plantear en un futuro una modificación de diseño. Destaca frente a las anteriores por su conexión con el teléfono móvil.



Ilustración 11: Sistema FenSens Smart Wireless Parking

Opción 4: HC-SR04 + PLACA ARDUINO

La última alternativa es usar un sensor como podría ser el HC-SR04. Esta opción requiere más de un elemento, varias conexiones y un código de programación. Es necesario una placa base Arduino, la cual se configura con un software.

Características	Valores
Precisión	± 3 mm
Ángulo de apertura	15°
Rango de medición	0,02 a 4,50 m
Corriente de reposo	< 2 mA
Corriente de trabajo	15 mA
Dimensiones	4,5 x 2,0 x 1,5 cm
Voltaje de operación	5 V DC
Frecuencia de ultrasonido	40 kHz
Precio	1,49 € /unidad

Tabla 20: Características sensor HC-SR04



Ilustración 12: Sensor HC-SR04

Para poder transmitir la información captada por el sensor, traducida por la placa Arduino al teléfono móvil, es necesario implementar un sistema Bluetooth a la placa Arduino. El módulo Bluetooth RS232 TTL permite la comunicación bidireccional sin necesidad de

cables.

Características	Valores
Nivel de potencia de interfaz	3,3 V
Distancia Bluetooth	10m (exterior)
Voltaje de entrada	3,6 ~ 6V
Velocidad de transmisión	4 800bps ~ 1 382 400bps
Corriente de operación	< 40 mA
Dimensiones	4,4 x 1,6 x 0,7 cm
Precio	5,42€ /unidad

Tabla 21: Módulo Bluetooth RS232 TTL ^[43]



Ilustración 13: Bluetooth RS232 TTL

4.5.2. Controlador

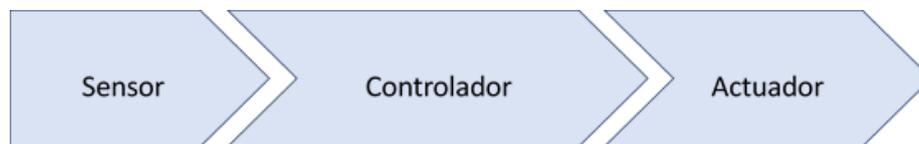


Ilustración 14: Esquema básico de control ^[44]

Un controlador es un programa informático. Permite al sistema operativo interactuar con un periférico, haciendo una abstracción del hardware y proporcionando una interfaz (posiblemente estandarizada) para usarlo ^[45].

Un ejemplo de controlador es la placa Arduino, una plataforma de creación de electrónica de código abierto basada en hardware (dispositivos de acceso público) y software (programas informáticos de accesos públicos modificables y utilizables) libres. No cuenta con un único modelo, sino que ofrece unas bases de hardware abierto para que otros fabricantes puedan crear sus propias placas.

Su utilización es sencilla, tanto para creadores como para desarrolladores. Se basa en un microcontrolador ATMEL^[1].

El microcontrolador de Arduino cuenta con:

- Interfaz de entrada: conexión de la placa en diferentes tipos de periféricos (en el caso de este proyecto el periférico sería el sensor). La información se traslada al microcontrolador.
- Microcontrolador: se encarga de procesar los datos que le llegan.
- Interfaz de salida: se encarga de llevar la información procesada en la placa a otros periféricos (en el caso de este proyecto este periférico sería el altavoz).



Ilustración 15: Esquema placa Arduino

Muchos dispositivos electrónicos llevan incorporados un microcontrolador. Estos están optimizados para controlar la entrada y salida de un dispositivo. Requieren menos energía que otros procesadores y conectan con el mundo físico de forma más sencilla. Esta conexión está determinada por unos circuitos de entrada (sensores) y de salida (actuadores).

El sensor de este proyecto tiene que estar conectado a un panel de control. Este panel debe de ser lo más simple posible, ya que no estamos trabajando con un diseño complejo. Es muy importante su compatibilidad con otras partes para que su funcionalidad sea la correcta:

- Operación con el mismo voltaje
- Tener una interfaz correcta
- Ser programable con las herramientas utilizadas y los códigos existentes

^[1] Acrónimo de “tecnología avanzada para la memoria y la lógica”. Compañía que incluye circuitos integrados se pueden grabar un lenguaje de programación utilizable en el entorno de Arduino IDEⁱ, denominado instrucciones. Los programas creados son los que interactúan con los circuitos de la placa. microcontroladores en su línea de productos. Enlace: <https://es.wikipedia.org/wiki/Atmel>

La fuente de alimentación está estandarizada a un voltaje de 12V. A este valor supuesto, no deberían aparecer problemas de compatibilidad, ya que es un sistema muy simple.

4.5.3. Actuador

Un sistema de control está formado por un sensor, un controlador y un actuador. ¿Cómo se emite el sonido del vehículo para que el viandante, ciclista (o animal) distinga la presencia de este? En este proyecto, el que toma el papel de actuador del lazo de control es el altavoz. Es necesario estudiar el sonido emitido (sonido de alerta) que sea más adecuado.

El altavoz es un dispositivo utilizado para reproducir sonido desde un dispositivo electrónico. Convierte las ondas eléctricas en energía mecánica, convertida posteriormente en energía acústica.

Los parámetros que ayudan a saber si una computadora tendrá un buen sonido son ^[1]:

- Potencia de salida
- Rango de frecuencia
- Sistema de sonido
- Impedancia

La potencia de salida hace referencia a la emisión del sonido (mediante el altavoz) en Watts. Está totalmente relacionado con la presión del sonido en decibelios (volumen).

El transeúnte tiene que escuchar el sonido emitido sin tener otras interferencias.

El oído humano percibe 10dB como el doble del ruido o sonoridad. Es difícil distinguir sonidos inferiores a los 3dB. Para hacerse una idea, el nivel de sonido de una conversación normal es de alrededor de 60dB ^[46].

Por esto y por normativa, el rango óptimo de sonido del altavoz debe oscilar entre los 56 dB (como límite inferior estricto) y 75 dB (como límite superior estricto).

El altavoz se conecta con el Arduino mediante cable (para su conexión con el móvil), emitiendo sonidos cuando:

- Hay una presencia cerca del vehículo

^[1] Las siguientes cuatro palabras se encuentran definidas en el glosario que aparece al inicio del trabajo

- El vehículo circula por debajo de los 20 km/h

Se parte del altavoz SBS12MQPC, solución final del proyecto base, y se analizan más alternativas de altavoces. El más adecuado será seleccionado para la solución final.

Se presentan diferentes proveedores que ofrecen altavoces semejantes a los necesarios para este proyecto, junto a sus precios:

Proveedor	Altavoz – Precio			
AMAZON - ALI EXPRESS	 14,99 €	 39,99€	 24,33 €	 13,99 €
SONY	 63,50 €	 29,45 €	 127 €	
PHILIPS	 21,90 €	 24,99 €	 20,90 €	
PHOENIX				

	27,83 €	17,39 €	25,81 €
SPC	 28,46 €	 17,50 €	 16,90 €
JBL	 44,99 €	 54,90 €	 23,98 €

Tabla 22: Clasificación de altavoces y precios por proveedores

Los altavoces pertenecientes a Amazon o Ali Express son los escogidos para investigar en más detalle porque de ellos se conoce más información. Además, se pueden conseguir más fácil y rápidamente.

Los criterios interesantes para tener en cuenta en la elección del altavoz son los siguientes:

- Potencia de salida
- Frecuencia
- Impermeabilidad
- Peso
- Tamaño

- Precio

Opción 1: EWA - A106 PRO

Características	Valores
Peso	177 g
Decibelios	Comprendido en rango preestablecido ^[1]
Potencia de salida	3 W
Frecuencia	60 Hz a 23 kHz
Tipo de alimentación	Batería
Batería	Ion de Litio
Duración media, capacidad de la batería	4,5 h , 700 mAh
Tiempo de carga de la batería	2h
Dimensiones	Ø=4,8 cm Altura = 3,8 cm
Voltaje	3,7 V
Impermeabilidad	Sí
Compatibilidad	Sí
Precio	13,99 € / unidad
Tipo de conector	Inalámbrico, Bluetooth, USB
Tipo de material	Metal

Tabla 23: Características del altavoz EWA-A106

El EWA – A106 es un pequeño altavoz con muy buen sonido, portable. Es resistente a las condiciones del exterior y de diseño compacto. Además, viene acompañado de una funda que lo protege de los posibles daños.

Tiene un diseño ligero y compacto y se conecta fácil al móvil, por bluetooth. Es adecuado para las actividades al aire libre ya que es resistente al agua y al polvo. Encaja en este proyecto, ya que la intención es poder llevarlo incorporado al vehículo.

Tiene buen ratio espacio/calidad. Ya que ocupa poco, pero tiene muy buena calidad. Sobre todo, es simple y eficiente de usar.

^[1] El rango preestablecido es 56<x<75 dB.



Ilustración 16: Altavoz EWA-A106

Opción 2: ZEALOT S1

Características	Valores
Peso	260 g
Decibelios	Comprendido en rango preestablecido
Potencia de salida	3 W
Frecuencia	20 Hz a 20 kHz
Tipo de alimentación	Batería
Batería	N.D ^[i]
Duración media, capacidad de la batería	6 - 8 h, 4 000 mAh
Tiempo de carga de la batería	5h
Dimensiones	Ø=5,1cm Altura: 15,6 cm
Voltaje	N.E ^[ii]
Impermeabilidad	No
Compatibilidad	Sí
Precio	16,84 €/unidad
Tipo de conector	Bluetooth, USB
Tipo de material	Neodimio

Tabla 24: Características del altavoz Zealot S1

El Zealot S1, pese a que es un aparato fuertemente aconsejado para bicicletas, puede adaptarse también para motos y patinetes eléctricos. Es perfecto para su uso al aire libre. No es impermeable, pero viene acompañado de una funda de silicona, la cual le protege

^[i] N.D: No disponible

^[ii] N.E: No especificado

de posibles golpes, lluvia u otros.

Este altavoz tiene linterna de tres modos, permitiendo utilizar una luz en caso de emergencia o advertencia.

El aparato se carga enchufado a la corriente, ya que no se alimenta mediante pilas. Puede conectarse con el dispositivo móvil mediante bluetooth o también con cable USB. Es compatible con muchos dispositivos electrónicos.



Ilustración 17: Altavoz Zealot S1

Opción 3: MakeTheOne

Características	Valores
Peso	102 g
Decibelios	Comprendido en rango preestablecido
Potencia de salida	2 W
Frecuencia	N.E
Tipo de alimentación	Batería (pilas) o cable eléctrico
Batería	Ion de Litio
Duración media, capacidad de la batería	10 h, 820 mAh
Tiempo de carga de la batería	N.D
Dimensiones	Ø=4,3 cm Altura: 9 cm
Voltaje	5 V
Impermeabilidad	Sí
Compatibilidad	Sí
Precio	23,99 €/unidad
Tipo de conector	Inalámbrico, Bluetooth
Tipo de material	Gel de sílice

Tabla 25: Características del altavoz MakeTheOne

Este altavoz permite emitir fuertes sonidos incluso contra fondos ruidosos del aire libre, como puede ser el tráfico en una ciudad. Es impermeable, así que ante factores como la

lluvia responde correctamente.

Aunque sea más aconsejado para bicicletas, es adaptable en motos o patinetes.

El aparato se puede cargar o bien enchufándolo a la corriente, o bien con el uso de pilas. Puede conectarse con el dispositivo móvil mediante bluetooth, pues es inalámbrico, siendo compatible con la mayoría de los dispositivos electrónicos.



Ilustración 18: Altavoz MakeTheOne

Opción 4: Neuftech Altavoz Bluetooth

Características	Valores
Peso	181 g
Decibelios	Comprendido en rango preestablecido
Potencia de salida	N.E
Frecuencia	N.E
Tipo de alimentación	Batería (no pilas)
Batería	N.D
Duración media, capacidad de la batería	4 - 5 h, N.E
Tiempo de carga de la batería	N.D
Dimensiones	Ø=10 cm Altura: 6,4 cm
Voltaje	5 V
Impermeabilidad	Sí
Compatibilidad	Sí
Precio	11,99 €/unidad
Tipo de conector	Inalámbrico, bluetooth
Tipo de material	N.D

Tabla 26: Características del altavoz Neuftech

Neuftech es un producto impermeable, pequeño y fácil de llevar. Es un buen aparato para el ejercicio al aire libre, como es el desplazamiento en vehículo eléctrico.

Dispone de una alta compatibilidad, conectable fácilmente con los dispositivos mediante bluetooth. Además, tiene muy buena calidad del sonido, con un sonido fuerte y sin interferencias.

En cuanto a batería, el aparato se carga enchufándolo a la corriente, ya que no se alimenta mediante pilas. Puede conectarse con el dispositivo móvil mediante bluetooth (este es compatible con muchos dispositivos electrónicos, de entre ellos iPhone, Samsung, Nokia, HTC, PDA).



Ilustración 19: Altavoz Neuftech

5. Descripción técnica de la solución adoptada

5.1. Valoración y selección de componentes

5.1.1. Sensor

Para seleccionar el sensor más adecuado se valoran las opciones explicadas según una lista de características necesarias en los sensores:

- Rango de medición
- Precisión
- Dificultad de configuración
- Tamaño
- Peso
- Precio

Se establece un criterio de puntuación para cada parámetro, destacando en verde la mejor de las opciones en cada una de las características.

Opción	Rango de medición (m)	Precisión (mm)	Dificultad de configuración	Tamaño (cm ³)	Peso (g)	Precio (€)
1	0,03 - 40	1	Alta	13,5	10	31,5
2	0,15 - 50	1.5	Alta	89,375	70	N.D
3	3	N.D	Baja	6864	680	89,1
4	0,02 – 4,50	3	Baja	13,5	20	19,25

Tabla 27: Selección sensor según parámetros establecidos

OPCIÓN 1: JRT M703A

OPCIÓN 2: FST – 50A

OPCIÓN 3: FenSens Smart Wireless Parking System

OPCIÓN 4: SC-SR04 + placa ARDUINO + módulo bluetooth R232 TTL

La opción más valorada es la de la última, en consecuencia, se selecciona para la solución final. Esta opción está compuesta de una placa base Arduino, un sensor HC-SR04 y un módulo de Bluetooth RS232 TTL.

Esta alternativa destaca frente a las otras, por la facilidad de conexión con el teléfono móvil.

La placa base Arduino y el módulo de Bluetooth RS232 TTL establecen una conexión con el teléfono móvil permitiendo que este procese la información captada por el sensor y posteriormente envíe el sonido de alerta al altavoz.

El precio total incluye todos los componentes necesarios para su funcionamiento.

Elemento	Precio
Sensor HC-SR04	1,49 €
Placa Arduino UNO	7,40 €
Porta pilas	1,94 €
Pila 9V	3,00 €
Bluetooth RS232 TTL	5,42 €
TOTAL	19,25 €

Tabla 28: Precios componentes sensor

La facilidad de configuración es la posibilidad de programar el conjunto con tal de cumplir los objetivos inicialmente propuestos. Conectando la placa base a un ordenador se puede implementar un código con todas las funciones y especificaciones deseadas o un software específico. En este caso, la placa Arduino y el sensor enviarán toda la información correspondiente mediante el módulo bluetooth al teléfono móvil que procesara la información en la APP correspondiente.

La principal desventaja de elegir la placa base Arduino, son sus dimensiones:

- Longitud: 8 cm
- Anchura: 5 cm
- Espesor: 2,5 cm

Pese a que estas dimensiones parezcan grandes, cabe destacar que estas mismas medidas son equivalentes a las de un teléfono móvil de hoy en día. Muchos vehículos ya llevan soportes incorporados para sujetar el móvil, con lo que se supone que estas dimensiones no se presentan como un problema para el usuario.

En cuanto a la alimentación energética, el sensor está conectado a la placa Arduino, al igual que el módulo bluetooth. La placa requiere de una alimentación de 9V. Esta se puede proporcionar de varias maneras, mediante pilas o baterías. Para facilitar la instalación del módulo en cualquier tipo de vehículo se decide usar una pila de 9V y conectarla a la placa mediante un portapilas. Siempre queda la opción, en futuras investigaciones, de poder alimentar el módulo con una conexión a la batería del vehículo, contactando con los fabricantes de estos para que dejen una conexión directa a la batería de los vehículos.

5.1.2. Controlador

Debido a la elección del sensor HC-SR04, un sensor de distancia que funciona por ultrasonido, se requiere la utilización de una placa Arduino. Su método de trabajo se basa en enviar impulsos llamados Trigger, sonido imposible de ser percibido por el oído humano, los cuales rebotan en algún objeto (el obstáculo) y volverlo a recibir (mediante eco). Gracias a la velocidad del sonido es posible calcular a que distancia se encuentra el obstáculo. Una vez captada la información, este la transmite al Arduino.

La placa Arduino es la encargada de reunir todas las conexiones de los elementos y establecer una conexión bidireccional con el teléfono móvil.

El controlador del proyecto también es la APP, encargada de recibir, procesar y emitir toda la información pertinente. Se conectan sensor y altavoz al móvil:

- Conexión sensor/controlador mediante bluetooth o cable (dependiendo esta conexión de si se activa o no la conexión bluetooth con el teléfono móvil).
- Conexión controlador/altavoz con el Arduino mediante cable.

Estas conexiones permitirán al usuario poder personalizar el módulo y adaptarlo a su vehículo.

Para la programación del Arduino, se recurre a la contratación de un experto en informática y electrónica para realizar este tipo de conexiones y programaciones. Como en el caso del proyecto base, que se utilizó una tabla base Arduino-UNO.

5.1.3. Altavoz

Para seleccionar el altavoz más adecuado se valoran las opciones explicadas según una lista de características necesarias:

- Potencia de salida
- Frecuencia
- Impermeabilidad
- Peso
- Tamaño
- Precio

Se establece un criterio de puntuación para cada parámetro, destacando en verde la mejor de las opciones en cada una de las características.

Opción	Potencia salida	Frecuencia	Impermeabilidad	Peso	Tamaño	Precio
1	3 W	60 Hz - 23 kHz	Sí	177 g	68,76 cm ³	13,99 €
2	3 W	20 Hz - 20 kHz	No	160 g	318,68 cm ³	16,84 €
3	2 W	N.D	Sí	102 g	130,70 cm ³	23,99 €
4	N.D	N.D	Sí	181 g	502,65 cm ³	11,99 €

Tabla 29: Selección altavoz

OPCIÓN 1: EWA – A106

OPCIÓN 2: ZEALOT S1

OPCIÓN 3: MakeTheOne

OPCIÓN 4: Neuftech

El altavoz mejor valorado es el primero, es el escogido para la solución final. Esta opción es el altavoz EWA – A106, de la marca japonesa EWA.

No se ha contactado con proveedores como los analizados (en posibles distribuidores de altavoces) puesto que es el inicio de un módulo y uno de los principales objetivos es abaratar costes y los altavoces de las grandes marcas suelen ser más caros.

La singularidad de este altavoz es su tamaño^[1], comparable al tamaño de un huevo, de 4,8 cm de diámetro y 3,8 de altura. Sus pequeñas dimensiones pueden compensar el tamaño de la placa Arduino para reducir el tamaño del módulo en la medida de lo posible. Su peso ligero también ayuda a adaptarse de manera correcta al módulo.

El módulo está diseñado para instalarse en el manillar de los vehículos o en alguna parte, aun por especificar. En todo caso, está en contacto con el exterior. El conjunto de componentes se ensambla en una carcasa, agujereada para poder aprovechar al máximo el rendimiento del altavoz. La impermeabilidad del altavoz es una gran ventaja, ya que, en días de tiempo adverso el módulo está en contacto con agua y se evitan anomalías y averías.

Una desventaja es la carga del altavoz, pero al igual que con las pilas del sensor, se podría

^[1] Puede verse en la tabla de especificaciones y criterios de diseño de esta opción. Véase página 59.

(en futuras investigaciones) tratar de conectar a la batería del vehículo. La duración de batería, según el proveedor ^[47], es de unas 15h en reproducción. Como la media de desplazamiento son unos 20 minutos ^[1], la duración de la batería podría alcanzar hasta 45 viajes.

El precio del dispositivo es de 13,99 €, asequible para sus prestaciones y necesidades del proyecto. Tampoco supone un gran coste de cara al coste total del módulo.

5.1.4. Solución



Ilustración 20: Esquema de componentes

La relación funcional entre los componentes seleccionados deberá establecerse mediante la programación de un software específico para la placa Arduino y el desarrollo de una aplicación para la mayoría de los dispositivos móviles. Esta aplicación deberá estar disponible tanto para iOS como para Android.

5.2. Valoración y selección de vehículos

Para seleccionar los vehículos más adecuados se establecen unos criterios, valorados con una puntuación del 1 al 5 (siendo 1 la peor puntuación y 5 la mejor).

^[1] Desplazamiento aproximado teniendo en cuenta desplazamientos por la ciudad de Barcelona.

Estos criterios son:

- **Número de usuarios:** Número de personas que utilizan este tipo de vehículos o número de vehículos que hay en las ciudades.
- **Practicidad del vehículo:** Facilidad de manejo en vías urbanas del vehículo. Por ejemplo, la facilidad para aparcarlo, o de llevarlo consigo mismo (si es el caso).
- **Seguridad:** Cuánta seguridad ofrece el vehículo, si el usuario es más vulnerable a sufrir un accidente puesto que él es el chasis (por ejemplo, en el caso de todos los vehículos excepto del coche). También tiene en cuenta la facilidad de robo.
- **Riesgo de atropello a un peatón:** La probabilidad de atropellar a un peatón aumenta, por ejemplo, en los vehículos que circulan en las aceras o cerca de ellas.
- **Precio medio del vehículo:** Precio establecido en el mercado.
- **Tamaño:** Dimensiones del vehículo.
- **Peso:** Peso total de vehículo.
- **Facilidad de instalación:** Facilidad de instalación del módulo en el vehículo.
- **Compatibilidad con otro tipo de vehículos:** Si el vehículo tiene alguna característica similar a otro vehículo de la tabla y ser compatible en cuanto al lugar de instalación del vehículo.
- **Potencial de ventas a usuarios:** Estimación de si los usuarios de ese tipo de vehículo estarían dispuestos a comprar e instalar el módulo en el vehículo.

Crterios	Coche	Moto	Bicicleta	Patinete	Long	Silla de ruedas
Número de usuarios	5	4	4	3	2	1
Practicidad del vehículo	3	4	4	5	5	3
Seguridad	4	3	2	2	2	3
Riesgo de atropello a un peatón	4	3	4	4	4	2
Precio medio del vehículo	2	3	4	4	4	3
Tamaño	1	3	4	4	4	4
Peso	1	3	4	4	4	3
Facilidad de instalación	2	4	4	4	3	3
Compatibilidad con otro tipo de vehículo	2	5	5	5	2	2
Potencial de ventas a usuarios	2	4	5	5	2	4
Nota media	2,60	3,60	4,00	4,00	3,20	2,80

Tabla 30: Valoración de vehículos

Se escogen los tres con la puntuación media más alta:

- Bicicletas

- Patinetes
- Motos

Los vehículos seleccionados en el proyecto coinciden con la flota de los vehículos de las empresas de alquiler; según un estudio^[1] en la ciudad de Madrid.

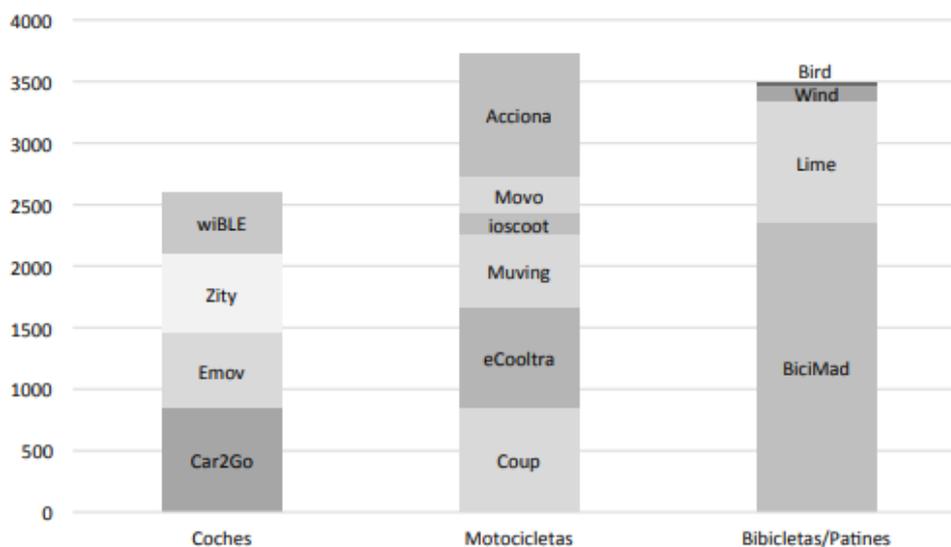


Ilustración 21: Servicios de movilidad compartida en Madrid en 2018 (fuente: OVEMS)

5.2.1. Vehículos seleccionados

- Moto eléctrica
- Bicicleta eléctrica
- Patinete eléctrico

Estos vehículos, pioneros en las grandes ciudades, tienen un mismo esquema de manillar, útil para ser el elemento de soporte del módulo. El módulo se ideará en base a las especificaciones que estos vehículos imponen.

5.2.2. Vehículos no seleccionados

- Coche eléctrico

El sistema AVAS es el sistema para vehículos eléctricos encargado de emitir sonidos de

[1] Ver Anexo G

advertencia para alertar a los peatones de su presencia. Algunos reguladores gubernamentales ya consideraron esta propuesta, así que no aporta novedad y valor a este proyecto.

- *Longboard*

El monopatín no formará parte de la solución final básicamente porque el número de usuarios que lo poseen es notablemente inferior al de otros vehículos eléctricos. Al no tener manillar, se tendrían que pensar otras alternativas como elemento de soporte: brazo, chaleco, casco, etc.

- Sillas de ruedas eléctricas

El Ayuntamiento de Barcelona ha vetado las sillas de ruedas eléctricas ^[48]. El objetivo de estas es facilitar la movilidad de todo aquel con limitaciones. Han requisado estos vehículos por no tener licencia. También los usos incorrectos que se le daban. Por ello, no se tiene en cuenta para la solución final.

Sería de muy fácil adaptación, pues posee de manillar como elemento de soporte del módulo. Aunque se tendrían que cambiar algunos límites, pues su velocidad máxima alcanza solamente los 6 km/h, ligeramente inferior a la máxima alcanzable por motos y patinetes, por ejemplo.

5.3. Soportes y ensamblaje de los componentes en el vehículo

Cada vehículo tiene diferentes requerimientos. Con el fin de facilitar e impulsar el uso de esta propuesta, interesan las opciones prácticas, cómodas, factibles y seguras, pero sobre todo las aplicables a los vehículos seleccionados.

En la siguiente tabla se exponen algunas de las opciones de ensamblaje de los diversos componentes.

	Sensor + Arduino + Bluetooth	Altavoz	Móvil
Carcasa	Integrados en una misma pieza		Usuario
Chaleco	Integrado	Integrado	
		Sujeto al manillar	
		Colgando	
Casco	Integrado	Integrado	
		Sujeto al manillar	
		Colgando	
Collar	Sujeto al manillar	Colgando	Colgando
Riñonera	Integrado		

Tabla 31: Opciones de componentes

Para justificar la elección de la carcasa como método de ensamblaje de todas las piezas, aparece una tabla con:

- Situaciones y alternativas existentes
- Posibilidad de poder adaptar la solución a diferentes tipos de vehículos, como la estabilidad (si estará fijo o integrado en algún sitio que pueda ser más inestable y menos preciso)
- Riesgo de deterioro e impermeabilidad, ya que el módulo estará expuesto en el exterior, afectado por las consecuencias climáticas

	Posibilidad de usar en diferentes vehículos	Estabilidad sensor	Riesgo de deterioro	Impermeabilidad
Carcasa	Sí	Fijo	Bajo	Alta
Chaleco	Sí	Fijo	Medio	Media
Casco	Sí	Sensible a movimientos	Medio	Baja
Collar	Sí	Fijo	Alto	Baja
Riñonera	Sí	Sensible a movimientos	Medio	Media

Tabla 32: Características de los ensamblajes

Ensamblar todos los componentes bajo una misma carcasa es una opción similar a la del trabajo base. La carcasa actual tiene:

- Forma rectangular.
- Dimensiones parecidas a la de la placa ARDUINO UNO, con el fin de que esta quepa.
- Orificios frontales para el sensor.
- Rejilla superior para facilitar la emisión del sonido del altavoz.

- Tapa trasera para poder cambiar la pila.
- Tapa superior para poder acceder al altavoz.

Todo el conjunto forma una única pieza, soldada o atornillada a otra pieza. Esta permite la instalación del módulo en cualquier vehículo, siendo lo más polivalente posible. Como los vehículos seleccionados tienen todos manillar, la pieza de enganche deberá ser capaz de adaptarse a diferentes dimensiones de manillares.

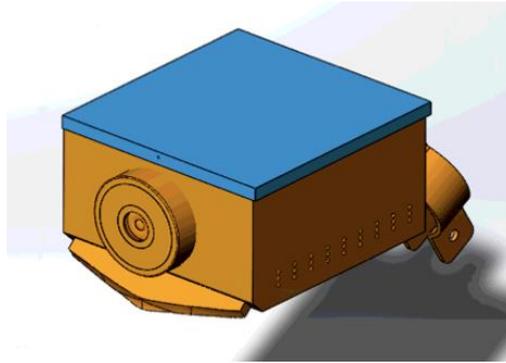


Ilustración 22: Ensamblaje trabajo base

Implementar los componentes en un chaleco es otra opción. El conductor puede llevarlo puesto durante la conducción. En este caso, los vehículos seleccionados pueden no disponer de manillar. El conductor es visible en todo momento y si lleva un chaleco no hay ningún obstáculo entre la persona y el objeto a detectar. Por tanto, el sensor no tiene problemas de funcionamiento.

La idea es integrar el sensor en algún sitio de la parte frontal del chaleco para que pueda detectar las distancias y obstáculos.

En cuanto al altavoz, existen dos opciones:

- Integrarlo también en el chaleco.
- Engancharlo con algún sistema al manillar del vehículo para aligerar el chaleco.

Con estas opciones, el usuario puede almacenar su teléfono móvil en algún bolsillo del chaleco. Si el chaleco es reflectante, puede ser incluso más útil, porque proporciona más seguridad.



Ilustración 23: Chaleco reflectante

Otro accesorio utilizado y obligatorio en la mayoría de los casos es el casco. De los tres tipos de vehículos seleccionados:

- En la moto es el único caso en el que el uso del casco es obligatorio en todas las circunstancias.
- En la bicicleta, depende de la edad del ciclista y la situación en la que se encuentra circulando.
- En el patinete eléctrico la legislación varía según la zona geográfica. Puesto que es mayoritariamente obligatorio y en todo caso recomendable usar un casco, es interesante plantear esta opción.

Los cascos varían según el vehículo, por lo que la integración del módulo también depende del modelo del casco:



Ilustración 24: Tipo de cascos según vehículos

La idea es integrar el sensor en la parte frontal del casco. Por ejemplo, para poder sostener el sensor en los cascos se puede usar un sistema parecido al que se usa con las cámaras GoPro, ya sea por ventosa o usando una banda ajustable. Este tipo de enganche puede adaptarse a cualquier tipo de casco y permitir al usuario poder usar el módulo en cualquier vehículo sin necesidad de adquirir otro.



Ilustración 25: Ejemplos de sujeciones en cascos

Este sistema propone tres opciones para el altavoz y para el usuario:

- Puede elegir la opción de integrarlo en su casco, opción que puede resultar molesta por la emisión sonora cercana a los oídos.
- Puede llevarlo sobre alguna parte de su cuerpo, recordando que el modelo elegido incluye también una carcasa con mosquetón.
- Puede llevarlo como collar con alguna cuerda, enganchado en el pantalón o con algún enganche diferente para el manillar.

En el último año se ha popularizado una funda de móvil colgante, que consta de dos enganches y una cuerda para poder transportar el teléfono móvil como si fuera un bolso. Esta funda evita la ocupación de una mano para sujetar el teléfono, por lo que resulta muy práctica para los usuarios.



Ilustración 26: Colgante de móvil

Las diferentes opciones que proporciona esta opción son:

- Llevar el conjunto de los elementos colgando, resultando muy versátil a la hora de utilizar el módulo en diferentes vehículos y condiciones.
- Llevar simplemente el móvil colgando e instalar el altavoz y sensor en el vehículo.
- Llevar el teléfono móvil y altavoz colgando, el sensor deberá estar fijo en el vehículo.

Finalmente, la última opción propuesta es una riñonera. En este caso, se puede integrar el sensor en la parte frontal e insertar el altavoz en su interior al igual que todos sus componentes. Esta opción es bastante útil y transportable pero la ubicación de la riñonera puede variar según el usuario:

- En caso de que el conductor lleve la riñonera en la cintura, si es en un patinete puede interferir con el manillar. Y si es en una bicicleta o moto, el sensor solo capta la parte frontal de la moto, sin detectar obstáculos.
- En caso contrario, si la riñonera está en diagonal, es posible detectar los obstáculos con menos interferencias.



Ilustración 27: Riñonera

6. Diseño final

6.1. Características

6.1.1. Volúmenes

Se calcula el volumen de cada componente escogido para obtener el total de la carcasa y diseñar un boceto de esta. Se asume que todos los componentes estarán en el interior de la carcasa por lo que esta debe ser lo suficientemente grande. El ensamblaje se hace de la manera óptima, ubicando cada componente en el lugar más adecuado.

Componente	Longitud (cm)	Anchura (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)
Placa Arduino	9,0	5,0	2,5		112,5
Bluetooth	4,4	1,6	0,7		4,9
Sensor	4,5	2,0	1,5		13,5
Portapilas	6,9	3,4	2,2		50,5
Altavoz			3,8	4,8	68,8
Carcasa	9,5	6,7	5,9		372,4

Tabla 33: Dimensión y volumen de cada componente

El volumen total de la carcasa es de 372,4 cm³, un volumen equiparable a una caja de té o a dos cajas de cerillas superpuestas. Estas cifras no suponen un gran impacto en su integración al vehículo eléctrico.

6.1.2. Prototipo

El prototipo, diseñado con el programa *SolidWorks*, muestra de manera visual el módulo. Se asume una aproximación de las cotas debido a posibles desviaciones durante la fabricación. Las condiciones para definirlo son:

- Todos los elementos se dispondrán total o parcialmente en el interior de una única caja.
- La caja tendrá ranuras o un sistema alternativo para la fijación del velcro.
- En la parte frontal se dispondrán los orificios destinados al sensor y al baffle.
- Dispondrá de un sistema de ventilación y acceso para el recambio de los componentes.

En la siguiente imagen se muestra una propuesta de distribución de los elementos en la caja y tamaño mínimo que ésta deberá en su interior (ver detalle del plano de volumen a escala E1:1 ^[1])

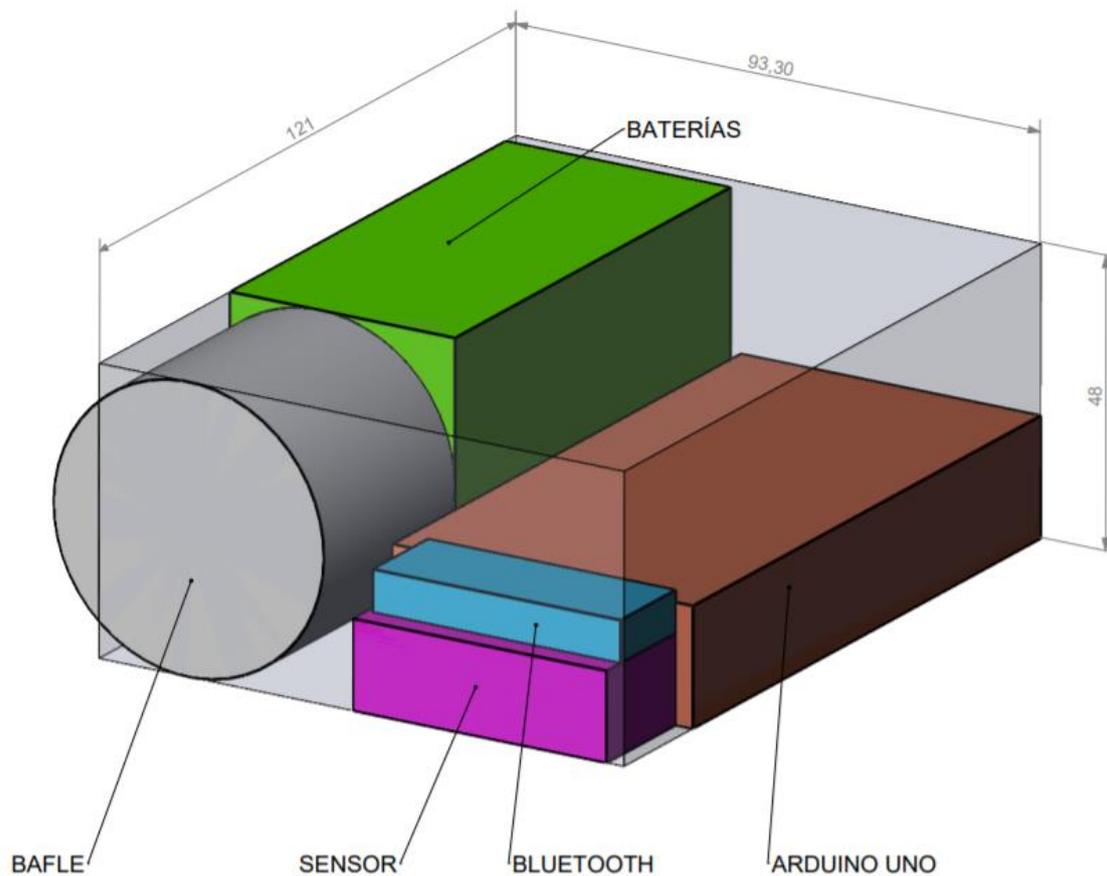


Ilustración 28: 3D del Conjunto sonoro

^[1] Ver plano completo en ANEXO H

6.1.3. Materiales

El material de la carcasa debe ser resistente a la corrosión y duro puesto que el módulo estará ubicado en el vehículo expuesto a las condiciones meteorológicas, urbanas, etc.

Metal	Características	Proceso
Acero al carbono	Blando	Mecanizado
Acero inoxidable	Resistencia a la corrosión Resistencia al agrietamiento	Mecanizado Impresión 3D
Aluminio	Resistencia a la corrosión Buena relación resistencia/peso Resistencia a la temperatura	Mecanizado Impresión 3D
Bronce	Resistencia a productos químicos Ductilidad Resistencia	Mecanizado
Cobre	Resistencia a la corrosión Conductividad eléctrica	Mecanizado

Tabla 34: Propiedades metales

Comparados todos ellos, se eligen planchas de aluminio de 2mm de grosor como material para la fabricación de la carcasa.

Para fijar la carcasa al vehículo se necesita un velcro muy resistente, de 2,5 cm de ancho. Se elige el velcro por:

- Facilidad de uso
- Adaptabilidad a los diferentes vehículos eléctricos
- Fácil recambio en caso de deterioro
- Fácil adquisición en caso de cambio
- Impermeabilidad
- Bajo precio

Con tal de fijar los diferentes componentes de la caja, se escogen tornillos con las características:

- Material: acero al carbono en plata, inoxidable
- Longitud de 5 mm, diámetro 3 mm
- Diámetro de la cabeza: 6,5 mm
- Longitud de los tornillos contando con la cabeza 7,5 mm

6.2. Funcionamiento del módulo

6.2.1. Funcionamiento general

Es importante comprender el funcionamiento general del módulo y asegurar que se cumplen todos los objetivos establecidos.

Se han establecido las normas y lugares por donde el módulo se activará de manera automática con tal de ajustarse a la legislación vigente.

Algunas de las situaciones en las cuales estos vehículos circulan por debajo de 20 km/h son:

- Paso cerca de un hospital
- Paso por un semáforo verde-ámbar intermitente
- Zona peatonal
- Zona escolar
- Circulación nocturna
- Proximidad a un parque

Normalmente, estos lugares están frecuentados por viandantes, pero en especial, la gente mayor y niños resultan de mayor importancia puesto que cuentan con menos reflejos o prestan menos atención.

El sensor seleccionado, HC-SR04, es una opción que complementada con el módulo bluetooth RS232 TTL y la placa base Arduino. Esta placa está programada con un software, de manera que, al detectar una proximidad o una velocidad a 20 km/h o inferior, notifica al dispositivo móvil la necesidad de emitir un sonido mediante el módulo de bluetooth. De manera esquemática:

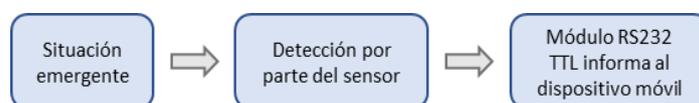


Ilustración 29: Diagrama de bloques fase de detección mediante sensor

Cuando el teléfono recibe la señal mediante bluetooth, se abre la aplicación en el teléfono móvil, la cual procesa la información y activa la necesidad de emitir un sonido. La APP reenvía una señal al Arduino para que el altavoz (conectado al Arduino mediante un cable) emita el sonido. De manera esquemática:

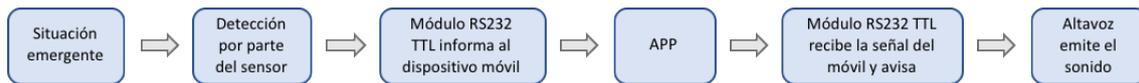


Ilustración 30: Diagrama de bloques funcionamiento mediante sensor

Simultáneamente, la APP dispone de un sistema de conexión GPS, que detecta la ubicación del dispositivo móvil. Esto permite emitir una alerta en las zonas específicas sin necesidad de la detección del sensor. De manera esquemática:



Ilustración 31: Diagrama de bloques fase de detección mediante ubicación

Después de que la APP procesa la ubicación, en caso necesario, envía una señal al módulo mediante conexión Bluetooth, que es quien envía el sonido al altavoz por cable. De manera esquemática:



Ilustración 32: Diagrama de bloques funcionamiento mediante GPS

Se muestra un diagrama de componentes y las diferentes conexiones entre ellos:

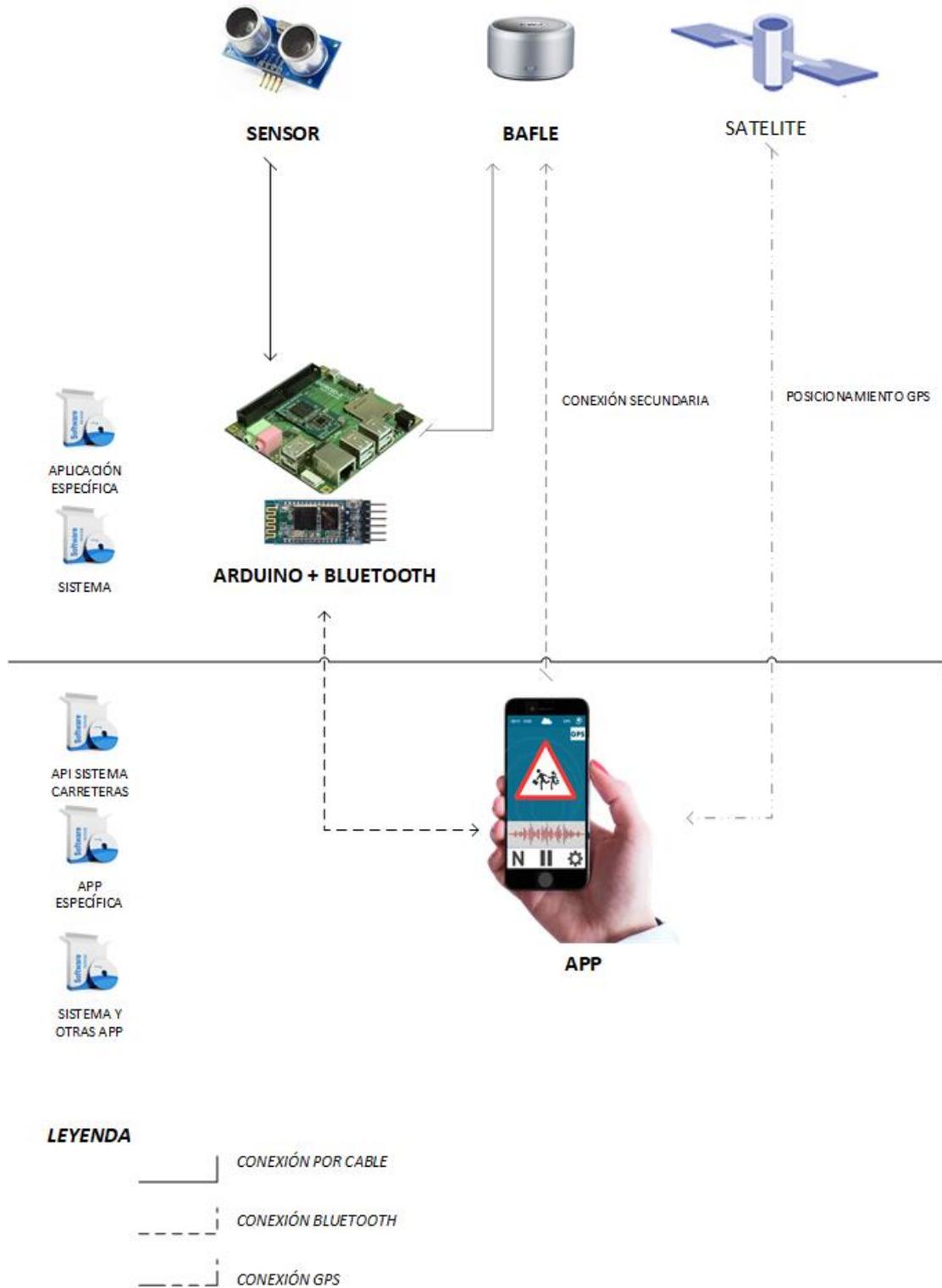


Diagrama de Componentes

Ilustración 33: Diagrama de componentes

En la secuencia de funcionamiento del módulo ocurren dos conexiones simultáneas: mediante el sensor y a través de conexión GPS. Esta doble conexión permite que el sistema pueda funcionar de dos formas diferentes alternativas o simultáneas.

La primera es la que incluye el sensor, el Arduino, la APP y el bafle.

La segunda es la que incluye sólo la APP y el bafle. En este segundo caso, la conexión entre ambos se realiza mediante bluetooth.

En el caso de que se desconecte la fuente de información por posicionamiento GPS o bien que no se establezca una relación con el software de carreteras, el sistema funcionaría exclusivamente a través del módulo.

6.2.2. Instalación del módulo en el vehículo

Los componentes del módulo (sensor + placa Arduino + módulo bluetooth + altavoz) ya vendrán ensamblados de fábrica. Este aparato está ideado para ser colocado en el manillar del vehículo, ya sea en el izquierdo, en el derecho o bien en el centro. Será necesario:

1. Abrir la parte lateral e instalar la pila.
2. Cargar el altavoz y conectarlo al Arduino.
3. Comprobar que todas las tapas están cerradas correctamente.
4. Sujetar el módulo al manillar mediante las tiras de velcro en la parte inferior de este.

6.3. Funcionamiento de la APP

6.3.1. Conexión con el teléfono móvil

Para establecer la conexión entre módulo y teléfono móvil:

1. Activar red de bluetooth en el dispositivo móvil.
2. Seleccionar la conexión con el aparato RS232 TTL.
3. Descargar la aplicación.
4. Abrir aplicación y configurarla/personalizarla.

La aplicación se encuentra disponible en AppStore, en caso de disponer de un dispositivo de la marca Apple, o en GooglePlay, en caso de disponer de un Android. Es gratuita.

Sistemas que disponen de la APP	
Sistema operativo iOS ^[i]	 AppStore
Sistema operativo ANDROID ^[ii]	 GooglePlay

Tabla 35: Sistemas operativos disponibles para la instalación de la APP

6.3.2. Prestaciones de la APP

Una vez ideada la personalización, puede ser renovada en todo momento. Se debe evitar la manipulación de la aplicación en movimiento, ya que supone un gran peligro.

Los diferentes sonidos disponibles en la APP son:

Sonido	Disponible	No disponible
Sirena de policía		X
Sirena de bomberos		X
Sirena de ambulancia		X
Sonidos predeterminados en dispositivos Apple	X	
Sonidos predeterminados en dispositivos Android	X	
Otros sonidos	X	

Tabla 36: Sonidos APP

^[i] Los dispositivos iPhone, que pertenecen a la marca Apple, son los que están gobernados por el sistema operativo iOS.

^[ii] Samsung, LG, Huawei... son algunos de los numerosos dispositivos gobernados por el sistema operativo ANDROID.

No puede tenerse en cuenta ningún tipo de sirena como una opción de sonido a emitir. Es una alerta exclusiva y tiene asociado su significado: apartarse y dejar paso, que no es el objetivo del sonido de alerta de este proyecto.

Cualquier otro tipo de sonido estándar, como los que hay predeterminados en dispositivos Apple o Android para las alarmas, tonos de llamada, etc., puede ser empleado para la aplicación siempre y cuando no pueda causar ni confusiones ni molestias a los ciudadanos.

A continuación, se muestran las interfaces para ilustrar el funcionamiento de la aplicación en diferentes situaciones:

- Pantalla principal
- Reposo
- Funcionamiento
- Opciones de sonido según la situación
- Funcionamiento general



Ilustración 34: APP en pausa sin detección GPS ni sensor



Ilustración 35: APP activada con detección GPS y sensor



Ilustración 36: Configuración de los sonidos

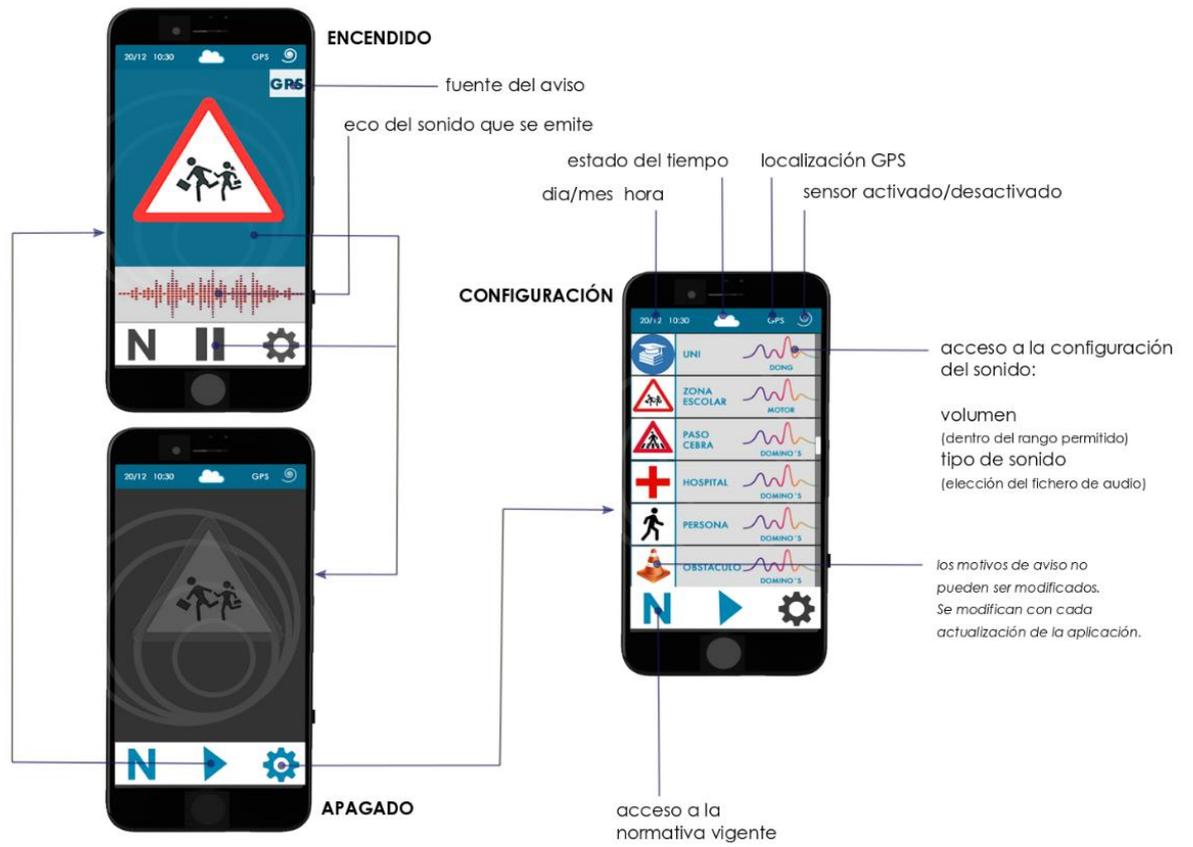


Ilustración 37: Funcionamiento general APP

7. Estudio económico

El estudio económico ha de mostrar el orden de magnitud de los costes implicados en el desarrollo de la propuesta presentada.

Dado que la solución propuesta hasta el momento no contiene los datos constructivos del módulo, este estudio debe orientarse principalmente a prever los costes del desarrollo de un prototipo funcional y a establecer su posible evolución dependiendo de las ventas.

El estudio económico se divide en dos partes:

- Costes de estructura
- Plan de ventas

En primer lugar, los costes de estructura incluyen diferentes aspectos del proyecto: fabricación del módulo y desarrollo de la APP.

El plan de ventas se proyecta a cinco años vista con un plazo de amortización a cinco años.

Todos los costes no incluyen IVA ^[1].

7.1. Costes de estructura

7.1.1. Módulo

El presupuesto total del módulo se desglosa en:

- Coste de componentes
- Coste de fabricación
- Coste de distribución

Todos los cálculos se realizan para una sola unidad. Los precios utilizados corresponden a los encontrados en las páginas webs del proveedor.

Primero se calcula el coste total de todas las componentes necesarias para una unidad. Los componentes listados son los seleccionados, con el precio de su proveedor respectivo.

^[1] IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido

Coste componentes	(€/u)
Sensor HC-SR04	1,49
Placa Arduino UNO REV	7,40
Porta pilas 9V alcalina	1,94
Pila 9V alcalina	6,00
Emisor bluetooth RS232 TTL	5,42
Altavoz EWA-A106	13,99
Velcro	0,55
Tornillos	1,20
Plancha de aluminio	4,75
Total	42,74

Tabla 37: Costes de componentes

La confección de una única caja en un taller de metalurgia contempla las siguientes operaciones:

- Cortar la placa de aluminio.
- Plegado con maquina específica.
- Orificios para los tornillos.
- Transporte.
- El coste de ensamblaje manual de los diferentes componentes y las pruebas de funcionamiento se calcula en 1 hora a un precio de 20,00€/h.
- El coste de ensamblaje manual de los diferentes componentes y las pruebas de funcionamiento se calcula en 1 hora a un precio de 20,00€/h.

Coste fabricación	(€/u)
Coste corte, plegado y orificios	300,00
Transporte	100,00
Ensamblaje	20,00
Total	420,00

Tabla 38: Costes de fabricación

Coste del módulo	€/1	€/1.000	€/10.000
Componentes	42,74	30	25
Fabricación	420,00	100,00	50,00
Total	462,74	130,00	75,00

Tabla 39: Costes de distribución

El decalaje de los costes en función de las unidades contempla la incorporación de procesos mecanizados y reducciones sustanciales en los costes de mecanizado y de transporte.

7.1.2. Aplicación móvil

El lanzamiento de la aplicación consta de tres fases: desarrollo, implementación y mantenimiento. Cada una de las tres fases comporta diferentes costes asociados.

El periodo de desarrollo es el tiempo durante el cual el ingeniero lleva a cabo todas las tareas asociadas al proyecto, incluyendo la parte destinada a la aplicación móvil. Este se ocupa de su desarrollo y realiza posteriormente el software, muchas veces con ayuda de informáticos externos. Además, con el fin de asegurar un correcto desarrollo y funcionamiento se deben realizar ciertas pruebas piloto.

Se considera, para el coste de ingeniero, una dedicación aproximada de 50 horas con un coste de 10€/h.

Para el programador del Arduino y de la APP se considera una dedicación de 200 horas con un coste de 30€/h

Para las pruebas piloto, se considera la dedicación de 20 horas de un usuario a 10€/h.

Coste desarrollo	(€)
Coste software	6.000,00
Coste ingeniero	500,00
Pruebas piloto	200,00
Total	6.700,00

Tabla 40: Costes de desarrollo

Para configurar y utilizar el módulo, se debe utilizar la APP desarrollada. Esta estará disponible para la descarga de los usuarios en la AppStore y en GooglePlay. Con el fin de

poder proporcionar este servicio, se debe pagar una entrada en la plataforma. Es un único pago con un coste de 100€.

- En el caso del sistema iOS:

El coste de entrada de la APP en AppStore es:

Coste implementación	(€)
Coste de entrada AppStore	100,00
Total	100,00

Tabla 41: Costes de implementación AppStore

Con el fin de mantener la disponibilidad de la aplicación en la plataforma de descargas AppStore, se debe pagar de manera anual un coste de derechos de 100€.

Coste mantenimiento	(€)
Coste de derechos AppStore	100,00
Total	100,00

Tabla 42: Coste de mantenimiento AppStore

- En el caso del sistema Android:

Coste implementación	(€)
Coste de entrada GooglePlay	25,00
Total	25,00

Tabla 43: Costes de implementación GooglePlay

El coste del software deberá imputarse al coste del módulo según las cantidades producidas.

Coste total	€/1	€/1.000	€/10.000
Módulo	462,74	130	75
Software	6.925,00	6,92	0,69
Total	7.387,74	136,92	75,69

Tabla 44: Costes del software según unidades

Si se considera que el margen comercial, que debe incluir los costes de empresa, es del 50% sobre el coste de producción nos da el Precio de venta al Distribuidor o PVD. A este precio se le debe añadir el margen del comercial destinado a la venta al público, que se estipula en el 100% sobre el PVD. De esta manera se obtiene el Precio de Venta al Público o PVP.

Este cálculo se ofrece sólo para las producciones seriadas.

PVP	€/1	€/1.000	€/10.000
Producción	7.387,74	136,92	75,69
PVD	-	205,38	113,53
Margen de venta al publico		205,38	113,53
PVP	7.387,74	410,76	227,06

Tabla 45: Precios de venta al público

8. Conclusiones

Se analiza si se han conseguido todos los objetivos inicialmente establecidos, para así asegurar el correcto desarrollo del proyecto.

Objetivo	Resultado
Definir un sistema de sonido portátil	✓
Poder ser configurada con un teléfono móvil	✓
Incluir ubicación por GPS	✓
Cumplir normativa europea vigente	✓
Optimizar puntos débiles de transporte de vehículos eléctricos (ausencia de ruido)	✓
Poder optimizarse	✓
Beneficioso para la sociedad	✓

Tabla 46: Resultado de los objetivos

Se ha ideado un módulo (sensor + controlador + altavoz) de sonido portátil, portable en el manillar de los vehículos eléctricos: motos, bicicletas y patinetes.

Su función es emitir un sonido de alerta en ocasiones necesarias. Se consigue mediante la APP diseñada. Esta incluye la ubicación por GPS para detectar el acercamiento a una zona donde se debe circular por debajo de los 20 km/h.

Las normativas referentes a los rangos de sonido permitidos como las referentes a los vehículos eléctricos se tienen en cuenta a lo largo de todo el proyecto; consiguiendo optimizar los puntos débiles de este tipo de vehículos (la ausencia de ruido a bajas velocidades).

El diseño del módulo de sonido supone un gran beneficio a los más vulnerables: invidentes, ciclistas, etc.; pero también a toda la sociedad en general. Por tanto, la fabricación de un prototipo del módulo también sería beneficioso para todos.

Las futuras modificaciones admitidas para el conjunto, con tal de sacar su máximo partido, se presentan a continuación.

9. Continuidad del proyecto

Las posibles opciones de continuidad para el proyecto son:

- Encontrar posibles alternativas a las componentes existentes
- Conectar la batería del altavoz a la del vehículo, permitiendo un aumento de la autonomía del transductor
- Alimentar el módulo con una conexión a la batería: contactar con fabricantes para que se encarguen de dejar esta conexión directa
- Conocer la batería restante de todos los componentes del módulo en todo momento: notificaciones en la APP
- Optimización del código Arduino
- Encontrar un sistema alternativo a la placa Arduino
- Mejora de la APP
- Instalar el sistema en las flotas de las empresas de alquiler de VMP
- Posibilidad de incluir la APP diseñada en este proyecto como opción en las aplicaciones de empresas alquiler de los VMP
- Pensar en alternativas de soporte del módulo: chaleco, casco, collar, riñonera, retrovisor (cuando todos los VMP eléctricos lleven incorporados), etc.
- Hacer publicidad del módulo
- Contactar con la Unión Europea o con gobiernos locales para impulsar una legislación acerca de los VMU
- Realizar un *business plan* exhaustivo

Cada una de estas pueden incrementar el coste total del aparato, debido a que el estudio económico está limitado a este proyecto y no a futuros. No obstante, una producción en masa o en grandes cantidades, contactando directamente con grandes fabricantes podría reducir el coste unitario y total, pero esto se lograría al cabo de un tiempo.

10. Agradecimientos

Una vez finalizado este proyecto, queremos agradecer a todas aquellas personas que han colaborado en su elaboración.

En primer lugar, dar las gracias a Joaquín Fernández, del departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería. Por toda su atención y tiempo en correcciones, sugerencias y continuo asesoramiento.

En segundo lugar, a la Universidad Politécnica de Catalunya, y en concreto a la ETSEIB y su equipo docente, por todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, tanto por la formación a nivel profesional como a nivel personal.

Por último, a todos aquellos profesores del tribunal, por su tiempo dedicado a la corrección del trabajo, por su presencia y deliberación en la exposición del proyecto.

A todos, gracias.

11. Bibliografía

11.1. Referencias bibliográficas

- [1] Enlace: <https://www.statista.com/statistics/445004/worldwide-sales-of-electricity-powered-twowheelers/>
- [2] Enlace : https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_warning_sounds#cite_note-UCRNews-13
- [3] Enlace : <https://www.accenture.com/es-es/company-news-2040-habra-2millones-coches-electricos>
- [4] Enlace: <https://twenergy.com/coches-electricos/el-mercado-mundial-de-vehiculos-electricos-2746/>
- [5] Enlace: https://es.wikipedia.org/wiki/Autom%C3%B3vil_el%C3%A9ctrico
- [6] Enlace: <https://www.autopista.es/noticias-motor/articulo/los-coches-electricos-bajaran-sus-precios-e-igualaran-a-los-gasolina-y-diesel>
- [7]. Enlace : <https://www.pontgrup.com/blog/ciudades-mas-motos-europa/>
- [8] Enlace : <https://computerhoy.com/noticias/motor/moto-electrica-vendida-espana-453229>
- [9] Enlace : <https://www.elperiodico.com/es/ciclismo/20190620/300-bicicletas-electricas-vendidas-cada-dia-7514134>
- [10] Enlace : <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/que-es-una-bicicleta-electrica>
- [11] Enlace : <https://www.pbsc.com/es/city/barcelona/>
- [12] Enlace : <https://www.lasbiciselectricas.com/urbana/moma-la-bicicleta-electrica-mas-vendida/>
- [13] Enlace : <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a29385365/patinetes-electricos-normativa/>
- [14] Enlace : <https://listatopventas.es/listado-de-patinete-electrico-mas-vendidos/>
- [15] Enlace : <https://comprarhoverboard.online/nilox/>
- [16] Enlace : <https://www.nilox.com/en/DOC-Skateboard/doc-skateboard-black-30nxskmo00003>
- [17] Enlace: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/2016/Instr_16_V_124_Vehiculos_Movilidad_Personal.pdf
- [18] Enlace : <https://somoschueca.eldiario.es/asi-se-moveran-madrid-patines-monopatines-vehiculos-movilidad-urbana/>

- [19] Enlace : https://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/vehicle_categories_es
- [20] Enlace : <https://www.autoescuelago.com/tipos-de-vehiculos/>
- [21] Enlace : <https://www.seguropordias.com/motor/articulos/velocidad-maxima-minima.php>
- [22] Enlace : https://www.todotest.com/manual/manual_autoescuela.asp?t=5&p=4
- [23] Enlace : http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/velocidad.pdf
- [24] Enlace : <http://extrat.liikenneturva.fi/pysahtymismatka-moottoripyora/en/>
- [25] Enlace : <http://www.sengpielaudio.com/calculator-levelchange.htm>
- [26] Enlace :
- <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/20012HG5.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1976+Thru+1980&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C76thru80%5Ctxt%5C00000008%5C20012HG5.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL>
- [27] Enlace: <http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2019/02FEBRERO/0211Uso-patinetes-en-ciudad.shtml#.Xf9iE0dKhPY>
- [28] Enlace : <http://www.comotemueves.com/2019/05/15/que-es-vmu/>
- [29] Enlace : http://ajuntament.barcelona.cat/bicicleta/sites/default/files/MobilitatPersonal_Fulleto_ES.pdf
- [29] Enlace: <https://www.lavanguardia.com/motor/actualidad/20190901/4777756278/por-que-coches-electricos-potentes-mayor-riesgo-accidente.html>
- [30] Enlace: <https://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20170120/413522181626/atropellos-mortales-se-disparan-barcelona.html>
- [31] Enlace : <https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20191011/accidenes-patinetes-electricos-seguros-barcelona-7675605>
- [32] Enlace : https://elpais.com/ccaa/2019/07/31/catalunya/1564598772_768963.html
- [33] Enlace: <https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20191215/una-anciana-primera-victima-mortal-del-patinete-electrico-en-barcelona-7773445>

[34] Enlace : <https://www.20minutos.es/noticia/3385846/0/accidentes-ciclistas-barcelona-bicicleta-racc/>

[35] Enlace : <https://www.20minutos.es/noticia/3385846/0/accidentes-ciclistas-barcelona-bicicleta-racc/>

[36] Enlace: <https://www.20minutos.es/noticia/3385846/0/accidentes-ciclistas-barcelona-bicicleta-racc/>

[37] Figura original de Nikhil Kanakamedala, Instrumentation undergraduate en MIT de India, adaptado y personalizado por el autor. Enlace : <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-a-transducer-and-a-sensor>

[38] Enlace: <https://www.electronicdesign.com/components/consider-all-factors-when-selecting-proper-inductive-proximity-sensor>

[39] Enlace : <https://meettechnik.info/measurement/accuracy.html>

[40] Enlace : <https://www.ficosa.com/es/la-compania/>

[41] Enlace : <https://www.ficosa.com/es/colaboradores/clientes/>

[42] Enlace : <https://electronilab.co/tienda/modulo-bluetooth-hc-06-serial-rs232ttl/>

[43] Enlace : http://www.micronica.es/files/pdfs/SIHD/SIHD_Sens_Actu_EC.pdf

[44] Enlace : https://www.ecured.cu/Controlador_de_dispositivo

[45] Enlace : <http://www.sengpielaudio.com/calculator-levelchange.htm>

[46] Enlace : <https://es.aliexpress.com/item/32976654989.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.185edc35gRcS75&s=p>

[47] Enlace : https://cronicaglobal.lespanol.com/business/ayuntamiento-veta-sillas-ruedas-electricas_276888_102.html

11.2. Bibliografía complementaria

11.2.1. Vehículos eléctricos

<https://www.quecochemecompro.com/blog/comparativa-coches-electricos-guia-de-compra/>

<https://twenergy.com/coches-electricos/el-mercado-mundial-de-vehiculos-electricos-2746/>

<https://www.xataka.com/vehiculos/13-motos-electricas-que-saldran-a-venta-espana-2019-sus-fabricantes>

<https://www.accenture.com/es-es/company-news-2040-habra-2millones-coches-electricos>

<https://movelco.com/vehiculos-electricos/motos-electricas/>

www.nextmotorbike.com/manufacturere

<https://motosnuevas.formulamoto.es/precios/Zero/segmento/Electricas>

<https://www.xataka.com/seleccion/que-bicicleta-electrica-comprar-2019-recomendaciones-17-modelos-369-a-3-999-euros>

11.2.2. Normativa y regulaciones

<https://movilidadelectrica.com/sistema-avas-que-es-y-por-que-ha-revolucionado-el-mercado-de-los-coches-electricos/>

http://ajuntament.barcelona.cat/bicicleta/sites/default/files/MobilitatPersonal_Fulleto_ES.pdf

https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2018-1066745_en

11.2.3. Componentes

Sensores:

https://www.tiendatec.es/arduino/placas/379-placa-uno-r3-atmega328p-cable-usb-compatible-arduino-uno-r3-8403790020005.html?utm_source=kelkooes&utm_medium=cpc&utm_campaign=kelkooeclick&utm_term=tiendatec+PLACA+UNO+R3+ATMEGA328P+%2B+CABL&from=kelkooes

https://www.ebay.es/i/322797215208?chn=ps&norover=1&mkevt=1&mkrid=1185-146825-5486-0&mkcid=2&itemid=322797215208&targetid=491779964335&device=c&mktype=pla&googleloc=20270&poi=&campaignid=1670809413&mkgroupid=66166821793&rlsatarget=pla-491779964335&abclid=1139526&merchantid=116401244&gclid=CjwKCAiAuqHwBRAQEiwAD-zr3VrJ-wR2pjyufu8E0uebCe7CYdNjbj2pSl2c_tmrMa_RWd9e4Vw85BoCdwMQAvD_BwE

https://www.andupil.com/es/pilas-alcalinas/15075-pila-alcalina-6lf22-6lp3146-industrial-duracell.html?gclid=CjwKCAiAuqHwBRAQEiwAD-zr3fOuBRXnuhNZzkWTc09hF2Pba05BSEg2WczEyVmYOB5PEGBzUvuwBBoCgOgQAvD_BwE

https://www.amazon.es/Tenflyer-Desarrollo-microcontrolador-MEGA328P-ATMEGA16U2/dp/B0126HY92E/ref=asc_df_B0126HY92E/?tag=googshopes-

[21&linkCode=df0&hvadid=65024843955&hvpos=1o4&hvnetw=g&hvrnd=7129267373198363729&hvpo ne=&hvpwto=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005424&hvtargid=pla-195066736635&pisc=1](https://www.aliexpress.com/item/32976654989.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.185edc35gRcS75&s=p21&linkCode=df0&hvadid=65024843955&hvpos=1o4&hvnetw=g&hvrnd=7129267373198363729&hvpo ne=&hvpwto=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005424&hvtargid=pla-195066736635&pisc=1)

Altavoces:

<https://es.aliexpress.com/item/32976654989.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.185edc35gRcS75&s=p>

https://es.aliexpress.com/item/32848857207.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.20949690Up0jPW&algo_p vid=5a3507fc-509f-45be-8d08-810ab869a199&algo_expid=5a3507fc-509f-45be-8d08-810ab869a199-1&btsid=b64563a8-ad19-43f2-9c96-28bdb1e9a08e&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_9,searchweb201603_52

<https://www.amazon.es/MakeTheOne-Bluetooth-Bicicleta-impermeable-inal%C3%A1mbrico/dp/B0192ZRL96>

Materiales para el ensamblaje:

<https://serveiestacio.com/ca/plancha-de-aluminio-pulido-espejo.html>

<https://serveiestacio.com/deslizadores-filtro-rollo-25-mm-x-200-cm-blanco-blister-1-rollo.html>

https://www.amazon.es/Popstar-Tornillos-disco-discos-pulgadas/dp/B01HBRG3W8/ref=sr_1_6?keywords=tornillos+3mm&qid=1578773931&sr=8-6

11.2.4. Información de proveedores

Sensores:

https://www.amazon.com/s?k=sensores+proximidad&_mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&ref=nb_sb_noss_2

<https://es.aliexpress.com/>

<https://www.ficosa.com/products/>

<https://www.directindustry.es/producto-fabricante/sensor-fotoelectronico-baumer-62108-373.html>

<https://eurohubner.com/es/sensores11>

Altavoces:

https://www.amazon.com/s?k=altavoces+portatiles&_mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&ref=nb_sb_noss_2

<https://es.aliexpress.com/>

<https://www.fnac.es/SearchResult/ResultList.aspx?SCat=0%211&Search=altavoces+portatiles&sft=1&sa=0>

<https://www.medimarkt.es/es/search.html?query=altavoces+portatiles&searchProfile=onlineshop&channel=mmeses>

<https://www.elcorteingles.es/search/?s=altavoces+port%C3%A1tiles>

11.2.5. Información adicional

Coste de creación de una aplicación:

<https://www.yeeply.com/blog/cuanto-cuesta-crear-una-app/>