

Prototip d'un vehicle automatitzat per a l'accés al tren

Laia Sánchez Tolo

Grau en Enginyeria Elèctrica. EPSEVG. Juny 2022

Resum

Aquest treball explica el funcionament així com la construcció i programació d'un prototip d'un robot transportador de persones que funciona de forma autònoma amb la finalitat de poder transportar a persones amb mobilitat reduïda en l'entorn del transport ferroviari.

Per poder arribar al seu disseny i construcció, es contextualitzarà la realitat actual envers el transport ferroviari i la seva accessibilitat. Posteriorment, s'explicarà el funcionament dels sensors i actuadors tot realitzaran els càlculs que siguin necessaris.

1. Introducció

Actualment les persones amb mobilitat reduïda que necessiten un ús permanent de la cadira de rodes –mecànica o elèctrica– queden excloses, segregades o amb una integració precària, en el servei de transport ferroviari perquè s'està incomplint la llei des del 24 de novembre del 2020 que va ser la data màxima establerta per haver implementat les mesures necessàries per oferir des d'aleshores un transport accessible [1].

En aquest treball s'ha decidit estudiar els combois operats per RENFE amb una limitació geogràfica regional, és a dir, que s'estudiarà concretament el servei de Rodalies de Catalunya de la Generalitat de Catalunya que està operat per RENFE, ja que ofereix un servei molt més extens que els altres serveis ferroviaris existents en la regió i compta amb els sistemes actuals d'accessibilitat més precaris.

2. Objectius

Aquest treball té com a objectiu dissenyar una solució per a les persones amb mobilitat reduïda per a l'accés al tren sense renunciar a la seva autonomia ni haver de canviar o modificar la cadira que fan servir. Per aquest motiu es planteja com l'acompanyament des de la plataforma d'origen –durant tot el trajecte en tren– fins a la plataforma de destinació mitjançant un robot transportador de persones amb mobilitat reduïda amb rodes que és una classe de robot per al transport de persones [2].

Per assolir aquest objectiu s'ha realitzat la proposta d'un vehicle autònom així com el disseny i construcció del seu prototip.

3. Accessibilitat a Rodalies de Catalunya

El servei de Rodalies de Catalunya es divideix en serveis de rodalia i serveis regionals.

Per conèixer la realitat de l'accessibilitat dels trens de la xarxa s'ha estudiat tots els serveis realitzats al llarg d'una setmana segons la línia de servei. Els resultats obtinguts s'han relacionat amb els combois que circulen per cada línia i s'ha tingut en compte el nombre de serveis que es realitza en cadascuna d'elles per poder analitzar el resultat obtingut en l'accessibilitat del servei.

Com que els combois utilitzats en cada servei i cada línia són diferent, l'afectació de la manca d'accessibilitat d'aquests combois es reparteix de forma desigual quedant més accentuada en els serveis regionals i en la rodalia del Camp de Tarragona. Es pot observar com dels 6 combois que circulen actualment per la xarxa ferroviària de Rodalies de Catalunya, només hi ha dos combois que s'han dissenyat amb accés per a les persones amb mobilitat reduïda, on cap correspon ni al comboi que presta més serveis ni del que es disposen més unitats.



Fig. 1. Accessibilitat en els combois de Rodalies de Catalunya.

Tanmateix, ni aquests dos combois, que sí que disposen d'accés per a les persones amb mobilitat reduïda, ni els dos combois nous que circularan en un futur per la xarxa, permeten una accessibilitat real, bé per la circumval·lació de les andanes, bé per la seva diferència d'alçada.

Per poder conèixer les distàncies existents entre el tren i l'andana així com el mateix accés del tren, s'ha fet un estudi de camp on s'ha analitzat els 6 combois en diferents estacions per poder establir unes mesures orientatives necessàries per al dimensionament del robot transportador de persones amb rodes.

En aquest apartat també s'estudia les ajudes i serveis d'assistència que RENFE i ADIF posen a la disposició, però que tanmateix, el gruix de persones ateses per aquest servei d'atenció no és el més significatiu i les ajudes existents, en tots els casos és necessària la intervenció i l'acompanyament per part d'una persona externa especialitzada que limita l'autonomia buscada en aquest projecte.

4. Disseny del prototip

A partir de la màxima inclinació desitjada en el pla inclinat generat entre l'anada i l'accés al tren, es dimensiona el robot transportador de persones amb rodes.

Un cop tingudes les dimensions físiques, s'ha calculat les velocitats de treball segons les diferents situacions de treball definides que estan condicionades per si està treballant amb la persona amb mobilitat reduïda i si es desplaça per un pla inclinat.

Finalment s'ha pogut calcular les forces i parells que han d'exercir els actuadors seleccionats en cada situació on cal destacar que es troba en la zona de treball de velocitats reduïdes i parells elevats.

L'estructura d'aquest robot consisteix en un sistema que és autònom i incorpora un sistema de comunicació sense fils amb la persona amb mobilitat reduïda usuària.

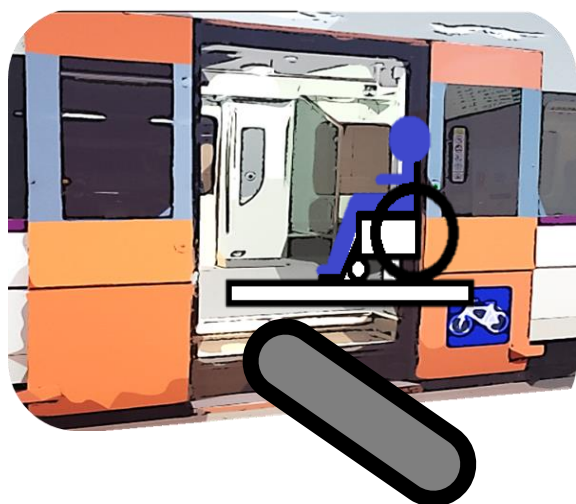


Fig. 3. Esbós esquemàtic del robot transportador de persones en la maniobra d'accedir a un 447.

Podem diferenciar tres subestructures diferents; la de tracció, la d'elevació i la d'inclinació.

En l'estructura de tracció, el motor seleccionat incorpora una reductora i és controlat amb un convertidor de freqüència per poder treballar en els diferents rangs de parell i velocitat. Els motors accionen el sistema de rodes d'eruga que gràcies a la seva adherència i suavitat de moviment permetrà remuntar les escales que es troben per a l'accés al tren.

Sobre d'aquesta estructura es troba la plataforma elevadora [3]. La seva finalitat és permetre a la persona amb mobilitat reduïda poder accedir a la plataforma d'inclinació del mateix robot transportador de persones. En aquest cas s'ha prioritzat optimitzar les seves dimensions de forma que s'ha escollit per un sistema de paral·lelogram retràctil de tal

manera que en la posició recollida no sobresurt ni interfereix en les dimensions de les altres estructures.

La plataforma elevadora té tres posicions verticals fixes; la posició inferior, destinada a permetre l'accés a la persona amb mobilitat reduïda, la superior, a l'alçada de la plataforma d'inclinació on la persona amb mobilitat accedeix i finalment la central, que és la posició en què desenvolupa l'extensió a l'inici de cada seqüència i el replegament un cop ha acabat on, per al sistema retràctil d'aquesta plataforma es fa servir el sistema de transmissió de pinyó cremallera.

El motor seleccionat per a l'accionament del sistema d'elevació és un motor pas a pas, amb el seu controlador, en què a la sortida del motor s'ha dimensionat una caixa reductora formada per tres etapes planetàries, amb tres planetes en cadascuna d'elles, amb la finalitat d'obtenir a la sortida el parell i velocitat calculada.

Finalment la plataforma d'inclinació permet que la persona amb mobilitat reduïda en tot el transcurs de l'accés al tren resti en un pla paral·lel al terra, és a dir, sense patir la inclinació del pla inclinat en el moment de remuntar les escales del tren. Per aconseguir-ho es fa mitjançant el sistema d'actuador lineal accionat per un motor.

Un cop dimensionades les estructures i els respectius actuadors s'ha de dimensionar l'alimentació de tot el conjunt. Com que es tracta d'un dispositiu que es troba tant a l'interior del tren com en l'andana de l'estació el sistema d'alimentació ha de ser independent i per aquest motiu serà mitjançant una bateria. Tanmateix s'accedirà a la xarxa d'alimentació del mateix tren per a la recàrrega de la bateria mitjançant un sistema sense fils.

5. Construcció del prototip

Per veure el funcionament del robot transportador de persones amb rodes es fa la construcció del prototip a escala on en aquest cas s'entra més en detall en el sistema de control a la vegada que es construeix de forma integrada les tres estructures que hem diferenciat en l'apartat anterior.

Així i tot, el primer pas és la selecció del sistema que es farà servir per remuntar escales, és a dir, per a l'accés al tren, així com la selecció de com serà la composició de les estructures, que finalment s'ha decidit de fer-la modular a partir de fer una construcció pròpia amb peces de Lego.

En aquest apartat es detalla les quatre divisions funcionals que té el robot transportador de persones amb rodes.

En primer lloc tindriem la responsable del moviment que és el conjunt de l'estructura de tracció i les rodes d'eruga amb els motors respectius i que en aquest cas és a partir del mòdul format per un LED d'infrarojos i un fototransistor programat per al seguiment de la línia per a l'interior del tren.

A continuació, per a assolir la funcionalitat en termes de seguretat, hi ha el sensor d'ultrasons per detectar obstacles així com indicadors i actuadors de llum i so.

La responsable de l'accés a la plataforma robòtica és el funcionament de l'estructura d'elevació, que en aquest cas, la transmissió de pinyó cremallera està accionada pel servomotor.

Finalment, la responsable de l'accés al tren, permet regular la plataforma d'inclinació mitjançant l'angle d'inclinació de l'estructura de tracció, obtingut a partir de l'acceleròmetre.

El sistema està integrat i controlat pel mòdul ESP32-DevKitC V2 [4].

També es pot observar en l'esquema de connexions com en aquest cas, cada motor, excepte el servomotor, fa servir una placa controladora, sent la mateixa en el cas dels motors DC i diferents de la dels motors pas a pas.

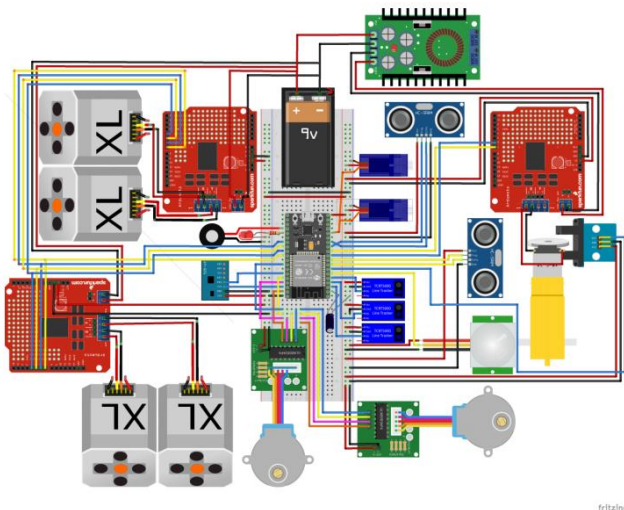


Fig. 4. Esquema de connexions.

El motor que acciona l'actuador lineal, porta un codificador (*encoder*) incremental per gestionar la conversió de voltes en graus d'inclinació de la plataforma.

L'alimentació del prototip consisteix en un conjunt de piles recarregables que proporcionen una tensió aproximada de 9 V, que és la tensió d'alimentació dels motors de tracció i 5 Ah, on en el cas del motor DC que acciona l'actuador lineal, és necessari reduir la tensió d'alimentació perquè treballa a 4.5 V i per aquest motiu es fa servir un convertidor reductor.

La resta d'actuadors i sensors s'alimenten a partir de l'alimentació subministrada per la placa controladora ESP32 que a la vegada està alimentada amb una bateria portàtil de 5 V.

6. Programació

La interfície d'Arduino permet programar la placa controladora del prototip i per tant els sensors i actuadors que governa.

En aquest projecte es fa servir llibreries disponibles en la mateixa interfície així com llibreries externes per a la programació del control dels motors DC i dels servos motors així com del petit altaveu que fem servir per als senyals acústics.

S'ha pogut observar que a partir de la interfície de l'Arduino no es pot aprofitar tot l'espai de memòria disponible del que disposa la placa i que la llibreria del Bluetooth consumeix més de la meitat de tot el programa.

La seqüència de funcionament del robot transportador de persones és pràcticament seqüencial i per etapes.

La primera etapa és la situació en la qual es troba a l'interior del tren en la base de recàrrega i la persona amb mobilitat reduïda a l'arribada del tren sol·licita el servei del dispositiu des de l'andana de l'estació.

El dispositiu, mitjançant el seguiment de les línies es desplaça fins a la porta del tren i espera que s'obrin.

Seguidament un cop obertes baixa fins a l'andana i un cop ha arribat realitza una maniobra de gir de 90°. Aquesta maniobra és necessària a conseqüència de l'amplada mínima de les andanes.

Finalitzada la maniobra de gir, realitza el desplegament de la plataforma elevadora i es porta fins a la posició inferior. Quan la persona amb mobilitat reduïda ha accedit a la plataforma elevadora puja fins a la posició superior.



Fig. 5. Aspecte del prototip en la maniobra d'accés al tren.

Un cop la persona amb mobilitat reduïda es troba a la plataforma d'inclinació la plataforma elevadora retorna a la posició central per ser replegada de nou.

Es torna a realitzar la seqüència de gir de 90° i es disposa a realitzar la maniobra d'accés al tren, on en aquest cop s'activa la plataforma d'inclinació perquè la persona amb mobilitat reduïda no pateixi cap inclinació.

Finalment el dispositiu, un cop dins del tren, es desplaça fins a la posició de recàrrega a l'espera que la persona usuària li indiqui que baixa a la propera estació.

7. Resultats

S'ha calculat les característiques de les estructures i actuadors de la proposta de robot transportador de persones amb rodes segons les característiques de treball i amb el compliment de la normativa.

S'ha realitzat la construcció del prototip amb la integració de totes les estructures, mòduls i sensors prèviament seleccionats i dimensionats i s'ha elaborat la programació de control.

8. Conclusions

Aquest treball ens ha permès conèixer la situació actual i futura de l'accessibilitat dels combois de Rodalies de Catalunya i comprovar que les solucions actuals i futures no ofereixen accessibilitat real i continua impune davant l'incompliment de la llei.

S'ha pogut conèixer i fer front a la normativa reguladora tant de la part estructural com dels aspectes dinàmics del

robot transportador de persones amb rodes, que ens ha marcat el camí a seguir en l'elaboració, selecció i dimensionament de components, construcció i control del prototip basat en el microcontrolador ESP32.

Finalment plantegem com a treball futur la difusió d'aquest projecte amb la finalitat de donar-li una continuïtat a la vegada que es va aportant la consolidació d'alguns aspectes del mateix prototip com podria ser la comunicació i la seguretat.

Referències

1. Madrid. Reial Decret 1544/2007, de 23 de novembre, *pel qual es regulen les condicions bàsiques d'accessibilitat i no-discriminació per a l'accés i la utilització de transport per a persones amb discapacitat* [en línia]. Butlletí Oficial de l'Estat, 2007-12-04, suplement núm. 39, pp. 5140 a 5166. [Consulta: 20-09-2021]. Disponible a: https://www.boe.es/boe_catalan/dias/2007/12/14/pdfs/A05140-05166.pdf
2. UNE. UNE-EN ISO 13482. *Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de Seguridad para robots no Industriales. Robots de asistencia personal no médicos*. Madrid: AENOR, 2014.7
3. UNE. UNE-EN 1756-2:2005+A1. *Compuertas elevadoras. Plataformas elevadoras para montaje sobre vehículos rodantes. Requisitos de seguridad. Parte 2: Plataformas elevadoras para pasajeros*. Madrid: AENOR, 2010.
4. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet v3.8 [en línia]. *Espressif Systems (Shanghai) Co., Ltd.*. 2018-06-08, ©2021. [Consulta: 04-01-2022]. Disponible a: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf