

# Berrikuntza Agenda 2026

Juanjo Plazak lagatutako argazkia

**et/s**  
euskal trenbide sarea

## AURKIBIDEA

### BERRIKUNTZAREN IRISMENA

### LABURPEN EXEKUTIBOA

#### ETS – TECNALIA LANKIDETZA-HITZARMENA:

Elementuen analisia eta kalitate akustikoaren eta irisgarritasunaren hobekuntza

CROSUSMOB: Fostering Cross Border Sustainable Mobility

### BERRIKUNTZA PROIEKTUAK

- ❏ **DIG2RAIL:** Trenbide-azpiegitura jasangarriagoen zainketarako ekosistema prediktiboaren garapena Euskadiko lehenetazko hondakinetatik abiatuta
- ❏ **INCREASE:** Effective advancements towards uptake of PV integrated in buildings & infrastructure
- ❏ **MOYSEST:** Mission Critical Services and Transportation Systems
- ❏ **SIDMAT:** Ibilgailuen matrikulak era automatikoa detektatzeko sistema
- ❏ **4RAIL:** Trenbide-kudeaketa integraturako mantentze prediktibo-kognitiboa
- ❏ **CON4MIN**
- ❏ **MARTINI:** Modal analysis and artificial vision technologies for tunnel evaluation

### BERRIKUNTZAKO ERRONKAK

# BERRIKUNTZAREN IRISMENA

ETSren **SGIk** euskal trenbide sistemako berrikuntza bultzatu eta kudeatzen du, 2023-2033 Plan Estrategikoarekin lerrokatuta, balio jasagarria sortzeko, lankidetzak teknologikoa sustatzeko eta eraginkortasuna eta zerbitzua hobetzeko.

Bere **irismena** hau da: lehenetasunak identifikatzea, berrikuntzak kudeatzea eta hedatzea, berrikuntza-ekosistemarekin lankidetzan aritzea (unibertsitateak, zentro teknologikoak, start-upak, enpresak, administrazioak) eta euskal trenbide-sistemaren esparruan nazioko eta nazioarteko proiektuetan parte hartzea.

## ERAKUNDEAREN ESTRATEGIAREKIN bat datozen, berrikuntza-eremuak



Aktiboen mantentze-lanen hobekuntza



Trafikoaren kontrol eta kudeaketa aurreratua



Eraikuntzarako laguntza



Energia-eraginkortasuna



Segurtasuna zirkulazioan



Barne prozesuen/barne lanen dinamikien hobekuntza



Ekoberrikuntza eta ingurumen-inpaktua

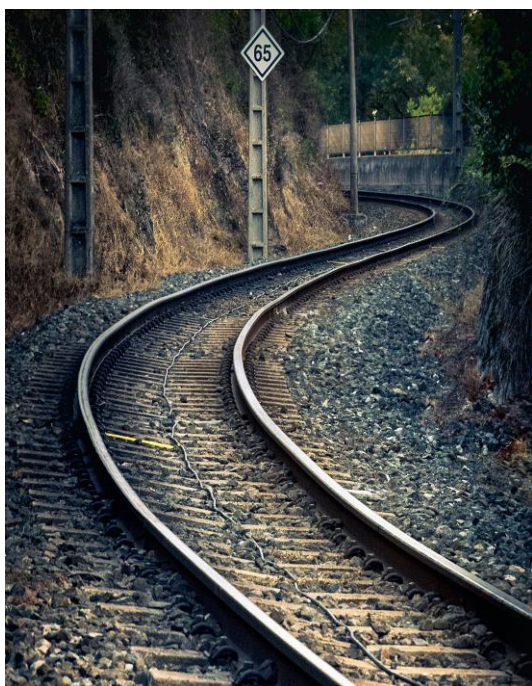


Irisgarritasunaren hobekuntza

# LABURPEN EXEKUTIBOA

Euskal Trenbide Sarea/Red Ferroviaria Vascak (ETS) bere helburu nagusia betetzeko gauzatzen ditu bere jarduerak: Euskal Autonomia Erkidegoaren esku dauden trenbide-azpiegiturak eraikitzea, kontserbatzea, kudeatzea eta administratzea, trenbidea garraio-sistema moderno, eraginkor eta jasangarri bihurtzeko helburu nagusiarekin.

ETSk etengabe gauzatzen ditu berrikuntza arloko (I+G+b) hainbat proiektu, eta horietako batzuk agenda honetan jasota daude. Argitalpen honetan bertan, ETSk bideratu nahi dituen berrikuntza-erronkak ere aurkezten ditugu.



ETSk berrikuntzaren aldeko apustua bultzatzen jarraitzen du, **Europako proiektuetan** eta I+G+b bultzatzeko programetan parte hartuz. Aurten, bereziki nabarmentzekoa da mugaz gaindiko mugikortasun jasangarri eta konektatuko irtenbideak garatzera bideratutako Europako **TRANSFORMUGI** ekimena. Aldi berean, Eusko Jaurlaritzak ikerketa sustatzeko bultzatzen dituen **Hazitek** programetan laguntzaile izaten jarraituko dugu.

Barne estrategiaren esparruan, ETSk berrikuntzaren kudeaketarekin duen konpromisoa lantzen jarraitzen du, eta, gaur egun, **nazioarteko ISO 56001 estandarrera egokitzeko** lanean ari da, berrikuntzaren kudeaketa sendoagoa finkatzeko.

Aldi berean, 2024aren amaieran TecNALIA Research & Innovationekin sinatutako “*Elementuen analisia eta kalitate akustikoaren eta irisgarritasunaren hobekuntza*” hitzarmena lantzen jarraitzen da. Bertan, lehen urte honetarako konprometitutako hiru mugariak lortu dira.

ETSk berrikuntzarekin duen konpromisoa askotan nabarmendu da Nazioarteko **QUALITY INNOVATION AWARD** Lehiaketan. Horren aintzatespenen artean daude 2021ean “Abiadura txikiko trenbideetarako minihesi akustikoa” proiektuagatik lortutako saria eta 2019an “Ikusmen artifizial adimendunaren bidez trenbide-pasaguneak gainbegiratzeagatik” jasotakoa, biak Public Service Innovations kategorian.

## Elementuen analisia eta kalitate akustikoaren eta irisgarritasunaren hobekuntza

ETSren eta **Tecnalia Research & Innovation Fundazioaren** arteko hitzarmena indarrean egon den lehen urtean modu sistematikoan garatu dira akordioaren arlo bakoitzean zehaztutako mugarrak lortzeko beharrezkoak diren jarduketak. Jarduketa horien barruan sartu dira dokumentazio garrantzitsuaren azterketa, egungo egoeraren lanketa, benchmarking jarduerak egitea eta hainbat kolektiborekin tailerrak antolatzea.

### ZARATA ETA BIBRAZIOAK

Esperimentazio guneko bide orria

Benchmarking-lanak egin dira, Europa mailako beste trenbide-sektore batzuk zertan ari diren jakiteko, bai eta proba- edo esperimentazio-eremu bat definitzeko behar diren ezaugarri posibleak identifikatzeko ere.

Testuinguru horretan, elkarrizketak izan dira Galesen **GCRE**ekin (**Global Center of Rail Excellence**), eta trenbide azpiegituren hainbat kudeatzaileekin, hauekin, besteak beste:

- DB (Deutsche Bahn) Alemanian.
- Network Rail, Erresuma Batuan.
- ADIF, Espainian.

Aldi berean, inkestak bidali zitzaizkien zarataren eta bibrazioen sektoreko profesionaleri. Era berean, **IWRN15** (The International Workshop in Railway Noise) ekitaldia ETSk Tecnaliarekin sinatutako hitzarmenaren esparruan egiten ari zen lana aurkezteko aprobetxatu zen.

Benchmarking fasea amaitu eta bildutako informazioa aztertu ondoren, esperimentazio eremuak zaratari eta bibrazioei dagokienez egin ditzakeen probak definitu dira:

- Errodadura-zarataren ezaugarritzea.
- Hedapenerako hesiaren ezaugarritzea.
- Lurrerako eta ingururako bibrazioen emisioaren ezaugarritzea.
- Inpaktuen zarataren ezaugarritzea.
- Kirrinka-zaraten ezaugarritzea.

## Elementuen analisia eta kalitate akustikoaren eta irisgarritasunaren hobekuntza

### IRISGARRITASUNA

Trenbide-sistema irisgarriagoa eta inklusiboagoa

**Geltokien** eremuetan eta **nasa-trena interfazean** **irisgarritasunaren** hobekuntza sustatzeko egin da lan.

Lehen urte horretan tailer bat egin zen hainbat kolektibotako erabiltzaileekin. Emaitzak Irisgarritasunaren arloan ETSren azpiegituraren etorkizuneko **soluzio berritzaileak** bideratuko dituzten **erronkak** definitzeko helburuarekin egindako txostenean jaso dira.



### KLIMA-ALDAKETARAKO EGOKITZAPENA

Eragin potentzialen identifikazioa eta arrisku garrantzitsuen lehenespena

Lehen fase honetan, egungo egoeraren azterketa ere egin da, eta trenbide-sektorerako arrisku garrantzitsueni eman zaie lehentasuna, klima-arrisku esanguratsuenei eta sareko elementu kaltetuenei dagokienez egungo egoera ezagutzeko. Ondoren, arrisku bakoitzari dagozkion **inpaktukateak** garatu dira, errazago ulertzeko, bistaratzeko eta sistematizatzeko.

### LEHENETSITAKO ARRISKUAK

ESTRÉS TÉRMICO Y  
PANDEO FERROVIARIO



OLAS DE FRIO



LLUVIAS INTENSAS  
INUNDABILIDAD



DESPRENDIMIENTOS  
TALUDES



VIENTO



# CROSUSMOB:

## Fostering Cross Border Sustainable Mobility

Interreg  
Europe



Co-funded by  
the European Union

CROSUSMOB



### PROIEKTUKO BAZKIDEAK

#### Aachener

#### Verkehrsverbund

Akisgrango garraio  
agentzia (Alemania)

#### Prometni institutua

Garraio Ministerioaren  
mendekoa (Eslovenia)

#### KTI Garraio eta logistika zientzietarako institutua

Garraio Ministerioaren  
mendekoa (Hungaria)

#### Proventza – Alpeak – Kosta Urdina lurraldea

Hegoaldeko lurralde  
gubernua (Frantzia)

#### Drenthe probintzia

Drentheko probintzia-  
gubernua (Holanda)

#### Eusko Jaurlaritza

Mugikortasun  
Jasangarriaren Saila

#### Euskal Trenbide Sarea

CROSUSMOB helps policymakers better understand crossborder sustainable mobility to make it more accessible and improve cooperation between authorities in both countries.

**Helburua:** mugaz gaindiko garraioa handitzeko politikak garatzea, Europako Trenbide Espazio Bakarrean lurralde eta nazio mailako politikak hobetuz, oztopoak kenduz eta merkatua eragile eta zerbitzu berriei irekiz. Asmo handiko proiektu hau aurrera eramateko Europako bost bazkideren babesa du, Eusko Jaurlaritzaz gain

Interreg Europe programak onartutako **CROSUSMOB (Fostering Cross Border Sustainability)** proiektua abian da gaur egun. 2024ko apirilaren 1ean hasita, 2028ko martxora arte luzatuko da, eta 1,5 milioi euroko aurrekontua izango du guztira. Helburua **mugaz gaindiko jasangarritasuna** bultzatzea da, Europako lurraldeen arteko lankidetzaren bidez.

Crosusmob proiektua **elkarlanean** eta parte hartzean oinarritutako **laneko** modu baten bidez gauzatzen da. Horretarako, bilerak antolatzen dira hainbat *stakeholder*-ekin, eta bertan ikuspuntuak eta esperientziak partekatzen dira. Era berean, landa bisitak egiten dira, hainbat ekimen bertatik bertara ezagutzeko eta jardunbide egokiak partekatzeko.

Jarduera horiek identifikazioarekin eta eskualde-mailako egoera aztertzen duten txostenak egitearekin osatzen dira. Orain arte lehenengo bi txostenak egin dira eta hirugarrena lantzen ari gara.

- First Regional Diagnosis: Cross border mobility barriers sensibility.
- Second Regional Diagnosis: Environmental sustainability.
- Third Regional Diagnosis: Cross border mobility permeability sensibility.



# Berrikuntza Proiektuak

# DIG2RAIL: Trenbide-azpiegitura jasangarriagoak zaintzeko ekosistema prediktiboaren garapena Euskadiko lehentasunezko hondakinetatik abiatuta

**Helburua:** EKO-trenbide plataforma digitalizatuen produktuak garatzea, eta RCDak eta zepa beltzak (balastoa eta azpibalastoa, esaterako) erabiltzearen bideragarritasuna aztertzea



**Ekoberrikuntza  
eta ingurumen-  
inpaktua**

## Parte-hartzaileak

- Tecnalia, Comsa, Teknés, Campezo Obras y servicios, GZS eta Buildinn
- ETS: I+G+b, Kalitate eta Ingurumen Zuzendaritza

## Testuingurua

DIG2RAIL proiektua, erakunde teknologiko espezializatuen laguntzarekin ingeniartzako, materialetako, digitalizazioko eta eraikuntzako gaitasunak integratzen dituen diziplina anitzeko partzuergo baten esparruan garatzen da.

Proiektuaren helburua trenbide-azpiegitura digitalizatuertarako soluzio berritzaileak eta ingurumen aldetik jasangarriak diren soluzioak ikertzea eta garatzea da. Esparru horretan, eraikuntzako eta eraispeneko hondakinen (EEH) eta altzairugintzako zepa beltzen balorizazioa bultzatzen da, trenbide-azpiegiturako sekzio osoen diseinuan eta dimentsionamenduan bigarren mailako agregakin gisa erabiliz, ekonomia zirkularrari eta lehengai naturalen kontsumoa murrizteari laguntzeko.

## Proiektuaren faseak eta jarraipena

30 hilabete irauten dituen eta hiru fase nagusitan egituratzen den proiektua 2024an hasi zen. Lehen fasean, hondakinei buruzko jarduketak lantzen dira, EKO-balasto eta EKO-azpibalasto soluzioak

garatzeko, neurketa sistemen diseinuarekin, monitorizaziorako software plataformarekin eta AAn oinarritutako algoritmo prediktiboarekin batera. Bigarren fasea ingurune kontrolatu batean erakusle bat diseinatzean, gauzatzean eta baliozkotzean oinarritzen da, azken garapenen ingurumen ebaluazioa barne. Azkenik, hirugarren fasea garatutako soluzioen bideragarritasuna aztertzea eta emaitzak hedatzeko eta transferitzeko estrategia definitzera dago bideratuta, eta, proiektu osoarekin batera, jardueren etengabeko kontrola eta jarraipena egiten da.

2025ean lehen fasea osatu zen, EKO-balasto eta EKO-azpibalasto soluzioak garatzeko hondakinen tratamendua eta balorizazioa ardatz hartuta, baita monitorizaziorako software azpisistemaren eta adimen artifizialean oinarritutako algoritmo prediktiboaren diseinua ere. Aldi berean, fase horren amaieran, garatutako soluzioak baliozkotzea ahalbidetuko duen erakuslearen kokapen egokiena definitzeko azterlanak hasi ziren.

# INCREASE: Effective advancements towards uptake of PV integrated in buildings & infrastructure

**Helburua:** Gaitasun fonoxurgatzailea duten panel fotovoltaikoak garatzea



Ekoberrikuntza  
eta ingurumen-  
inpektua



Energia-  
eraginkortasuna

## Parte-hartzaileak

- Europako enpresen partzuergoa
- ETS: I+G+b, Kalitate eta Ingurumen Zuzendaritza y Mantentze Operatiboaren eta Ustiapen Ingeniaritzaren Saila

## Proiektuaren deskribapena

Oro har, INCREASE proiektua aurrerapen esanguratsua da funtzio anitzeko soluzio fotovoltaikoen garapenean, mugikortasun jasangarriagoa lortzen, eraikitako ingurunean energia berriztagarriak integratzen eta hiri eta garraio azpiegituretan ingurumen kalitatea hobetzen lagunduz.

**Horizonte Europa programaren** barruan (5. klusterra: mugikortasuna, energia eta jasangarritasuna), proiektua 2023ko urrian hasi zen, eta 54 hilabeteko iraupena izango du. Bere helburu nagusia eraikinetan eta azpiegituretan integratu daitezkeen sistema fotovoltaiko berritzaileak garatzea da, haien eraginkortasuna handitzeko eta bizi ziklo osoan kostuak murrizteko.

Proiektuaren partzuergoa industria, ikerketa eta unibertsitate arloko Europako 8 herrialdeetako 24 enpresa, unibertsitate eta zentro teknologikok osatzen dute. Erakunde horiek Europako hainbat hiritan instalatuko diren bederatzi proba pilotu garatzen eta baliozkotzen lagunduko dute. ETS da Derioko geltokian instalatuko den proba pilotuaren burua. Berezitasun nabarmena du, izan ere, ez da material, kolore eta gardentasun maila desberdineko

panel fotovoltaikoak garatzera mugatzen, propietate fonoxurgatzaileak ere baditu **eta**.

## Proiektuaren aurrerapena

Proba pilotu hori Tecnalía, Onix, Metalbuild, KU Leuven eta Becsarekin lankidetzan egiten da. Lehen fasean, hesiaren diseinu kontzeptuala landu zen 2024an, eta haren behar akustikoak definitu ziren.

2025ean diseinu funtzionala jorratu zen, ahalmen fonoxurgatzailearen eta energia sortzearen arteko oreka egokiena bilatuz. Etapa horretan, fabrikazio- eta instalazio-fasearen aurreko behin betiko eredu definitzeko beharrezko simulazioak eta baliozkotze-probak egin dira.

# MoySETS: Mission Critical Services and Transportation Systems

**Helburua:** FRMCS gomendioetan oinarrituta egongo den eta seinaleztapen kritiko eta ziberseguruko MCS zerbitzuak eskainiko dituen 5G sareetan oinarritutako trenbide-komunikazioen sistema bat garatzea



Trafikoaren kontrol  
eta kudeaketa  
aurreratua

## Parte-hartzaileak

- Teltronic, Nemergent, Kenmei, S2Grupo eta Euskotren
- ETS: I+G+b, Kalitate eta Ingurumen Zuzendaritza eta Instalazio eta Mantentze Lanen Zuzendaritza

## Testuingurua

Europar Batasunak **Suspertze, Eraldatze eta Erresilientzia Planaren** esparruan bultzatutako eta 5G Programa BAKAR Sektorialari atxikitako MoySEST proiektuak belaunaldi berriko konektagarritasun teknologien bidez trenbide sektorearen digitalizazioa bultzatzera bideratutako ibilbide luzeko ekimen estrategikoa ekarri du.

Hiru urtean garatutako proiektuaren helburu nagusia 5G banda zabaleko sareen erabilera baliozkotzea izan da, tren-lurra komunikazio kritikoaren euskarri gisa, etorkizuneko FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) estandarren ezarpena aurreratuz.

## Proba pilotua

Proiektuaren esparruan, proba pilotu bat egin zen ingurune errealean, Euskotrenekin eta ETSrekin (Euskal Trenbide Sarea) lankidetzan. Horretarako, 5G sare pribatu bat zabaldu zen ETSren azpiegituretan, Lebario eta Durangoko geltokiaren artean, eta Euskotrenen unitateetako batean

datuak transmititzeaz arduratuko ziren ekipoak instalatu ziren. Hainbat gauzez, probatuko tren zirkulatzen aritu zen denbora errealean datu eta bideo bolumen handia transmititzen zen bitartean. Aldi berean, zibersegurtasun proba zorrotzak egin ziren, eta horietan sistemaren sarbide maila desberdinetan eragindako arazoak arrakastaz detektatu, erregistratu eta neutralizatu ziren.

Estaldura, latentzia, egonkortasun eta segurtasun terminoetan lortutako metrikek MCX teknologietan eta 5G sareetan oinarritutako FRMCS ekosistemaren bideragarritasuna berretsi zuten, eta trenbide ingurunean bermeekin jardun ahal izan zen.

Proba pilotuaren ondoren, proiektua aztertzeko eta baliozkotzeko azken fasean dago, probetan bildutako datuen tratamenduan zentratuta. Lan horri esker, lortutako informazioa ezagutza tekniko bihurtu ahal izango da, teknologia horien etorkizuneko estandarizazioa babestuko duten ebidentziekin.

# SIDMAT: Ibilgailuen matrikulak era automatikoan detektatzeko sistema

**Helburua:** Merkantzien sarrera eta igarotzea kontrolatzeko UIC motako tren-matrikulen irakurketa automatikoko algoritmoekin kostu txikiko sistema bat sortzea



Trafikoaren kontrol  
eta kudeaketa  
aurreratua

## Parte-hartzaileak

- Ingecom Sistemas
- CEIT
- ETS: I+G+b, Kalitate eta Ingurumen Zuzendaritza

## Zertan datza proiektua?

Proiektuak UIC trenbide-matrikulak automatikoki irakurtzeko gai den aplikazio bat garatzea planteatzen du, ingurune logistikoetan sarbideen kontrola eta salgaien joan-etorria hobetzeko. Proposamena irudiak prozesatzeko teknologia aurreratuetan oinarritzen da, eta detekzio zehatza eta denbora errealean egiteko aukera ematen du, baita ibilgailuak mugitzen ari direnean ere, eta hori aurrerapen nabarmena da sistema tradizionalen aldean.

Berrikuntza segurtasun eta kontrol sistemen digitalizazioan oinarritzen da, Adimen Artifiziala, Big Data eta sistema ziberfisikoak erabiliz, eta horrek baliabideak optimizatzeko, prozesuen eraginkortasuna handitzeko eta sektoreko enpresen produktibitatea hobetzeko aukera emango du.

Identifikazio prozesuaren automatizazioak eskuzko esku-hartzearen zati handi bat ezabatzen du, erroreak murriztuz eta eguneroko eragiketak arinduz, intzidentzien aurrean azkarrago erantzuteko eta kudeaketa logistikoa hobeto koordinatzeko aukera ematen du, eta, gainera, salgaien trazabilitatea eta material arriskutsuak

garraiatzeko orduan segurtasuna indartzen ditu.

## Bisita proba pilotua egingo den lekura

ETSren Lebarioko instalazioak proposatu dira proba pilotua egiteko gune posible gisa.

2025eko urrian lehen bisita tekniko bat egin zen, kokalekuaren egokitasuna ebaluatzeko eta sistema inplementatzeko beharrezkoak diren baldintzak identifikatzeko, trenbideen altuera, elikadura elektrikoa eta ekipoen eta kameren instalazioa, besteak beste.

Bisita horretan bertan, ezagutza-eredua entrenatzeko eta irudi sintetikoak sortzeko oinarri gisa balioko duten merkantzia-bagoien benetako irudiak hartu ziren.

Bildutako informazioa aztertu ondoren, 2026ko maiatzean proba pilotua instalatzen hasia proposatu da.

# 4RAIL: Trenbide-kudeaketa integraturako mantentze prediktibo-kognitiboa

**Helburua:** Enpresen lehiakortasuna eta eraginkortasuna hobetzea, azpiegituren kudeaketaren eta mantentze-lanen ikuspegitik



**Aktiboen  
mantentze-lanen  
hobekuntza**

## Parte-hartzaileak

- Tecsa, Limmat, Vigoko unibertsitatea eta Tecnalia
- ETS: I+G+b, Kalitate eta Ingurumen Zuzendaritza

## Testuingurua

4Rail proiektuaren helburua trenbide sektoreko mantentze-lanei buruzko erabakiak hobeto hartuko dituen plataforma bat garatzea da. Garapenerako erabiltzen ari diren teknologia nagusiak laser eskaneatzea, datuen detekzioa IoT sentsoreetatik abiatuta eta Adimen Artifiziala dira.

Proiektuaren garapenak onura hauek ekarriko ditu:

- ✓ Teledetekzioan eta informazio geospazialean oinarritutako tresnen garapena, trenbide-aktiboak digitalizatzeko, inbentariatze eta ikuskatzeko.
- ✓ Trenbideak ikuskatzeko lanen automatizazioa.
- ✓ Sentsoreen garapena eta monitorizazio estrategia optimizatuak.
- ✓ Adimen artifizialeko tekniken txertaketa mantentze lan prediktibo-kognitiboko estrategiak garatu ahal izateko.

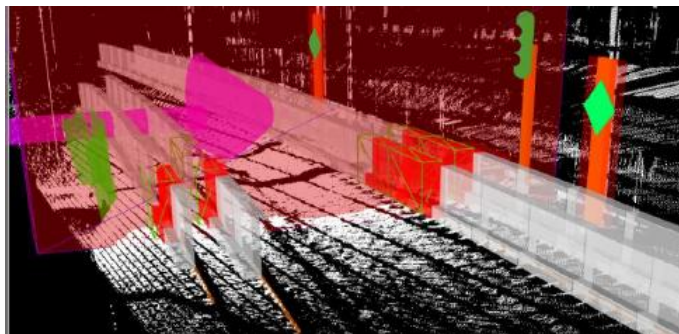
## Proiektuaren aurrerapena

2025ean zehar, trenbideko akatsak kostu txikiko sentsorikaren bidez detektatzeko lanean jarraitu da, azelerometroak eta sentsore piezoelektrokoak erabiliz.

Detekzio-emaitzak proiektuan baliozkotu diren arren, aplikazio praktikoa oso lokalizatuta dagoen eta mantentze egokia duen trenbide-tarte batean egiteak zaildu egiten du joerak detektatzeko eta mantentze prediktiboa aplikatzeko aukera emango duten benetako akatsak identifikatzea. Horregatik, detekzio-algoritmoak baliozkotzeko laborategiko saiakuntzetan oinarritutako datu sintetikoak sortuko dira.

Aldi berean, Limmatek eta Vigoko Unibertsitateak sentsoreetatik datozen datuak eta puntu-hodeietatik abiatuta trenbide-elementuak detektatzeko eta identifikatzeko algoritmoak integratzen dituen plataforma komun bat garatu dute.

**Helburua:** Trenbidearen ingurune hurbilean minihesi akustikoen elementu modularrak instalatzeko proiektuen optimizatzaile adimenduna, BIMen oinarritutakoa



Aktiboen  
mantentze-lanen  
hobekuntza

### Parte-hartzaileak

- Intek eta Tecnalia
- ETS: I+G+b, Kalitate eta Ingurumen Zuzendaritza eta Mantentze Operatiboaren eta Ustiapen Ingeniaritzaren Saila

## Zertan datza proiektua?

2025ean amaitu zen CON4MIN proiektua hiriko trenbide inguruneak digitalizatzea eta minihesien bidezko soluzio akustikoen diseinu optimizatura bideratutako tresna digital aurreratu baten garapenean zentratu da. Plataforma horri esker, ingurunearen altxatze digitala egin daiteke puntu-hodeietatik abiatuta, eredu birtual zehatz bat sortuz, eta eredu horren gainean diseinatu eta integratu ahal izango dira soluzio akustiko horiek instalatzeko beharrezkoak diren osagaiak.

Aplikazioak, ingurunearen ezaugarriak eta inguruko eraikinetan duten eragin akustikoa kontuan hartuta minihesien diseinuak era automatikoki sortzen laguntzen duten funtzionalitate adimendunak ditu. Horretarako, sistema hiru dimentsioko simulazio akustikoetan oinarritzen da. Simulazio horiei esker, proposatutako soluzioak ateratzen diren zarata-mailak ebaluatu eta gauzatu aurretik optimizatu daitezke.

Proiektuaren softwarearen garapena integratzeko fasea amaitu da, eta lortutako garapenak programa informatikoaren barruan sartu eta integratu dira. Tresnak minihesi akustikoak optimizatzeke eta

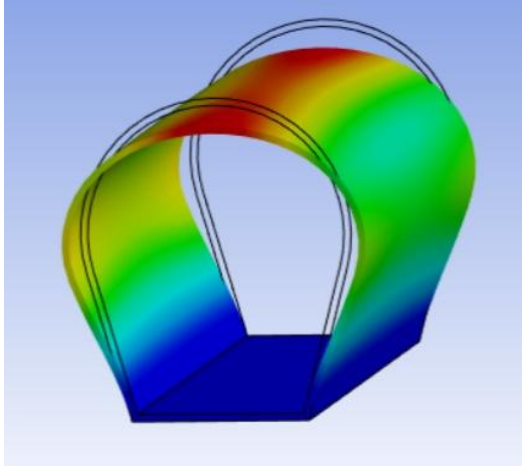
diseinatzeko modulu hauek izango ditu: ingurunearen kudeaketa puntu-hodeien bidez, trenbideak txertatzea, datu-base batetik datozen elementuak sartzea eta ingurune digitala definitu ondoren soluzioak era automatikoki sortzea.

## Proiektuaren erronka berritzailea

Proiektuak jorratutako erronka nagusia hiriguneetatik igarotzen diren trenbide tarteen digitalizazio zehatza da, testuinguru bereziki konplexua, bertan dauden elementuen aniztasuna dela eta. Ekimenaren izaera berritzailea trenbide-tarteak segmentatzeko eta minihesi akustikoen diseinuan eragina duten elementu guztiak banan-banan identifikatzeko aukera ematen duen puntu-hodeien prozesamendu aurreratuan oinarritzen da. Ikuspegi horrek soluzio eraginkorragoak, pertsonalizuagoak eta ingurune bakoitzera egokituagoak garatzeko oinarriak ezartzen ditu, eta, gainera, eredu akustikoarekiko integrazioa eta interakzioa ahalbidetzen ditu.

# MARTINI: Modal analysis and artificial vision technologies for tunnel evaluation

**Helburua:** Trenbideetako tuneletara egokitutako Adimen Artifizialean (AA) oinarritutako algoritmia garatzea, denbora errealean monitorizatzeko



Trafikoaren kontrol  
eta kudeaketa  
aurreratua

## Parte-hartzaileak

- Comsa, Fulcrum eta Tecnia
- ETS: I+G+b, Kalitate eta Ingurumen Zuzendaritza eta Plangintza eta Proiektuen Zuzendaritza

## Testuingurua

MARTINI proiektua trenbideko tunelak ikuskatzeko eta mantentzeko prozesu tradizionalak eraldatzeko helburuarekin sortu zen, teknologia digital aurreratuak erabiliz. Tunelen egituraren benetako egoerari lotutako ziurgabetasuna murriztea, eta, aldi berean, tunelak kudeatzeko, ikuskatzeko eta kontserbatzeko beharrezkoak diren kostuak eta baliabideak optimizatzea du helburu.

Comsak eta Fulcrumek, Tecnia zentro teknologikoarekin batera, osatutako partzuergoak egiturazko monitorizazioari lotutako hainbat berrikuntza ildotan egin du lan. Ildo horietan, nabarmentzekoak dira algoritmia aurreratuaren garapena, irudi eta datu estrukturalak tratatzeko, eta sentsoreetatik, ikuskapen bisualetatik eta ebaluazio teknikoetatik datorren informazioa zentralizatuko duen plataforma digital baten sorrera. Plataforma horrek tunelak ebaluatzeko metodologia homogenea eta objektiboa ematen du, ikuskatzailearen irizpide subjektiboarekiko mendekotasuna murriztuz eta mantentze-lanen arloan erabakiak hartzeko modua hobetuz.

## Proba pilotua

Proiektua baliozkotzeko ingurune gisa, Artxandako tunela hautatu zen. Lehenengo fasean tunela eskaneatu zen, eta aurretiazko ikuskapenak egin ziren, azpiegituran dauden eragin nagusiak identifikatzeko. Ondoren, instrumentazio faseari ekin zitzaion, egiturazko datuak jasotzeko sentsoreak eta monitorizazio ekipoak instalatzean zentratuta.

Instalazioa osatu ondoren, tunela etengabe monitorizatuta egon zen 2025ean, eta egiturazko informazioa zerbitzuko baldintza errealetan biltzeko aukera eman zuen.

Proiektuaren helburua tunelak ikuskatzeko eta mantentzeko ikuspegi berri bat finkatzea da, tresna digitaletan, datuen analisi objektiboan eta monitorizazio aurreratuan oinarrituta. Hasierako aplikazioa trenbideko tuneletan oinarritzen bada ere, garatutako soluzioek beste tunel mota batzuetara transferitzeko potentzial handia dute, baita industriako eta hirugarren sektoreko inguruneetako azpiegitura eta aktiboetara ere.



# Berrikuntza Erronkak

# ERRONKAK BERRIKUNTZAN

ETSk **berrikuntzan** identifikatutako **erronkak** etengabeko hausnarketa eta sormen prozesu baten emaitza dira. Bertan, hautemandako beharrak aztertzen dira eta soluzio berritzaileak bilatu. Erronka horiek, hobetzeko eta aurrera egiteko aukerak ez ezik, ideia eta metodologia berriak esploratzeko aukera ere ematen dute, identifikatutako arazoei soluzio berriak emateko.

Gainera, berrikuntza arloko erronkek kultura berritzailea sustatzen dute ETSren barruan, lankidetzan, pentsamendu kritikoa eta soluzioen bilaketa bultzatuz.

Hausnarketaren lehen fasean hamabost erronka identifikatu ziren esparru estrategikoen barruan. Horietako batzuei heldu zaie, eta landu beharreko erronka berriak sortu dira.

Esparru estrategikoen arabera, erronka hauek landu dira:

## **Aktiboen mantentze-lanen hobekuntza**

- ✓ R01 APP Trenbiker datuen analisia
- ✓ R03 APP aginte taula (ratioak eta adierazleak)
- ✓ R04 Plaka gaineko trenbidearen ezarpena

## **Energia-eraginkortasuna**

- ✓ R07 Behe-energiako kudeatzaile adimenduna

## **Segurtasuna zirkulazioan**

- ✓ R12 Orratzen berogailuak tranbia-desbideratzeetan

## **Mugikortasun jasangarriaren sustapena**

- ✓ R14 ETSren instalazioei lotutako elektrolineren garapena

## **Trafikoaren kontrol eta kudeaketa aurreratua**

- ✓ R15 ERTMS sistemaren garapena metro bateko zabalerako trenbideetan

# ETSn berrikuntzaren aldeko apustua gidatzeko egungo ERRONKAK

## Aktiboen mantentze-lanen hobekuntza

- R02 Instalazioen sentsorizaziorako aplikazioak
- R05 Ezponden monitorizazioa
- R06 Kargaren azterketa ardatz bakoitzeko

## Energia-eraginkortasuna



- R08 Goi-tentsioko simulagailua
- R09 Energia kontsumoa murrizteko eta energia eraginkortasuna hobetzeko inbertsioen ekintza plana

## Segurtasuna zirkulazioan



- R11 Trenbide-pasaguneen hobekuntza

## Ekoberrikuntza eta ingurumen-inpaktua



- R10 Trenbideak sortutako zaratak eta bibrazioak gutxitzen dituzten elementuen garapena
- R16 Eraikuntzako material berrien erabilera

## Eraikuntzarako laguntza



- R13 Teknologia berrien erabilera obren jarraipenerako eta kontrolerako

## Irisgarritasunaren hobekuntza



- R17 Irisgarritasunaren bultzada ETSren azpiegituretan

## Barne prozesuen hobekuntza/Barne lanen dinamikak



- R18 Laneko arriskuen prebentzioa
- R19 Barne prozesuen hobekuntza

## R02 Instalazioak sentsorizatzeko aplikazioak

Aktiboen mantentze-lanen hobekuntza

Erronka, gure instalazioetako datuak sentsorizatzeko eta biltzeko orduan duten interesaren eta erraztasunaren arabera lehentasunak ezartzea da, eta, ondoren, datuak software baten bidez definitzea eta prozesatzea. Softwarea Trenbikerrek garatutakoaren antzekoa izan daiteke, eta datuak atzitzeko eta instalazioak kudeatzeko balio duten datu kopuru handiak edo pakete komertzialak maneiatzeko diseinatu behar da.

### Helburu nagusiak

Mantentze-lanetako instalazioen zerbitzu-parametroei buruzko datuak denbora errealean jasotzea. Datu horiek tratamendu masiboetako (Big Data) software espezifikoaren bidez aztertzea, eta instalazioen mantentze-lanetan eta akatsen iragarpenetan lagunduko duten joerak/patroiak lortzea instalazioetan edo inferentzietan.

### Aurreikusteen diren emaitzak

Sentsorizatu beharreko eta sentsorizatutako instalazioen katalogoa. Softwarearen definizioa. Instalazioen integrazioa softwarean. Analisia.

## R05 Ezponden monitorizazioa

Aktiboen mantentze-lanen hobekuntza

Ezpondak ETSren trenbide sarean zehar monitorizatzea, trenbideko plataforma egin daitezkeen mugimenduak eta erorikoak kontrolatzeko, eta modu prebentiboan jardun ahal izatea, trenbideko trafikoan eraginik izan ez dezaten.

### Helburu nagusiak

ETSren trenbide sarean ezpondetan egon daitezkeen mugimenduak kontrolatzea eta monitorizatzea.

### Aurreikusteen diren emaitzak

Ezpondetan luiziak gertatzen direnean, prebentzioz jokatzeko eta zirkulazioan eraginik ez izateko gai izatea.

## R06 Ardatz bakoitzeko kargaren analisia

Aktiboen mantentze-lanen hobekuntza

Ardatz bakoitzeko kargaren azterketa lurraren sostengu-ahalmenaren arabera izango da, bai eta igarotzen diren trenak esfortzu dinamikoak xurgatzeko duten gaitasunaren arabera ere. Horretarako, karga errealeko neurketak eta beharrezko kalkuluak egin behar dira karga dinamikoen egoerak simulatzeko eta egoera horiek modelizatzeko. Helburua da sare osoan ardatz bakoitzeko gehieneko karga-mapa bat gauzatzen aurrera egitea, egungo sarearen erabilera maximizatzeko, ardatz bakoitzeko gehieneko karga handituz, bideragarria denean.

### Helburu nagusiak

Sareko zonetan eta tarteetan ardatz bakoitzeko gehieneko karga mugatzea, erabilitako ardatz bakoitzeko karga handitzeko eta, horrela, erabilgarri dauden azpiegituren erabilera maximizatzeko, azpiegitura horien mantentzean eraginkortasuna lortzea ahalbidetuko duen modu kontrolatuan.

### Aurreikusteen diren emaitzak

Emaitzak mugatzeko eta definitzeko zain.

## R08 Goi-tentsioko simulagailua

Energia eraginkortasuna

ETSkon elektrizitatearen banaketa simulatzea ahalbidetuko duen aplikazio bat sortzea edo egokitzea, zirkulazio-sare desberdinen aurrean portaera elektrikoa simulatzea ahalbidetuz. Analisiak, instalazioetako dimentsio elektrikoa ezartzeko aukera ematen du, tarifak, tarak eta abar doitu. Aukeran, BTa (behe-tentsioa) elikatzen duten trakzioaz gain instalazio gehigarriak dituzten AT lineen dimentsionamendua sartu beharko litzateke.

### Helburu nagusiak

Kontua, tren-trakziorako dagoen goi-tentsioko banaketa elektrikoa simulatuko duen aplikazio bat izatea da. Trenen sareak simulatu ahal izango lirateke, energiaren botila-lepoak hautemanen edo azpiestazioen taradoetan doikuntzak planteatuz, besteak beste.

### Aurreikusiten diren emaitzak

Goi-tentsioko programa simulatzailea edo hura eraikitze edo programatzeko zehaztapen teknikoak.

## R09 Energia-kontsumoa gutxitzeko eta energia-eraginkortasuna hobetzeko ekintza-eta inbertsio-plana

Energia eraginkortasuna

Plan orokorra, ETSren ingurumen-inpaktua eta, ondorioz, energia-kontsumoa, murrizteko, bi jarduketa-motaren bidez:

1. Energia-kontsumoaren ikuspegitik jasangarriagoak diren eraikuntzetarako (eraikinak, geltokiak) proiektu berrietan diseinu-elementuak sartzea.
2. Energia-eraginkortasunaren arloko egungo instalazioak eta sistemak aztertzea eta hobetzea

### Helburu nagusiak

Egungo instalazio eta sistemen energia-kontsumoa murriztea, horrela ETSren ingurumen-inpaktua gutxituz eta etorkizuneko proiektu eta inbertsioetarako energia-eraginkortasunaren oinarri horiek ezarri.

### Aurreikusten diren emaitzak

Egungo instalazio eta sistemen energia-kontsumoa murriztea, horrela ETSren ingurumen-inpaktua gutxituz eta etorkizuneko proiektu eta inbertsioetarako energia-eraginkortasunaren oinarri horiek ezarri.

## R10 Trenbideak sortutako zarata eta bibrazioak murrizteko dituzten elementuen garapena

Ekoberrikuntza eta ingurumen eragina

Trenbideko trafikoaren ondoriozko zaratak eta bibrazioak xurgatuko edo arinduko dituzten elementuak garatzea eta azpiegituran instalatzea.

### Helburu nagusiak

Trenbideko trafikoaren ondoriozko zarata eta bibrazioen gaineko eraginak murriztea.

### Aurreikusten diren emaitzak

Zarata eta bibrazioen arloan trenbideko trafikoak eragindako kalteak arinduko dituzten eta eragindako pertsonen bizi-kalitatea hobetuko duten elementuak instalatzea.

## R11 Trenbide pasaguneen hobekuntza

Segurtasuna zirkulazioan

Trenbide-pasaguneetan segurtasuna hobetzeko beste administrazio batzuetan hartutako soluzioak ikertzea eta biltzea, honako hauei dagokienez:

- ✓ Hesiak hobetzea eta balizak jartzea.
- ✓ Hobekuntzak zoladuran.
- ✓ Hobekuntzak seinale finkoetan.
- ✓ Hobekuntzak hots-eta argi- seinaleetan.
- ✓ Hobekuntzak bideo analisietan.

Ekintza Plan bat egitea, ETSren sareko Trenbide Pasaguneei aplikatu dakizkiekeen soluzioen inplementazioa definitzeko.

### Helburu nagusiak

Euskal Trenbide Sarean dauden trenbide pasaguneen segurtasuna hobetzeko jarduketa-puntu posibleak identifikatzea.

### Aurreikusten diren emaitzak

Trenbide-pasaguneetan instalazio gehiago jartzea, eta, horren ondorioz, erabiltzaileen eta tren-zirkulazioen segurtasuna handitzea.

## R13 Teknologia berrien erabilpena obren jarraipena eta kontrola egiteko

Eraikuntzarako laguntza

Ikus-entzunezko sistema monitorizatuak ezartzea, obren urrutiko jarraipena egiteko eta haien garapena kontrolatzeko.

### Helburu nagusiak

ETSren obren jarraipena eta kontrola monitorizatzea.

### Aurreikusten diren emaitzak

Obren aurrerapen-mailari eta obren zuzendaritzaren kostuen murrizketari buruzko ikus-informazioa eta datuak.

## R16 Material berrien erabilera eraikuntzan

Ekoberrikuntza eta ingurumen eragina

Abiadura handiaren garapenak eta ibilgailuek garraiatzen duten zama handitzeak, besteak beste, trenbide azpiegituraren etengabeko bilakaera eragiten dute. Gainera, kostua, mantentzea eta iraunkortasuna zarata eta bibrazio aldetik gero eta handiagoak diren eskakizunetara egokitu behar dira. Eskakizun horiei aurre egiteko material berriak erabiltzea nazioko eta Europako I+G+b programen giltzarrietako bat da. Eskakizun horiei erantzuteko gakoa propietate elastiko eta iraunkortasun egokiak dituzten elementuak sartzeta da. Erreiak, trabesak, erraileko eserleku-plakak, trabesapeko zolak eta balastoaren azpiko mantak, balasto-konposizio berriak eta azpi-balasto bituminosoak dira eskakizun horiei erantzuteko funtsezko elementuak.

Material berri horiek eta beste batzuk trenbidearen sektorean sartzek beste sektore batzuetan eskuratutako ezagutzan eta esperientzian oinarritu behar du, tren arloko aplikazioen kostuen egitura eta eskakizunak ahaztu gabe. Gainera, gizarteak ingurumenari buruzko gero eta kontzientzia handiagoa du, eta, horri esker, material berrien garapena iraunkortasunaren, berrerabilpenaren eta birziklatzearen kontzeptuei lotuta dagoela ziurtatzen da.

### Helburu nagusiak

Pisua eta kostuak murriztea, birziklatze-prozesuak bultzatzea eta, ondorioz, CO2 isuriak murriztea erraztuko duten eraikuntzako soluzio eta material berrien garapena eta erabilera sustatzea; hori guztia kalitatea integratuz eta trenbide esparruko estandarrei eutsiz.

### Aurreikusten diren emaitzak

ETSren azpiegituren garapen jasangarri eta eraginkorra erraztuko duten eraikuntzako soluzio eta material berriak izatea.

## R17 Irisgarritasuna bultzatzea ETSren azpiegitura

Irisgarritasunaren hobekuntza

Erronka horren bidez, mugitzeko murrizketaren bat edo funtzionaltasun-aniztasun motaren bat duten pertsona guztien irisgarritasuna bermatu nahi du ETSk, garraiobideetarako eta urbanizazio-eta eraikuntza-elementuetarako sarbidean berdintasuna eta gizarteratzea erraztuko duten diseinuak txertatuz.

### Helburu nagusiak

Dibertsitate funtzionala duten pertsonen irisgarritasuna bermatzea ETSren azpiegiturretan, teknologia berritzaileak ezarriz.

### Aurreikusten diren emaitzak

Irisgarritasunaren hobekuntza ETSren azpiegiturretan.

## R18 Laneko Arriskuen Prebentzioa

Barruko prozesuen hobekuntza / barruko prozesuen dinamikak

Teknologia seguruak eta lege-eskakizunak betetzen dituen dokumentazioa bermatzen dituen prebentzioa kudeatzeko sistema ezarri ondoren, prebentzio-kulturaren maila handia sortuz lortzen da erakundearen prebentzio-standard handia bilatzeko benetako jauzi kualitatiboa.

Horretarako, prebentzio-sistema aztertzea eta lau ardatzetan oinarritutako lan-proposamena zehaztea planteatzen da:

1. Lidergoa: Ardura duen sailean autoritate handiagoa bilatzea, gaitasun teknikoa eta ezagutzak emango dituen prestakuntza-plan espezifiko baten bidez. Beharrezkoa da, halaber, sailtako arduradunekin harreman zuzena izatea, prebentzioarekin erlazionatutako alderdietan inplikatzeko.
2. Funtsezko dokumentazioa: Arriskuen ebaluazioa berrikustea eta ebaluazio-prozedura aldatzea, dokumentazioa eraginkorragoa izan dadin eta ETSn egindako jarduerekin lotura handiagoa izan dezan. Industria-higienearen ebaluazioa eguneratzea, kanpoko erakundeekiko mendekotasuna murriztea eta plangintza-dokumentua berrikustea.
3. Legea betetzea: Legez eska daitezkeen dokumentuak bilatzeko gaitasunean segurtasuna emango duen dokumentuak kudeatzeko eredu bat lantzea.
4. Egoera berezien kontrola: arrisku-maila handieneko eta gaur egungo betetze-maila desberdineko egoerak kontrolatzeko aukera emango duen lan-sistematika bat prestatzea:
  - Enpresa-jarduerak koordinatzea.
  - Prozesu arriskutsuen kontrola: erortzeko arriskuak, lan-ekipoak, makinerian esku hartzea. segurtasun elektrikoa, biltegitratzeak, norbera babesteko ekipamenduak, prebentzio-baliabideak.
  - Obrako segurtasuna.

### Helburu nagusiak

Laneko arriskuen prebentzioa integratzea eta lan-baldintzak hobetzea, prebentzio-kultura handiagoaren bidez.

### Aurreikusten diren emaitzak

Lan-baldintzak hobetzea prebentzio-kultura handiagoaren bidez.

## R19 Barruko prozesuen hobekuntza

Barruko prozesuen hobekuntza / barruko prozesuen dinamikak

ETSn ezarritako prozesuen eraginkortasuna hobetzen lagunduko duten tresna eta aldaketa sistematikoak aztertzea.

### Helburu nagusiak

Erakundearen dagoeneko ezarrita dauden barruko prozesuen eraginkortasuna handitzea.

### Aurreikusten diren emaitzak

ETSren kudeaketako barruko prozesuak hobetzea.



*euskal trenbide sarea*